

Wageningen UR Livestock Research

Partner in livestock innovations



Rapport 673

Behoefte en verbruik van micronutriënten in de diervoeding

Maart 2013



LIVESTOCK RESEARCH

WAGENINGEN UR

Colofon

Uitgever

Wageningen UR Livestock Research
Postbus 65, 8200 AB Lelystad
Telefoon 0320 - 238238
Fax 0320 - 238050
E-mail info.livestockresearch@wur.nl
Internet <http://www.livestockresearch.wur.nl>

Redactie

Communication Services

Copyright

© Wageningen UR Livestock Research, onderdeel van Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek, 2013

Overname van de inhoud is toegestaan, mits met duidelijke bronvermelding.

Aansprakelijkheid

Wageningen UR Livestock Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Wageningen UR Livestock Research en Central Veterinary Institute, beiden onderdeel van Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek vormen samen met het Departement Dierwetenschappen van Wageningen University de Animal Sciences Group van Wageningen UR (University & Research centre).

Losse nummers zijn te verkrijgen via de website.



De certificering volgens ISO 9001 door DNV onderstreept ons kwaliteitsniveau. Op al onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Animal Sciences Group van toepassing. Deze zijn gedeponereerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Abstract

In this report, the requirements of some micro nutrients for cattle, pigs and poultry are summarized. Moreover, the global consumption of micro nutrients that are added to animal diets is calculated and compared with the total global use for all applications.

Keywords

Animal nutrition, depletion, boron, cobalt, copper molybdenum, selenium, zinc

Referaat

ISSN 1570 - 8616

Auteur(s)

M.M. van Krimpen
A.M. van Vuuren
P. Bikker

Titel

Behoefte en verbruik van micronutriënten in de diervoeding

Rapport 673

Samenvatting

In dit rapport is de behoefte van verschillende micronutriënten voor rundvee, varkens en pluimvee samengevat. Daarnaast is het mondiale diervoederverbruik van deze micronutriënten berekend en vergeleken met het totale mondiale verbruik voor alle doeleinden.

Trefwoorden

Diervoeding, uitputting, borium, kobalt, koper, molybdeen, selenium, zink



LIVESTOCK RESEARCH
WAGENINGEN UR

Rapport 673

Behoefte en verbruik van micronutriënten in de diervoeding

Requirement and consumption of micro nutrients in animal feed

M.M. van Krimpen

A.M. van Vuuren

P. Bikker

Maart 2013

Samenvatting

Het Ministerie van Economische Zaken heeft aandacht gevraagd voor mogelijke toekomstige schaarste aan sommige micronutriëntenmede als gevolg van het gebruik van deze micronutriënten in de landbouw. Uit recent uitgebrachte rapporten van het Platform Landbouw, Innovatie & Samenleving blijkt dat er (beperkte) mondiale voorraden zijn aan micronutriënten, in het bijzonder aan selenium en zink. Het doel van dit rapport is om na te gaan in hoeverre het verbruik van mineralen via het veevoer bijdraagt aan de uitputting van deze micronutriënten. Dit rapport gaat specifiek in op het gebruik van koper, zink, selenium, kobalt, borium en molybdeen in de voeding van de belangrijkste landbouwproductiedieren: rundvee, varkens en pluimvee. Het gebruik in visvoer komt zeer beknopt aan de orde.

Omdat er geen gepubliceerde gegevens over het totaal verbruik van micronutriënten in de diervoeding beschikbaar zijn, hebben we in de huidige studie de volgende deelvragen uitgewerkt om de bijdrage van de diervoeding aan het mondiaal gebruik te kunnen schatten:

- Wat zijn de globale behoeften voor de zes geselecteerde micronutriënten bij melkvee, vleesvee, varkens en pluimvee?
- Welke hoeveelheid van deze micronutriënten wordt aan diervoeders toegevoegd via voedingssupplementen (premix)?
- Wat is het mengvoerverbruik van deze diercategorieën per werelddeel?
- Hoeveel micronutriënten worden via voedingssupplementen per werelddeel aangevoerd?

Daarnaast wordt kort ingegaan op de gevolgen van een toename in kostprijs van minerale supplementen door mondiale schaarste en op de mogelijkheden tot verlaging hiervan in de diervoeders

Op basis van wetenschappelijke literatuur zijn de fysiologische functies van deze micronutriënten inclusief de deficiëntieverschijnselen beschreven. De behoeften van dieren is afgeleid uit de belangrijkste tabellen met voedernormen. Vervolgens is voor de belangrijkste diercategorieën, namelijk melkvee, vleesvee, vleesvarkens, zeugen, leghennen, vleeskuikens en vissen, het voerverbruik vastgesteld voor de regio's Midden Oosten/Afrika, Amerika, Azië/Pacific en Europa. Op basis van wetenschappelijke literatuur is voor de verschillende regio's en diercategorieën benaderd welke hoeveelheid sporenelementen via voedingssupplementen wordt toegevoegd aan het voer. De uitkomsten hiervan zijn voorgelegd aan diverse experts die goed zicht hebben op gangbare praktijk in de diverse regio's en waar nodig aangepast. Het verbruik van sporenelementen per regio is berekend door per voersoort het voerverbruik en toegevoegde hoeveelheden in de betreffende regio met elkaar te vermenigvuldigen.

Tot slot wordt kort ingegaan op de gevolgen van een toename in kostprijs van minerale supplementen door mondiale schaarste op de uiteindelijke voerprijs en op de mogelijkheden tot verlaging van het verbruik in de diervoeders

De belangrijkste conclusies zijn als volgt.

- In zijn algemeenheid stemmen de diverse bronnen redelijk overeen met betrekking tot de aanbevelingen voor de behoeften aan micronutriënten.
- Via het voer wordt praktisch in alle werelddelen en bij alle diercategorieën een hogere dosering micronutriënten verstrekt dan de aanbevolen behoefte om een veilige nutriëntenvoorziening van de te garanderen. Bovendien heeft een hoge dosering koper en zink bij varkens een additioneel gezondheid- en groeibevorderend effect.
- Het mondiale verbruik van koper, zink, kobalt, molybdeen en borium in de diervoeding is voor elk van deze micronutriënten minder dan 1% van de totale jaarlijkse productie en totaal verbruik.
- In vergelijking met het verbruik van koper en zink via het voer is het absolute verbruik van selenium met 230 ton per jaar relatief laag. Het seleniumverbruik in diervoeders is wel een substantiële hoeveelheid (11,3%) van het totaal wereldverbruik.
- Het seleniumgehalte in het voer kan mogelijk verlaagd worden door de gehalten in de voeders beter af te stemmen op de behoefte van de dieren en door in plaats van een anorganische seleniumbron (natriumseleniet of natriumselenaat) een organisch gebonden seleniumbron (seleniummethionine) te verstrekken.
- Vermindering van het gebruik van micronutriënten in het algemeen is mogelijk door de dosering in voer beter af te stemmen op de behoefte, gebruik te maken van bronnen van micronutriënten die

in de darm goed beschikbaar zijn, gebruik maken van het effect van fytase en het gebruik van hoge doseringen Cu en Zn bij varkens te beperken.

- Een verdubbeling van de kostprijs van sporenelementen resulteert in een zeer beperkte stijging (€ 0,05-0,10 per 100 kg, ca. 0,25% relatief) van de mengvoerkosten.

De algemene conclusie is dat de dierlijke productie slechts in zeer beperkte mate bijdraagt aan het wereldwijde verbruik van micronutriënten. Een uitzondering hierop vormt selenium, waarvan het verbruik in diervoeding 11,3% van de totale productie bedraagt.

Aanbeveling

Om het gebruik van mineralen in diervoeder te beperken, vanwege de bijdrage aan het mondiale verbruik (m.n. Se) en niet duurzame accumulatie in de bodem (m.n. Cu en Zn) adviseren we in internationaal verband te stimuleren dat sporenelementen toegevoegd worden op basis van wetenschappelijk vastgestelde behoeftenormen en waar nodig nader onderzoek uit te voeren naar behoefte en benutting van deze micronutriënten.

Inhoudsopgave

Samenvatting

1	Inleiding	1
2	Behoefte aan micronutriënten	2
2.1	Fysiologische functie van micronutriënten en deficiëntieverschijnselen	2
2.2	De behoefte aan micronutriënten	4
2.2.1	Behoefte micronutriënten melkvee	5
2.2.2	Behoefte micronutriënten vleesvee	6
2.2.4	Behoefte micronutriënten zeugen	6
2.2.5	Behoefte micronutriënten vleesvarkens	7
3	Verbruik micronutriënten in de diervoeding	8
3.1	Mondiale mengvoederproductie	8
3.2	Mengvoederproductie per diercategorie	8
3.3	Mengvoederproductie per diersoort	8
4	Toegevoegde gehalten micronutriënten aan het voer	11
4.1	Toegevoegde micronutriënten aan rundveemengvoerders	11
4.2	Toegevoegde micronutriënten aan varkensvoerders	12
4.3	Toegevoegde micronutriënten aan pluimveevoerders	12
4.4	Toegevoegde micronutriënten aan visvoerders	14
4.5	Mondiaal verbruik micronutriënten in de diervoeding	14
5	Diervoedingsverbruik van micronutriënten in perspectief	15
5.1	Verbruik micronutriënten via diervoeding in relatie tot mondiaal verbruik	15
5.2	Mogelijkheden tot vermindering verbruik micronutriënten in de veehouderij	15
5.3	Kostprijs van mineralen	16
6	Conclusies	17
	Literatuur	18
	Bijlagen	27
Bijlage 1	Toegevoegde gehalten aan micronutriënten (mg/kg) in rundveevoerders in wetenschappelijke studies	27
Bijlage 2	Toegevoegde gehalten aan micronutriënten (mg/kg) in varkensvoerders in wetenschappelijke studies	28
Bijlage 3	Toegevoegde gehalten aan micronutriënten (mg/kg) in pluimveevoerders in wetenschappelijke studies	29
Bijlage 4	Toegevoegde gehalten aan micronutriënten (mg/kg) in visvoerders in wetenschappelijke studies	31

1 Inleiding

Het Ministerie van Economische Zaken heeft aandacht gevraagd voor mogelijke toekomstige schaarste aan sommige micronutriënten als gevolg van het gebruik van deze micronutriënten in de landbouw. Micronutriënten, ook wel sporenelementen genoemd, zijn mineralen die essentieel zijn voor het functioneren van planten en dieren, maar waarvan de behoefte relatief gering is.

Een mogelijke toekomstige schaarste kwam eind 2011 ter sprake tijdens een workshop, georganiseerd door het Platform Landbouw, Innovatie & Samenleving, een onafhankelijk adviesorgaan van het Ministerie van Economische Zaken. Recent heeft dit Platform ook achtergrondrapporten uitgebracht (De Haes et al., 2012 ; Voortman, 2012). Deze rapporten schetsen een beeld van de (beperkte) mondiale voorraden aan vooral selenium en zink en gevolgen van gebrek aan deze sporenelementen.

Dit rapport kwantificeert het gebruik van koper, zink, selenium, kobalt, borium en molybdeen in de voeding van de belangrijkste landbouwproductiedieren: rundvee, varkens en pluimvee. Deze sporenelementen zijn door Chardon en Oenema (2013) geselecteerd, omdat ze essentieel zijn in de plantaardige productie en/of de diervoeding én omdat er bij deze sporenelementen mogelijk tekorten kunnen ontstaan. Gebruik van deze sporenelementen door andere landbouwsectoren is beschreven door Chardon en Oenema (2013). Chromium is geen essentieel sporenelement en daarom niet in deze studie meegenomen.

In het projectplan zijn de doelstellingen van dit project als volgt geformuleerd (Chardon and Oenema, 2013):

1. Verkenning van de mogelijke mondiale of regionale uitputting van andere minerale nutriënten dan fosfaat in ons voedselsysteem door import van voedsel, veevoer en andere biomassa (food, feed and fiber).
2. Verkenning van de mogelijkheden om eventueel niet-duurzame verliezen van deze (micro-) nutriënten naar het milieu en/of niet-duurzame accumulatie in, dan wel uitputting van, de bodem te voorkomen.
3. Verkenning van de potentiële gevolgen van een niet duurzame uitputting van deze (micro)nutriënten en van de mogelijkheden om de oorzaken (bronnen van uitputting en verlies) aan te pakken of de gevolgen te beperken.

In het kader van doelstelling 1 zijn binnen de huidige studie de volgende deelvragen uitgewerkt:

- Wat zijn de globale behoeften voor de zes geselecteerde micronutriënten bij melkvee, vleesvee, varkens en pluimvee?
- Welke hoeveelheid van deze micronutriënten wordt aan diervoeders toegevoegd via voedingssupplementen (premix)?
- Wat is het mengvoerverbruik van deze diercategorieën per werelddeel?
- Hoeveel micronutriënten worden via voedingssupplementen per werelddeel aangevoerd?

Op basis van wetenschappelijke literatuur zijn de fysiologische functies van deze micronutriënten inclusief de deficiëntieverschijnselen beschreven. De behoeften van dieren is afgeleid uit de belangrijkste tabellen met voedernormen. Vervolgens is voor de belangrijkste diercategorieën, namelijk melkvee, vleesvee, vleesvarkens, zeugen, leghennen, vleeskuikens en vissen, het voerverbruik vastgesteld voor de regio's Midden Oosten/Afrika, Amerika, Azië/Pacific en Europa. Op basis van wetenschappelijke literatuur is voor de verschillende regio's en diercategorieën benaderd welke hoeveelheid sporenelementen via voedingssupplementen wordt toegevoegd aan het voer. De uitkomsten hiervan zijn voorgelegd aan diverse experts die goed zicht hebben op gangbare praktijk in de diverse regio's en waar nodig aangepast. Het verbruik van sporenelementen per regio is berekend door per voersoort het voerverbruik en toegevoegde hoeveelheden in de betreffende regio met elkaar te vermenigvuldigen.

Tot slot wordt kort ingegaan op de gevolgen van een toename in kostprijs van minerale supplementen door mondiale schaarste op de uiteindelijke voerprijs en op de mogelijkheden tot verlaging van het verbruik in de diervoeders.

2 Behoeftte aan micronutriënten

2.1 Fysiologische functie van micronutriënten en deficiëntieverschijnselen

Koper

Koper is een cofactor bij ten minste 18 enzymen. Cofactoren zijn noodzakelijk om enzymen te activeren. Enzymen waarbij koper als cofactor noodzakelijk is, zijn betrokken bij de vorming van haren, pigment, bloed (hemoglobine), bot en bindweefsel, bij de energiestofwisseling en bij het verminderen van oxidatieve stress. In het dier wordt koper vooral opgeslagen in skelet en lever. In bloedplasma vinden we koper voor het grootste deel gebonden aan het eiwit ceruloplasmine (Commissie Onderzoek Minerale Voeding, 2005 ; National Research Council (US) Subcommittee on Dairy Cattle Nutrition, 2001).

Hoewel bij varkens vanuit fysiologisch oogpunt een kopergehalte van 5 tot 10 mg/kg voer voldoende lijkt, leiden kopergehalten van 100 tot 250 mg/kg voer tot betere groeieresultaten (Jacela et al., 2010). In de EU is het daarom toegestaan om tot een leeftijd van 12 weken een "farmacologische dosis" van maximaal 170 mg Cu/kg voer te verstrekken. Deze overmaat aan koper wordt niet opgenomen in het bloed, maar heeft een lokale invloed op darmflora en darmwand. Voor oudere varkens geldt in de EU een maximaal kopergehalte van 25 mg/kg voer. In landen buiten de EU geldt deze beperking niet en worden soms ook hogere kopergehalten aan oudere varkens vertrekt. Een kopergehalte boven 250 mg Cu/kg voer kan toxisch zijn voor varkens.

Enkele schapenrassen, waaronder het Texels en Suffolk schaap, en jonge kalveren zijn extra gevoelig voor een hoge koperinname (Commissie Onderzoek Minerale Voeding, 2005).

Kopertekort wordt voornamelijk veroorzaakt door remming van de koperopname vanuit het darmkanaal door de aanwezigheid van andere elementen, bij herkauwers in het bijzonder zwavel en molybdeen. Bij varkens kan een hoog zinkgehalte in het voer de koperopname verminderen. Ernstig kopertekort uit zich bij herkauwers in dof haar, verlies van haarpigment (koperbril), bloedarmoede en osteoporose (Commissie Onderzoek Minerale Voeding, 2005). Bij minder ernstige tekorten ontstaan bij veel diersoorten productieproblemen zoals groeivertraging, verminderde vruchtbaarheid en een verlaagde weerstand. Een kopertekort bij eenmagigen is zeer onwaarschijnlijk.

Zink

Zink speelt een rol bij ca. 200 enzymen die een functie hebben bij de stofwisseling van koolhydraten, eiwitten, vetten en nucleïnezuren. Ook is Zn betrokken bij schildklierwerking, vruchtbaarheid en weerstand (National Research Council (US) Subcommittee on Dairy Cattle Nutrition, 2001).

Hoewel bij biggen vanuit fysiologisch oogpunt een zinkgehalte van 80 tot 100 mg/kg voer (tabel 4) voldoende lijkt, heeft zink vooral bij jonge varkens bij een zeer hoge dosering (vanaf circa 2000 mg/kg voer) een effect op darmgezondheid en groei (Jacela et al., 2010). In de VS wordt daarom aanbevolen om biggen in het gewichtstraject van 7 tot 11,5 kg een dosis te geven van 2.000 mg Zn/kg voer. In de EU is deze "farmacologische dosis" niet toegestaan en geldt een maximale dosering van 150 mg/kg voer. Wel wordt in een aantal EU landen, zoals Spanje en Denemarken, op voorschrift van een dierenarts gebruik gemaakt van de farmacologisch hoge dosering van 2.000-3.500 mg/kg voer ten behoeve van de darmgezondheid. Deze overmaat aan zink wordt niet opgenomen in het bloed, maar heeft (vergelijkbaar met koper) een lokale invloed op darmflora en darmwand.

De lichaamsreserves aan Zn in spieren en bot zijn gering. De absorptie van Zn wordt door de darmcellen geregeld door vastleggen van overtollige Zn in metallothionine die met de darmcellen het lichaam verlaat. Daarnaast wordt de beschikbaarheid van Zn uit voedermiddelen minder bij een hoog ijzergehalte en bij éénmagigen door binding met fytinezuur.

Door de geringe lichaamsreserve uit een zinktekort zich op korte termijn in de vorm van een lagere voeropname en een lagere groei. Vanwege de cruciale rol bij de vorming van nucleïnezuren, zal een zinktekort leiden tot veranderingen van genexpressies en dientengevolge alle stofwisselingsprocessen beïnvloeden. Op langere termijn ontstaan afwijkingen in huid (parakeratose) en klauwen en een verlaagde weerstand. Zinktekort kan ook leiden tot reproductieproblemen, zoals o.a. een verminderde toomgrootte bij zeugen (Suttle, 2010).

Kobalt

Kobalt is een belangrijk element in de co-enzymen cobalamines. Cobalamines spelen een rol in de opbouw en functioneren van het zenuwstelsel, bij de vorming van bloedcellen en bij de aanmaak van DNA en bij de regulatie van die aanmaak. De behoefte aan cobalamines voor DNA synthese hangt af van de voorziening aan foliumzuur. Omdat schimmels, planten en dieren zelf geen cobalamines

kunnen maken, dienen dieren deze verbindingen via het voer op te nemen. Mens en dier nemen kobalt daarom op via het cyano-cobalamine "vitamine B₁₂". Opname van andere vormen van kobalt is voor varkens en pluimvee dan ook niet noodzakelijk (EFSA panel on additives and products or substances used in animal feed, 2012).

Bacteriën en Archaea zijn wel in staat om zelf cobalamines aan te maken, zo ook micro-organismen in het maagdarmkanaal. Voor dieren die deze micro-organismen verteren, zoals herkauwers en knaagdieren (coprofagie) is het respectievelijk noodzakelijk en mogelijk om andere kobaltverbindingen te verstrekken. Dieren waarbij fermentatie door micro-organismen een belangrijk deel van het verteringsproces vormt, zoals bij herkauwers en paarden, hebben ook een kobaltbehoefte om de activiteit van de micro-organismen te handhaven. Binnen de EU zijn kobaltverbindingen tot een maximum totaal kobaltgehalte van 2 mg/kg voer toegelaten voor alle diergroepen. Een EFSA panel adviseerde onlangs om cobaltverbindingen anders dan vitamine B₁₂ als voederadditief alleen toe te staan voor herkauwers, paarden en konijnen (EFSA panel on additives and products or substances used in animal feed, 2012). De aanbevolen dosering is laag (0,1 mg/kg DS voer)

Vitamine B₁₂ wordt voornamelijk opgeslagen in de lever. Daarnaast zijn ook nieren, hart, milt en hersenen rijk aan vitamine B₁₂. Vitamine B₁₂ komt slechts langzaam vrij uit de lever, waardoor het dier tijdelijk in staat is om een tekort aan vitamine B₁₂ op te vangen. Herkauwers hebben een relatief kleine reserve aan vitamine B₁₂ in de lever (Commissie Onderzoek Minerale Voeding, 2005).

De verschijnselen bij dieren met een kobalttekort zijn gelijk aan die van dieren met een vitamine B₁₂ tekort: wisselende en verminderde eetlust en daardoor verminderde prestaties (groei, melkgift), gepaard met bloedarmoede. Ook een verminderde vruchtbaarheid en weerstand en doodgeboren of zwakke nakomelingen worden genoemd. Bij ernstige tekorten kunnen ook symptomen optreden die wijzen op afwijkingen in het zenuwstelsel zoals onrustig gedrag en ongecontroleerde bewegingen.

Selenium

Selenium is cofactor voor diverse enzymen: glutathion peroxidase en enkele schildklierenzymen. Ook heeft selenium invloed op het functioneren van de alveesklie. Glutathion peroxidase reduceert zuurstofradicalen (peroxiden) in de cel die ontstaan bij stofwisselingsprocessen. Daarmee voorkomt het schade als gevolg van oxidatie in alle lichaamscellen. De behoefte aan selenium is afhankelijk van de voorziening van vitamine E en jodium, die eveneens een belangrijke rol spelen bij respectievelijk het reduceren van zuurstofradicalen en de schildklierstofwisseling. Daarnaast is er een wisselwerking tussen koper, zwavel en selenium, waarbij koper het seleniumgehalte in weefsels verhoogt en zwavel die verlaagt (Commissie Onderzoek Minerale Voeding, 2005). Het aanbevolen seleniumgehalte in voer voor landbouwhuisdieren ligt tussen de 0.05 en 0.30 mg/kg.

De verschijnselen van een tekort aan selenium vertonen vaak gelijkenis met de verschijnselen van een vitamine E tekort. Een tekort aan selenium kan leiden tot afwijkingen in spierweefsel: myopathie. Bij varkens kan myopathie van de hartspier optreden: Mulberry heart disease. In onderzoek van Pallaés et al. (2002) hadden de dieren die overleden aan Mulberry heart disease echter wel een lager vitamine E gehalte in de lever maar geen lager seleniumgehalte dan dieren die door een andere oorzaak waren overleden. Ook leverafwijkingen komen voor: hepatitis dietetica. Bij schapen zijn bij een tekort de skeletspieren aangetast: white muscle disease (Commissie Onderzoek Minerale Voeding, 2005 ; Peers and Phillips, 2012). Bij pluimvee leidt ernstig seleniumtekort tot oedemen en beschadigingen van de huid, die gewoonlijk optreden op een leeftijd van 5 tot 11 weken. Naast afwijkingen aan spierweefsel en huid treden bij een seleniumtekort ook verminderde groei, weerstand en vruchtbaarheid op.

Borium

Borium of boor (Boron in het Engels) werd pas rond 1980 erkend als essentieel sporenelement voor mens en pluimvee. Voor varken en herkauwers zijn tot nu toe geen verschijnselen beschreven die wijzen op een boriumgebrek. De biologische betekenis ("mode of action") van borium bij dieren is nog niet volledig bekend. Onderzoeksresultaten wijzen naar een rol bij het functioneren van celmembranen, zoals het signalering en activering van mechanismen voor ionentransport (Hunt, 2012). Bij de mens heeft borium invloed op stofwisseling en gebruik van calcium, koper, magnesium, stikstof, glucose, vetten, zuurstofradicalen en oestrogeen (Nielsen, 1997). Aan borium wordt daarom een positieve invloed toegedicht op bloedcellen, hersenen en bot. Ook bij pluimvee zijn positieve effecten van borium aangetoond. Boriumsuppletie bij boriumdeficiënte kippen leidde tot verbeteringen in botontwikkeling en glucosestofwisseling. Bij ratten zijn ook verbeteringen in hersen- en afweerfuncties gevonden. Er zijn voor borium geen behoeftenormen bekend.

Deficiëntieverschijnselen bij dieren zijn zeldzaam. Verschijnselen kunnen variëren en zijn afhankelijk van de opname aan aluminium, calcium, vitamine D, magnesium, kalium en methionine. In de meeste

gevallen leidt een boriumtekort tot verminderde groeiprestaties en botsterkte en tot lagere gehalten van calcium, magnesium en alkalische fosfatase in bloedplasma.

Molybdeen

Molybdeen heeft in het lichaam een functie als element in de zogenaamde molybdeencofactor. Deze cofactor activeert diverse enzymen (oxidasen) die een rol spelen bij de afbraak van purines (onderdeel van nucleïnezuren) en in de ademhalingsketen (Bao and Choct, 2009). Voor de meeste diersoorten zijn geen behoeftenormen voor molybdeen opgesteld. Voor rundvee geldt in Nederland een norm van 0,1 mg/kg droge stof in voer als veiligheidsgrens die niet sterk is onderbouwd (Commissie Onderzoek Minerale Voeding, 2005). Molybdeentekorten kunnen optreden op zure, ijzerrijke gronden. Verschijnselen van molybdeentekort komen overeen met die bij een sulfietvergiftiging. Bij schapen leidt een tekort tot het ontstaan van nierstenen, bij geiten en kippen zijn een verlaagde vruchtbaarheid en verhoogde embryonale sterfte beschreven.

Door de samenhang tussen koper, zwavel en molybdeen, leidt een molybdeenvergiftiging tot dezelfde verschijnselen als bij een kopertekort.

2.2 De behoefte aan micronutriënten

De minimale gehalten aan micronutriënten in het voer, de zogenaamde voedernorm, wordt door verschillende auteurs op verschillende wijze berekend.

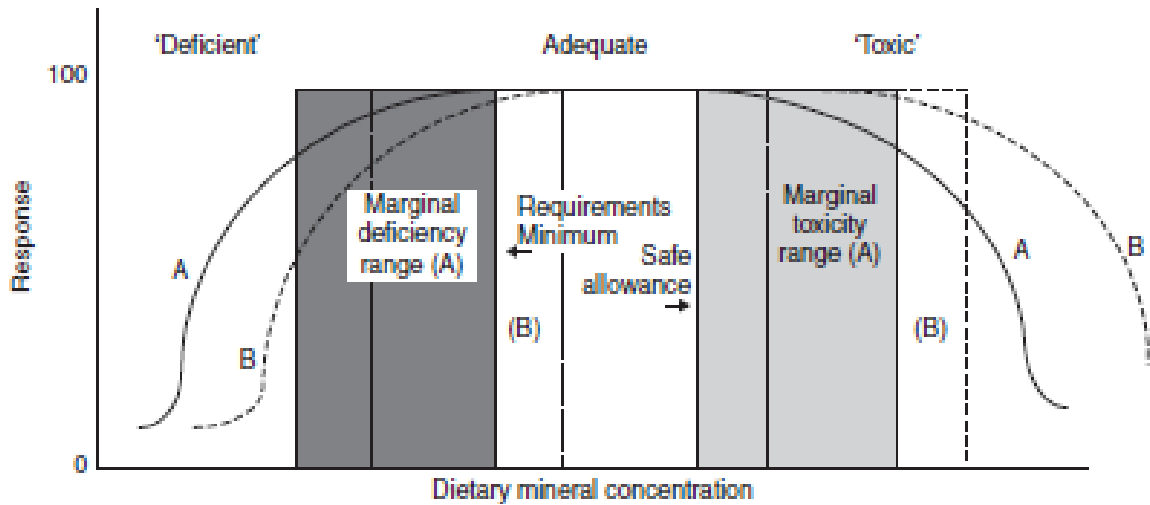
In een aantal landen is de voedernorm de resultante van verschillende factoren: (i) de netto behoefte, (ii) de absorptie en (iii) een veiligheidsmarge. De netto behoefte van een nutriënt is de hoeveelheid nutriënt die het dier nodig heeft voor de stofwisseling. Deze hangt af van het fysiologisch stadium van het dier. Ten opzichte van een volwassen dier, zal een groeiend of drachtig dier relatief meer nutriënten nodig hebben. Ook de nutriënten die vrouwelijke dieren uitscheiden in melk dienen te worden aangevuld. Zo bevat 1 kg koemelk 0,04 mg koper, 4,1 mg zink, en 0,02 mg selenium (Commissie Onderzoek Minerale Voeding, 2005).

De tweede factor die de behoefte aan micronutriënten bepaalt is de mate van absorptie van deze mineralen. Zo worden bijv. natrium en kalium vrijwel volledig geabsorbeerd, terwijl dit bijvoorbeeld bij koper en mangaan nauwelijks het geval is. De mate van absorptie hangt o.a. af van de chemische vorm waarin het mineraal voorkomt, maar ook van de antagonistische werking van andere mineralen (Suttle, 2010). Voor slecht absorbeerbare mineralen zou daarom een behoefte-range aangegeven moeten worden.

Omdat de netto behoefte en absorptiecoëfficiënt gelden voor een gemiddeld dier, wordt vaak een veiligheidsmarge ingebouwd die rekening houdt met de variatie tussen dieren.

Soms wordt de behoefte berekend met resultaten uit doses-respons proeven. In dergelijke proeven wordt geen onderscheid gemaakt tussen de bovengenoemde drie factoren.

In figuur 1 is aangegeven dat een te lage mineralenconcentratie in het voer kan resulteren in deficiëntieverschijnselen en een te hoge concentratie in vergiftigingsverschijnselen. In beide gevallen is er sprake van verminderde dierprestaties. De gestippelde lijn B laat zien dat voor een maximale dierrespons de concentratie van het mineraal van een slecht benutbare mineralenbron (B) in het voer hoger moet liggen t.o.v. een goed benutbare bron (A).



Figuur 1 Relatie tussen de mineralenvoorziening via het voer en de respons op dierprestaties. Lijn A beschrijft het verband voor een goed benutbare mineralenbron en lijn B voor een slecht benutbare.

2.2.1 Behoeftes micronutriënten melkvee

Tabel 1 geeft de behoeften aan micronutriënten (mg/kg ds) weer voor jongvee en droogstaand melkvee, zoals geformuleerd door diverse bronnen.

Tabel 1. De behoeften aan micronutriënten (mg/kg ds) voor jongvee en droogstaand melkvee.

Element	Diercategorie					
	Jongvee			Droogstaand		
	NL ¹	US ²	AUS ³	NL	US	AUS
Koper, mg/kg ds	15-18	10	4-14	25	10	4-14
Zink, mg/kg ds	25-29	30-35	9-20	22	30	9-20
Kobalt, mg/kg ds	0,1	0,1	0,1-0,2	0,1	0,1	0,1-0,2
Selenium	0,1	0,1	0,04	0,1	0,1	0,04
Borium	-	-	-	-	-	-
Molybdeen ⁴	0,1	-	-	0,1	-	-

¹ (Commissie Onderzoek Minerale Voeding, 2005)

² (National Research Council (US) Subcommittee on Dairy Cattle Nutrition, 2001) en www.extension.org

³ (CSIRO, 2007)

⁴ Gebaseerd op inschatting experts

Tabel 2 geeft de behoeften aan micronutriënten (mg/kg ds) weer voor melkgevende koeien, zoals geformuleerd door diverse bronnen.

Tabel 2. De behoeften aan micronutriënten (mg/kg ds) voor melkgevende koeien.

Element	Melkgevend		
	NL ¹	US ²	AUS ³
Koper	12	10 ⁴	4-14
Zink	26-33	30-65	9-20
Kobalt	0,1	0,1-0,2	0,1-0,2
Selenium	0,2	0,1-0,3	0,04
Borium	-	-	-
Molybdeen	0,1 (?)	-	-

¹ (Commissie Onderzoek Minerale Voeding, 2005)

² (National Research Council (US) Subcommittee on Dairy Cattle Nutrition, 2001) en www.extension.org

³ (CSIRO, 2007)

⁴ Behoeftes afhankelijk van S- en Mb-gehalten

2.2.2 Behoeftes micronutriënten vleesvee

Tabel 3 geeft de behoeften aan micronutriënten (mg/kg ds) weer voor vleesvee in de categorie 100 – 250 kg en in de categorie 250 – 500 kg lichaamsgewicht, zoals geformuleerd door diverse bronnen.

Tabel 3. De behoeften aan micronutriënten (mg/kg ds) voor vleesvee in de categorie 100 – 250 kg en in de categorie 250 – 500 kg lichaamsgewicht.

Element	Diercategorie					
	100 – 250 kg LG			250 - 500 kg LG		
	NL ¹	UK ²	US ³	NL ¹	UK ²	US ³
Koper	17	10	10	19	10	10
Zink	38-30	50		28	50	
Kobalt	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Selenium	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Borium	-	-	-	-	-	-
Molybdeen	0,1	-	-	0,1	-	-

¹ (Commissie Onderzoek Minerale Voeding, 2005)

² (Peers and Phillips, 2012)

³ (National Research Council (US) Subcommittee on Beef Cattle Nutrition, 2000)

2.2.3 Behoeftes micronutriënten biggen

Tabel 4 geeft de behoeften aan micronutriënten (mg/kg voer) weer voor biggen, zoals geformuleerd door diverse bronnen.

Tabel 4. De behoeften aan micronutriënten (mg/kg voer) voor biggen.

Element	NRC (2012)	Suttle (2010)	GFE (2008)	Rostagno (2005)
Koper	5-6	4	6	13
Zink	80-100	53 ¹	80 – 100	110
Kobalt	-	-	-	-
Selenium	0,25 – 0,30	0,10	0,20 – 0,25	0,40
Borium	-	-	-	-
Molybdeen	-	-	-	-

¹ Factoriële benadering

2.2.4 Behoeftes micronutriënten zeugen

Tabel 5 geeft de behoeften aan micronutriënten (mg/kg voer) weer voor zeugen, zoals geformuleerd door diverse bronnen.

Tabel 5. De behoeften aan micronutriënten (mg/kg voer) voor zeugen.

Element	NRC (2012)	GFE (2008)	Rostagno (2005)
Koper	10 – 20 ¹	8 – 10	12
Zink	100	50	100
Kobalt	-	-	-
Selenium	0,15	0,15 – 0,20	0,36
Borium	-	-	-
Molybdeen	-	-	-

¹ 10 mg/kg voor dragende zeugen, 20 mg/kg voor lacterende zeugen.

² Behoeftes wordt gedekt via de mineralen vanuit de grondstoffen.

2.2.5 Behoeftes micronutriënten vleesvarkens

Tabel 6 geeft de behoeften aan micronutriënten (mg/kg voer) weer voor vleesvarkens, zoals geformuleerd door diverse bronnen.

Tabel 6. De behoeften aan micronutriënten (mg/kg voer) voor vleesvarkens.

Element	NRC (2012)	Suttle (2010)	GFE (2008)	Rostagno (2005)
Koper	3 – 4	4 ¹	4 – 5	6 – 12
Zink	40 – 60	22 - 35 ²	50 – 60	50 – 100
Kobalt	-	-	-	-
Selenium	0,15 – 0,20	0,10	0,15 – 0,20	0,18 – 0,36
Borium	-	-	-	-
Molybdeen	-	-	-	-

¹ Behoeftes wordt gedekt via de mineralen vanuit de grondstoffen

² Factoriële benadering

2.2.6 Behoeftes micronutriënten leghennen

Tabel 7 geeft de behoeften aan micronutriënten (mg/kg voer) weer voor leghennen, zoals geformuleerd door diverse bronnen.

Tabel 7. De behoeften aan micronutriënten (mg/kg voer) voor leghennen.

Element	NRC (1994)	Suttle (2010)	GFE (1999)	Rostagno (2005)
Koper	-	-	7	11
Zink	29	50 -60	50	66
Kobalt	-	-	- ¹	-
Selenium	0,05	0,10	0,15	0,33
Borium	-	-	- ¹	-
Molybdeen	-	-	0,9	-

¹ Behoeftes niet exact vermeld, maar deze wordt volgens de auteurs gedekt via de van nature in de mengvoergrondstoffen aanwezige gehalten aan micronutriënten.

2.2.7 Behoeftes micronutriënten vleeskuikens

Tabel 8 geeft de behoeften aan micronutriënten (mg/kg voer) weer voor vleeskuikens, zoals geformuleerd door diverse bronnen.

Tabel 8. De behoeften aan micronutriënten (mg/kg voer) voor vleeskuikens.

Categorie	NRC (1994)	Bao (2009)	Suttle (2010)	GFE (1999)	Rostagno (2005)
Koper	8	- ¹	-	7	10 – 11
Zink	40	60 - 70	35 -70	50	60 – 66
Kobalt	-	-	-	- ²	-
Selenium	0,15	-	0,10	0,15	0,30 – 0,33
Borium	-	-	-	- ²	-
Molybdeen	-	0,5	-	0,9	-

¹ Bij voldoende zinkvoorziening bleek het niet mogelijk om deficiëntieverschijnselen op te wekken voor koper (Bao and Choct, 2009). ² Behoeftes niet vermeld, maar deze wordt volgens de auteurs gedekt via de van nature in de mengvoergrondstoffen aanwezige gehalten aan micronutriënten.

Koper, zink, kobalt, selenium en molybdeen zijn voor vleeskuikens essentiële micronutriënten (Bao and Choct, 2009). Borium wordt door deze auteurs echter niet genoemd. Volgens Bao en Choct (2009) bedraagt de zinkbehoefte 60 mg/kg voer bij vleeskuikens tot 14 dagen leeftijd. Vanaf 14 dagen leeftijd is de zinkbehoefte 70 mg/kg voer. Selenium deficiëntie resulteert in groeivertraging bij vleeskuikens vanwege het deactiveren van schildklierhormonen (Bao and Choct, 2009). Plantaardig gebonden molybdeen is slechter beschikbaar voor vleeskuikens dan zuiver molybdeen. Een toevoeging van 0,5 mg/kg voer zou voldoende moeten zijn om de behoefte te dekken (Bao and Choct, 2009).

3 Verbruik micronutriënten in de diervoeding

3.1 Mondiale mengvoederproductie

Het doel van dit hoofdstuk was om op basis van de gegevens over de mondiale mengvoederproductie en de gehalten aan micronutriënten in deze mengvoerders te komen tot een inschatting van het mondiale verbruik van micronutriënten in de diervoeding. Echter, zowel t.a.v. mondiale mengvoederproductie als gehalten van micronutriënten in mengvoerders zijn geen complete statistieken beschikbaar. Daarom is met de beschikbare informatie en een aantal aannames een zo goed mogelijke inschatting hiervan gemaakt.

Volgens FeFac (FeFac, 2010) werd er wereldwijd gemiddeld over de periode 2008- 2010 720 miljoen ton mengvoeder per jaar geproduceerd, waarvan 285 miljoen ton in Amerika, 187,7 miljoen ton in Europa, 217 miljoen ton in Azië en de Pacific en 30,3 miljoen ton in het Midden Oosten en Afrika. Volgens de website Wattagnet.com zal de wereld mengvoederproductie in 2012 ca. 728.5 miljoen ton bedragen, waarbij de productie in Europa een daling (180 miljoen ton) en Azië/de Pacific (222 miljoen ton) en Afrika/het Midden Oosten (41 miljoen ton) een stijging te zien geven (Best, 2012). Deze bronnen komen goed overeen maar beide geven geen opsplitsing in mengvoederproductie naar diercategorie.

3.2 Mengvoederproductie per diercategorie

In een publicatie van Alltech (Riley, 2012), leverancier van diervoedersupplementen, wordt wel een onderverdeling gemaakt van voerproductie naar diercategorieën (tabel 9). De hoeveelheden zijn gebaseerd op informatie van lokale medewerkers in 132 landen. De totale mengvoederproductie in 2012 wordt aanzienlijk hoger geschat (869 miljoen ton) dan door Best (2012), wat volgens de auteur is te verklaren door het grotere aantal landen dat in dit onderzoek betrokken is.

Tabel 9. Verwachte mengvoederproductie (in 1000 ton) per werelddeel en diersoort in 2012 (Riley, 2012).

	Midden Oosten/Afrika	Amerika	Azië	Europa	Overig	Totaal
Rundvee	17.040	67.840	80.120	55.760	3.490	224.250
Varkens	870	56.030	81.000	61.900	2.000	201.800
Pluimvee	27.710	162.330	116.000	67.960	4.600	378.600
Vis	600	2.166	24.500	1.720	200	29.186
Overig ¹	720	21.550	4.030	7.800	860	34.960
Totaal	46.940	309.916	305.650	195.140	11.150	868.796

¹ Betreft voer voor paarden (9,24 miljoen ton) en huisdieren (25,6 miljoen ton)

3.3 Mengvoederproductie per diersoort

Hoewel tabel 9 schattingen geeft voor de voerproductie van de belangrijkste diersoorten, ontbreekt nog een verdere onderverdeling naar diercategorieën binnen diersoort. Dit is van belang, omdat gehalten aan micronutriënten per diercategorie sterk kunnen verschillen, zoals bijv. het geval is bij o.a. koper- en zinkgehalten in biggen- versus vleesvarkensvoer. FeFac statistieken geven voor een beperkt aantal EU-landen (Duitsland, Frankrijk, Nederland, België, Groot Brittannië, Denemarken, Finland en Ierland) wel een verdere onderverdeling naar diercategorieën binnen diersoorten, zoals in tabel 10 is weergegeven (FeFac Secretariat General, 2012).

Tabel 10. Voerverbruik (in 1000 ton) per diersoort en -categorie in een aantal EU landen in 2011 (FeFac Secretariat General, 2012).

	DE	FR	NL	BE	UK	DK	FI	IE
Totaal Rundvee	6342	5170	3451	1244	4855	860	610	2102
Vleesvee	340	1320	432	371	1249			890
Melkvee	5838	3104	2943	626	3323	632	565	1047
Kalveren (excl. melkvervangers)	0	0	0	102	215	228	45	128
Overig rundvee	164	746	76	145	68	0	0	37
Totaal varkens	9934	5643	5734	3653	1647	2648	310	650
Biggen	1869	702	733	844	60	567	44	120
Vleesvarkens	6331	3996	3668	2809	1136	1499	174	345
Fokvarkens	1304	945	1333	0	441	582	42	110
Overig	430	0	0	0	10	0	50	75
Totaal pluimvee	5711	8624	3801	1365	6460	545	300	513
Vleeskuikens	2303	3353	1759	614	3677	155	200	-
Opfok- en leghennen	2030	2175	2042	509	1452	324	65	-
Overig	1378	3096	0	242	1331	66	35	-
Melkvervangers	152	357	652	39	1	0	0	6
Huisdieren	-	-	61	-	-	-	0	87
Overig	723	1517	435	159	1334	174	100	266
Totaal	22.862	21.311	14.134	6.460	14.297	4.227	1.320	3.624

In volume vertegenwoordigen deze 8 EU-landen ca. 45% van de totale EU-27 voerproductie, zoals geschat volgens Riley (2012). Op basis van deze gegevens is het procentuele aandeel voerproductie per diercategorie binnen een diersoort berekend en geëxtrapoleerd naar de totale EU. Hierbij is dus aangenomen dat de verhouding tussen diercategorieën binnen een diersoort in de overige EU-landen gelijk is aan deze 8 EU-landen.

Voor de overige werelddelen zijn geen statistieken gevonden met betrekking tot voerproductie per diercategorie binnen een diersoort. Wel is uit FAO-statistieken bekend hoeveel melk, vlees en eieren elk werelddeel produceert (FAO_Stat, 2012). De gemiddelde hoeveelheid eindproduct over de periode 2008 – 2010 per werelddeel is in tabel 11 weergegeven.

Tabel 11. Jaarproductie van eindproduct (in 1000 ton) per werelddeel (FAO_Stat, 2012).

	Afrika	Amerika	Azië	Europa	Oceanië	Totaal
Rundvlees	6.521	31.025	16.046	10.980	2.777	67.349
Melk (melkkoeien)	29.024	172.285	157.873	207.955	25.516	592.653
Eieren	2.649	12.685	36.875	10.353	235	62.796
Pluimveevlees	4.167	37.651	27.345	13.071	1.003	83.237
Varkensvlees	1.180	18.803	59.689	26.471	480	106.623

Op basis van de productie van voer en eindproduct is voor Europa uitgerekend hoeveel voer nodig is voor een ton melk, vlees of eieren. Op basis van de werkelijke hoeveelheid eindproduct is vervolgens het voerverbruik per diercategorie per werelddeel geschat. Op basis van deze benadering kwam de som van voer voor melkvee en vleesvee in Amerika zeer goed overeen met de totale rundveevoerproductie volgens Riley (2012). In Afrika en Azië bleek met deze benadering niet de gehele rundveevoerproductie verklaard te kunnen worden. Mogelijk dat in deze landen de conversie van voer naar eindproduct minder efficiënt verloopt dan in Amerika en Europa. Daarnaast kan een mogelijk verschil in aandeel en kwaliteit ruwvoer en enkelvoudige krachtvoerders hierop van invloed zijn. Om de berekening sluitend te krijgen moest in beide continenten 37% meer voer verstrekt worden per ton eindproduct dan in Europa voor het realiseren van de output aan rundvlees en melk. Om dezelfde reden moest voor het realiseren van de hoeveelheid pluimveevlees en eieren in Amerika 7%

meer voer verstrekt worden en in Afrika 28% meer voer. Merkwaardigerwijs kwam de op deze wijze berekende voerproductie in Azië overeen met de door Riley (2012) aangegeven productie als 32% minder voer werd verstrekt dan in Europa. Mogelijk wordt in Azië relatief veel eigen geteeld krachtvoer dat niet meegenomen wordt in de registratie aan pluimvee verstrekt.

Los van de geproduceerde hoeveelheid varkensvlees is er op basis van de verhoudingen binnen Europa in de andere werelddelen vanuit gegaan dat er 66% van de totale hoeveelheid varkensvoer volgens Riley (2012) bestemd was voor de vleesvarkens, 16% voor de fokvarkens, 16% voor de biggen en 2% voor overige varkens.

De hierboven aangegeven werkwijze heeft geresulteerd in de onderverdeling van de mondiale mengvoederproductie naar diersoort en diersoort per werelddeel, zoals weergegeven in tabel 12

Tabel 12. Onderverdeling van de mondiale mengvoederproductie naar diersoort en diercategorie per werelddeel (in 1000 ton).

	Midden Oosten /Afrika	Amerika	Azië/Pacific	Europa	Overig	Totaal
Rundvee totaal	17.040	67.840	80.120	55.760	3.490	224.250
Vleesvee	8.475	29.432	24.463	10.416	652	41.891
Melkvee	7.825	33.902	49.440	40.922	2.561	164.574
Kalveren	497	1.977	2.335	1.625	102	6.534
Overig	244	2.529	3.883	2.798	175	11.251
Varkens totaal	870	56.030	81.000	61.900	2.000	201.800
Biggen	142	9.157	13.238	10.116	327	32.981
Vleesvarkens	575	37.006	53.497	40.882	1.321	133.281
Fokvarkens	137	8.820	12.750	9.744	315	31.765
Overig	16	1.048	1.515	1.157	37	3.774
Pluimvee totaal	27.710	162.330	116.000	67.960	4.600	378.600
Vleeskuikens	12.469	94.060	45.029	30.577	2.070	170.345
Opfok- en Leghennen	7.133	28.516	53.045	21.796	1.475	121.422
Overig	8.108	39.754	17.927	15.587	1.055	86.833
Vis totaal	600	2.166	24.500	1.720	200	29.186
Overige voeders	720	21.550	4.030	7.800	860	34.960
Totaal	46.940	309.916	305.650	195.140	11.150	868.796

4 Toegevoegde gehalten micronutriënten aan het voer

Aanvankelijk is geprobeerd om via leveranciers van premixen te achterhalen hoeveel micronutriënten aan de verschillende soorten voeders worden toegevoegd. Deze leveranciers waren echter terughoudend in het verschaffen van deze informatie. Daarom is in een groot aantal wetenschappelijke publicaties nagegaan hoeveel micronutriënten gemiddeld toegevoegd werden aan de diverse soorten diervoeders in de hierboven benoemde regio's. Het doel hiervan was niet om een vergelijking tussen de regio's te maken; verschillen tussen werelddelen kunnen mede een gevolg zijn van de verschillen tussen individuele studies. De uitkomsten hiervan zijn voorgelegd aan enkele experts die goed zicht hebben op gangbare praktijk in de diverse regio's. Bij wezenlijke afwijkingen tussen de gehalten in de praktijk en de wetenschappelijke literatuur is gekozen voor de praktijkgehalten. In de praktijk worden soms hogere gehalten toegevoegd als veiligheidsmarge of vanwege additionele effecten van een zeer hoog micronutriëntengehalte op gezondheid en groei. Dit laatste betreft voornamelijk gebruik van Cu en Zn in varkensvoeders.

4.1 Toegevoegde micronutriënten aan rundveemengvoeders

In bijlage 1 staan de via premixen aan het voer toegevoegde gehalten (mg/kg) in rundveevoeders, zoals gepubliceerd in wetenschappelijke artikelen. In tabel 13 zijn deze toegevoegde gehalten samengevat per diercategorie per werelddeel.

Tabel 13. Toegevoegde hoeveelheden micronutriënten (mg/kg) aan rundveevoeders in wetenschappelijke studies, gerangschikt per werelddeel en diercategorie (standaardafwijking tussen haakjes).

	Amerika	Azië/ Pacific	Europa	Midden Oosten/ Afrika
Melkvee				
Koper	12,8 (4,1)	22,0 (1,41)	22,3 (21,2)	29,7 (20,8)
Zink	46,8(10,7)	10,5 (7,8)	29,8 (42,9)	29,0 (40,3)
Selenium	0,17 (0,19)	0,30 (0,0)	0,29 (0,28)	0,22 (0,26)
Kobalt	0,22 (0,36)	1,5 (2,12)	0,14 (0,22)	2,32 (2,08)
Molybdeen	0	0	0	0
Borium	0	0	0	0
Vleesvee en kalveren				
Koper	9,4 (5,2)	26,5 (2,1)	21,8 (15,2)	10,0 (-)
Zink	42,5 (24,0)	159,0 (72,1)	80,0 (76,2)	60,0 (-)
Selenium	0,19 (0,13)	0,48 (0,28)	0,35 (0,31)	0,30 (-)
Kobalt	0,14 (0,11)	0,97 (0,61)	0,67 (1,28)	0
Molybdeen	0	0	0	-
Borium	0	0	0	-

Aan de melkveevoeders in Amerika werd relatief veel zink toegevoegd, terwijl aan de melkveevoeders in het Midden Oosten/Afrika veel meer kobalt werd toegevoegd dan in de andere werelddelen. Er zijn geen melkveestudies uit Azië/Pacific gevonden, zodat de gehalten uit deze regio gebaseerd zijn op het gemiddelde van de gehalten uit de andere regio's.

In Azië/Pacific werden relatief hoge gehalten koper, zink, selenium en kobalt aan voeders voor vleesvee toegevoegd. Vanwege het ontbreken van studies die toegevoegde hoeveelheden micronutriënten aan kalvervoeders vermeldten zijn voor deze voeders dezelfde gehalten aangehouden als van de in de betreffende regio gevonden gehalten voor vleesvee.

De meeste gehalten in Amerikaanse voeders komen goed overeen met de schattingen van experts uit deze regio. Alleen het door ons gevonden zinkgehalte in melkveevoeders lijkt aan de lage kant te zijn. De experts schatten in dat aan voeders voor melkgevende koeien 50 – 100 mg/kg wordt toegevoegd en aan voeders voor droogstaande koeien 30 – 60 mg/kg. Uitgaande van 2% droogstandvoer en 98% lactatievoer, zou de gemiddelde toegevoegde hoeveelheid zink aan melkveevoeders 74 mg/kg moeten bedragen. Deze waarde is vervolgens aangehouden in de verdere berekeningen.

4.2 Toegevoegde micronutriënten aan varkensvoerders

In bijlage 2 staan de via premixen aan het voer toegevoegde gehalten (mg/kg) in varkensvoerders, zoals gepubliceerd in wetenschappelijke artikelen. In tabel 14 zijn de toegevoegde gehalten samengevat per diercategorie per werelddeel.

Tabel 14. Toegevoegde hoeveelheden micronutriënten (mg/kg) aan varkensvoerders in wetenschappelijke studies, gerangschikt per werelddeel en diercategorie (standaardafwijking tussen haakjes).

	Amerika	Azië/ Pacific	Europa	Midden Oosten/ Afrika
Biggen				
Koper	9,8 (2,9)	103,0 (110,1)	26,0 (13,0)	7,0 (-)
Zink	103,2(31,5)	166,2 (47,2)	70,4 (29,1)	120,0 (-)
Selenium	0,35 (0,09)	0,30 (0,0)	0,25 (0,12)	0,30 (-)
Kobalt	0	0,15 (0,17)	0,29 (0,42)	0,40 (-)
Molybdeen	0	0	0	0
Borium	0	0	0	0
Vleesvarkens				
Koper	11,0 (3,9)	55,0 (7,1)	23,3 (2,9)	-
Zink	101,8 (19,3)	72,5 (67,2)	93,3 (11,6)	-
Selenium	0,26 (0,08)	0,07 (0,09)	0,23 (0,12)	-
Kobalt	0	0,28 (0,04)	0,13 (0,23)	-
Molybdeen	0	0	0	-
Borium	0	0	0	-
Zeugen				
Koper	30,0 (23,1)	22,8 (13,1)	17,8 (5,6)	-
Zink	94,8 (31,8)	99,5 (15,5)	106,0 (31,5)	-
Selenium	0,25 (0,07)	0,25 (0,10)	0,29 (0,10)	-
Kobalt	0	0	0,15 (0,30)	-
Molybdeen	0	0	0	-
Borium	0	0	0	-

In vergelijking met de andere regio's, zijn de toegevoegde koper- en zinkgehalten van de varkensvoerders in Azië/Pacific relatief hoog. In Europese biggenvoerders is het toegestaan om 160 mg/kg koper toe te voegen, zodat deze waarde is aangehouden in de berekeningen. Europese experts verwachten dat vanwege hun therapeutische effecten de koper- en zinkgehalten in biggenvoerders wereldwijd hoger zijn dan de niveaus die gevonden zijn in wetenschappelijke publicaties. Op basis van hun inschattingen is voor wereldwijd voor biggenvoerders een niveau van 160 mg/kg koper en 600 mg/kg zink aangehouden dit laatste is een gewogen gemiddelde van biggenvoerders met een zinkgehalte naar behoefte en voeders met een farmacologisch hoog zinkgehalte.

Amerikaanse experts schatten het in de praktijk gehanteerde toegevoegde zinkgehalte hoger in dan de in tabel 14 vermelde waarden. Voor zeugen zou dit 125 mg/kg moeten zijn en voor vleesvarkens 120 mg/kg. Daarnaast werd vanwege het therapeutische effect van koper voor vleesvarkensvoer een gemiddelde van 50 mg/kg koper verondersteld. In de verdere berekeningen zijn deze waarden voor Amerika gehanteerd.

4.3 Toegevoegde micronutriënten aan pluimveevoerders

In bijlage 3 staan de via premixen aan het voer toegevoegde gehalten (mg/kg) in pluimveevoerders, zoals gepubliceerd in wetenschappelijke artikelen. In tabel 15 zijn de toegevoegde gehalten samengevat per diersoort per werelddeel.

Tabel 15. Toegevoegde hoeveelheden micronutriënten (mg/kg) aan pluimveevoeders in wetenschappelijke studies, gerangschikt per werelddeel en diercategorie (standaardafwijking tussen haakjes).

	Amerika	Azië/ Pacific	Europa	Midden Oosten/ Afrika
Leghennen				
Koper	9,0 (4,4)	9,5 (3,2)	6,2 (1,6)	10,0 (8,7)
Zink	65,3 (26,2)	67,0 (14,7)	63,5 (12,2)	56,0 (14,0)
Selenium	0,23 (0,11)	0,27 (0,07)	0,25 (0,11)	0,21 (0,02)
Kobalt	0	0,04 (0,10)	0,26 (0,42)	0,07 (0,12)
Molybdeen	0	0	0	0
Borium	0	0	0	0
Vleeskuikens				
Koper	6,3 (3,9)	8,5 (3,4)	16,0 (3,7)	8,0 (2,0)
Zink	54,8 (26,9)	71,2 (21,5)	77,5 (23,2)	60,7 (25,6)
Selenium	0,27 (0,08)	0,26 (0,17)	0,37 (0,07)	0,22 (0,03)
Kobalt	0	0,08 (0,13)	0,44 (0,49)	0
Molybdeen	0	0	0	0
Borium	0	0	0	0
Overig pluimvee				
Koper	9,4 (6,3)	11,0 (9,5)	6,6 (4,5)	8,0 (-)
Zink	81,0 (38,0)	74,3 (22,8)	70,0 (18,3)	40,0 (-)
Selenium	0,24 (0,09)	0,29 (0,03)	0,24 (0,08)	0,10 (-)
Kobalt	0	0,10 (0,2)	0,19 (0,24)	0
Molybdeen	0	0	0,13 (0,25)	0
Borium	0	0	0	0

Aan Europese voeders voor leghennen werd minder koper (6,2 mg/kg) toegevoegd dan in de rest van de wereld (gemiddeld 9,5 g/kg). Wereldwijd werd gemiddeld 63,0 mg/kg zink en 0,24 mg/kg selenium aan legvoer toegevoegd en deze hoeveelheden verschillen niet per werelddeel. Kobalt werd soms wel en soms niet toegevoegd aan legvoer en dit verklaart de grote standaardafwijking rond het gemiddelde. In de onderzochte Amerikaanse legstudies werd kobalt nooit toegevoegd, terwijl het gemiddelde niveau in de overige werelddelen varieerde van 0,04 mg/kg (Azië/Pacific) tot 0,26 mg/kg (Europa). In geen enkele onderzochte studie werd molybdeen of borium aan het legvoer toegevoegd. In Europa werd gemiddeld meer koper (16 mg/kg) aan vleeskuikenvoer toegevoegd dan in de andere werelddelen (7,6 mg/kg). De hoeveelheid aan vleeskuikenvoer toegevoegd zink bedroeg wereldwijd gemiddeld 66 mg/kg en dit verschilde niet wezenlijk per werelddeel. Aan Europese vleeskuikenvoeders werd relatief veel selenium (0,37 mg/kg) toegevoegd, terwijl dit in het Midden Oosten/Afrika relatief weinig (0,22 mg/kg) was. In de onderzochte vleeskuikenstudies vanuit Amerika en het Midden Oosten/Afrika werd nooit kobalt toegevoegd, terwijl het gemiddelde niveau in de overige werelddelen varieerde van 0,08 mg/kg (Azië/Pacific) tot 0,44 mg/kg (Europa). In geen enkele onderzochte studie werd molybdeen (m.u.v. één Europees experiment) of borium aan het legvoer toegevoegd.

Omdat er in de categorie 'overig pluimvee' slechts één studie is gevonden voor het Midden Oosten/Afrika, zijn voor deze gehalten geen standaardafwijkingen beschikbaar. De toegevoegde koper-, zink- en seleniumgehalten in voeders voor overig pluimvee verschilden niet wezenlijk tussen Amerika, Azië/Pacific en Europa. In een enkele Aziatische en Europese studie werd kobalt en molybdeen toegevoegd aan overig pluimveevoer.

Volgens Amerikaanse experts bedraagt het in praktijkvoeders toegevoegde zinkgehalte in vleeskuikenvoeders in die regio 100 mg/kg. Deze waarde is gehanteerd in de verdere berekeningen.

4.4 Toegevoegde micronutriënten aan visvoerders

In tabel 16 staan de gemiddelde hoeveelheden micronutriënten die werden toegevoegd aan visvoerders. Deze zijn gebaseerd op een Amerikaanse, een Aziatische en twee Europese voeders. Vanwege de relatief geringe hoeveelheid visvoer die geproduceerd wordt, zijn deze gemiddelde gehalten gehanteerd.

Tabel 16. Toegevoegde hoeveelheden micronutriënten (mg/kg en de standaardafwijking) aan visvoerders.

	Koper	Zink	Selenium	Kobalt	Molybdeen	Borium
Gemiddeld	16.5	101.5	0.39	0.13	0	0
Standaard afwijking	17.08	49.18	0.32	0.25	0	0

4.5 Mondiaal verbruik micronutriënten in de diervoeding

De per werelddeel en diersoort aan het voer toegevoegde hoeveelheden micronutriënten zijn, na de aangegeven aanpassingen op basis van de inschattingen van de experts, vermenigvuldigd met de betreffende hoeveelheid geproduceerd voer. Dit resulteerde in een schatting van het mondiale verbruik van de onderzochte micronutriënten, zoals in tabel 17 is weergegeven.

Tabel 17. Het via diervoeders geschatte mondiale verbruik aan de onderzochte micronutriënten (hoeveelheden x 1000 ton).

Micronutriënt	Cu	Zn	Se	Co	Mo	B
Rundvee						
Vleesvee	1,42	6,54	0,02	0,04	0,00	0,00
Melkvee	2,55	4,56	0,03	0,11	0,00	0,00
Kalveren	0,13	0,62	0,00	0,00	0,00	0,00
Overig	0,19	0,76	0,00	0,01	0,00	0,00
Varkens						
Biggen	5,28	19,79	0,01	0,01	0,00	0,00
Vleesvarkens	5,83	12,31	0,02	0,02	0,00	0,00
Fokvarkens	0,74	3,45	0,01	0,00	0,00	0,00
Overig	0,29	1,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Pluimvee						
Vleeskuikens	1,58	15,90	0,05	0,02	0,00	0,00
Opfok- en Leghennen	0,96	7,29	0,03	0,01	0,00	0,00
Overig	0,75	6,04	0,02	0,00	0,002	0,00
Vis	0,48	2,96	0,01	0,00	0,00	0,00
Overige voeders	1,20	4,90	0,01	0,01	0,00	0,00
Totaal geschat	21,40	86,14	0,23	0,22	0,0021	0,00

Ten opzichte van het verbruik van koper en zink is het absolute verbruik van selenium en kobalt zeer gering, terwijl het verbruik van molybdeen en borium via het voer te verwaarlozen is. De varkensvoerders zijn voor ruim 50% verantwoordelijk voor het mondiale koperverbruik. Van het totale zink- en seleniumverbruik komt ruim 40% terecht in pluimveevoeders. Het merendeel (73%) van het kobaltverbruik komt ten laste van de rundveevoeders.

5 Diervoedingsverbruik van micronutriënten in perspectief

5.1 Verbruik micronutriënten via diervoeding in relatie tot mondiaal verbruik

Tabel 18 plaatst het verbruik aan micronutriënten in het perspectief van de wereldreserves en het totale verbruik per jaar voor alle doeleinden.

Tabel 18. Wereldreserve, jaarlijkse productie en verbruik via diervoeding van de onderzochte micronutriënten (x 1000 ton).

Micronutriënt	Cu	Zn	Se	Co	Mo	B
Wereldreserve 2011 (R) ¹	690.000	250.000	93	7.500	10.00	65.220
Productie 2011 (P) ¹	16.100	12.400	2	98	250	1.340
R/P (jaar) ¹	43	20	47	77	40	49
Verbruik via diervoeding (absoluut)	21,40	86,14	0,23	0,22	0,0021	0
Verbruik via diervoeding (% van P)	0,13	0,69	11,31	0,23	0,0008	0

¹ (USGS Minerals Information, 2011)

Voor de meeste onderzochte micronutriënten geldt dat het verbruik in de diervoeding laag is in relatie tot de totale productie. Het verbruik van molybdeen en borium via de diervoeding is verwaarloosbaar in vergelijking tot de totale productie. Het wereldwijde kobaltverbruik via het voer is 220 ton, maar deze hoeveelheid bedraagt slechts 0,23% van de totale productie. Mogelijk vindt er nog kleine onderschatting van het kobaltverbruik plaats, omdat in de meeste voeders wel vitamine B12 (cyanocobalamine) wordt toegevoegd. Het aandeel kobalt hierin bedraagt echter slechts circa een microgram per kg voer. Hoewel de absolute hoeveelheden koper en zink die aan het voer toegevoegd worden aanzienlijk zijn (respectievelijk 21,4 en 86,1 x 10³ ton), is het verbruik van deze micronutriënten respectievelijk slechts 0,13% en 0,69% van de totale productie. In vergelijking met het verbruik van koper en zink via het voer is het verbruik van selenium met 230 ton per jaar relatief laag. Echter, het seleniumverbruik via het voer is wel een substantiële hoeveelheid (11,3%) van de wereldproductie. Vanwege de gunstige effecten op humane en diergezondheid was er de laatste jaren een toename in het verbruik van selenium via het voer (USGS Minerals Information, 2011). Ogenscheinlijk lijken de mondiale voorraden micronutriënten, en zink wel in het bijzonder, in de komende decennia uitgeput te raken. Chardon en Oenema (2013) geven echter aan dat de gegevens over de reserves slechts een indicatie van de werkelijke voorraden zijn. De reserves zijn gedefinieerd als de hoeveelheid die met de huidige techniek en bij de huidige kostprijs winbaar is. Wanneer de verhouding tussen reserves en productie voor een onderneming te laag wordt, dan zal deze nieuwe exploraties starten; deze zijn echter (zeer) kostbaar, en veelal pas op termijn rendabel. Dit zal vooral gelden bij een lage prijs van het eindproduct. Het is daarom mogelijk niet toevallig dat Zn, het goedkoopste element, de laagste R/P verhouding heeft.

5.2 Mogelijkheden tot vermindering verbruik micronutriënten in de veehouderij

In deze paragraaf bespreken we zeer beknopt mogelijkheden om het gebruik van micronutriënten in diervoeder te verminderen: de dosering in voer afstemmen op de behoefte, gebruik van bronnen die in de darm goed beschikbaar zijn, gebruik maken van het effect van fytase en beperken van het gebruik van hoge doseringen Cu en Zn bij varkens. Verlaging van Se-gebruik levert een substantiële bijdrage aan het totaal mondiaal gebruik. Verlaging van het gebruik aan overige sporenelementen, m.n. Cu en Zn draagt bij aan vermindering van niet duurzame accumulatie in de bodem.

De dosering van micronutriënten in praktische voeders is veelal hoger dan de gepubliceerde behoeftenormen. Hier lijkt dus ruimte voor besparing. Het toegevoegd kopergehalte is bijvoorbeeld in de meeste varkensvoeders hoger dan de behoeftenormen en kan dus wellicht verlaagd worden zonder verlies aan dierprestaties. Het is hiervoor waarschijnlijk wel nodig dat sommige behoeftenormen eerst nader worden gevalideerd om de nu gehanteerde veiligheidsmarges te

verlagen. Daarbij is het gewenst onderzoek en beleid in internationaal verband vorm te geven omdat wettelijke maximum gehalten in Europese regelgeving zijn vastgelegd en om een level playing field binnen Europa te behouden. Mogelijkheden om de gehalten aan koper en zink in melkveevoeders terug te dringen zijn niet duidelijk. Omdat de effecten van een verlaging van de koper- en zinkvoorziening bij melkvee niet uitvoerig zijn onderzocht en de onderzoeksresultaten erg variëren zijn er geen duidelijke aanwijzingen over mogelijke negatieve gevolgen van een lagere koper- en zinkvoorziening voor het dier en haar productietekenen (Goselink and Jongbloed, 2012). De genoemde auteurs adviseren om meer onderzoek uit te voeren naar de effecten van een lager gehalte aan koper en zink in melkveevoeders alvorens een verantwoord besluit hierover te kunnen nemen.

Ten opzichte van de behoeftenormen vindt vooral een hogere dosering van selenium plaats in voeders voor vleesvee (Azië, Europa, Midden Oosten/Afrika), biggen (alle werelddelen), zeugen (alle werelddelen) en pluimvee (alle werelddelen). Het toevoegen van selenium aan diervoeders vindt tot nu toe veelal plaats in de vorm van natriumseleniet (Na_2SeO_3) of natriumselenaat (Na_2SeO_4). Deze verbindingen zijn matig tot goed beschikbaar voor het dier. Gist dat met selenium is verrijkt bevat selenium als Se-methionine, dat doorgaans goed beschikbaar is. Toediening van selenium in deze vorm, zou het verbruik van selenium in de diervoeding kunnen verminderen (Lyons et al., 2007). Ook voor andere sporenelementen is van belang dat goed beschikbare vormen worden gebruikt. Er zijn studies waaruit blijkt dat organisch gebonden sporenelementen effectiever zijn dan hun anorganische varianten (Deng et al., 2010 ; Sun et al., 2012), hoewel uit reviewstudies blijkt dat de effecten niet altijd consistent zijn (Vieira, 2008). Een wetenschappelijk verantwoorde vergelijking tussen verschillende bronnen kan hier meer kwantitatief inzicht verschaffen.

Daarnaast kan het enzym fytase, dat gebruikt wordt in voeders voor varkens en pluimvee voor het verbeteren van de fosforbenutting, ook de benutting van andere mineralen verbeteren. Dergelijke effecten zijn in elk geval aangetoond voor calcium, magnesium en zink (Rimbach et al., 2008). In recent onderzoek van onze groep werd geconcludeerd dat toevoeging van 40 mg/kg zink (totaal zinkgehalte van 80 mg/kg voer) voldoende was om in de behoefte van groeiende varkens van 6 weken leeftijd tot slachten te voorzien. Dit impliceert dat een verlaging van de momenteel gebruikelijke gehalten in varkensvoeders mogelijk is zonder risico's voor de gezondheid en groeiprestaties (Bikker et al., 2011). Bij gebruik van 800 FTU fytase per kg (500 FTU gegarandeerd volgens productspecificaties) was de toevoeging van 15 mg zink per kg voer niet alleen voldoende voor groei en het voorkomen van klinische verschijnselen, maar ook voor serum ALP- en zinkgehalten. Volgens deze auteurs maakt het gebruik van microbiële fytase dus een verdere reductie van het zinkgehalte in het voer mogelijk. Het toegevoegd kopergehalte is in de meeste varkensvoeders hoger dan de behoeftenormen en kan dus wellicht verlaagd worden zonder verlies aan dierprestaties.

De farmacologisch hoge doseringen aan koper en zink bij jonge dieren (varkens) berust voornamelijk op hun antimicrobiële effect in het maag-darmkanaal, waardoor de gezondheid en groei van de dieren bevordert wordt. Gebruik van andere en nieuwe additieven die de microbiota beïnvloeden, zoals pre- en probiotica, is, mits effectief, een alternatief voor koper en zink in dergelijke hoge doseringen. De effectiviteit van deze alternatieve voedingsstrategieën is echter niet altijd gelijk aan die van koper en zink (Heo et al., 2012).

5.3 Kostprijs van mineralen

In de formulering van mengvoeders worden de micronutriënten opgenomen in premixen die voor de mengvoerfabrikanten beschikbaar zijn. Deze premixen bevatten naast de benodigde sporenelementen ook vitaminen. Daarnaast zijn speciale premixen beschikbaar met specifieke voederadditieven, waaronder organisch gebonden sporenelementen, voor het stimuleren van bepaalde stofwisselingsprocessen. Voor een berekening van de gevolgen van een prijsstijging van mineralen op de wereldmarkt is de prijs van de gebruikelijke premixen met een standaardniveau aan micronutriënten als uitgangspunt gebruikt. De kostprijs (inkoop) van sporenelementen draagt circa € 0,05-0,10 per 100 kg bij aan de kosten van mengvoer (Beelen, pers. meded. 2013; Van Engen, pers. meded. 2013). De prijs die een veehouder betaalt voor de belangrijkste mengvoeders ligt globaal (prijspeil januari 2013) tussen € 25 en € 40 per 100 kg. Een verdubbeling van de kostprijs van sporenelementen (afgezien van de opslag door de premixleverancier) verhoogt de kosten van mengvoer dus met slechts € 0,05-0,10/100 kg mengvoer, ofwel circa 0,25%. Bij de huidige mengvoerproductie betekent dit voor de totale Nederlandse mengvoerindustrie ca. € 10-15 miljoen aan extra voerkosten.

6 Conclusies

De belangrijkste conclusies zijn als volgt.

- In zijn algemeenheid stemmen de diverse bronnen redelijk overeen met betrekking tot de aanbevelingen voor de behoeften aan micronutriënten.
- Via het voer wordt praktisch in alle werelddelen en bij alle diercategorieën een hogere dosering micronutriënten verstrekt dan de aanbevolen behoefte om een veilige nutriëntenvoorziening van de te garanderen. Bovendien heeft een hoge dosering koper en zink bij varkens een additioneel gezondheid- en groeibevorderend effect.
- Het mondiale verbruik van koper, zink, kobalt, molybdeen en borium in de diervoeding is voor elk van deze micronutriënten minder dan 1% van de totale jaarlijkse productie en totaal verbruik.
- In vergelijking met het verbruik van koper en zink via het voer is het absolute verbruik van selenium met 230 ton per jaar relatief laag. Het seleniumverbruik in diervoeders is wel een substantiële hoeveelheid (11,3%) van het totaal wereldverbruik.
- Het seleniumgehalte in het voer kan mogelijk verlaagd worden door de gehalten in de voeders beter af te stemmen op de behoefte van de dieren en door in plaats van een anorganische seleniumbron (natriumseleniet of natriumselenaat) een organisch gebonden seleniumbron (seleniummethionine) te verstrekken.
- Vermindering van het gebruik van micronutriënten in het algemeen is mogelijk door de dosering in voer beter af te stemmen op de behoefte, gebruik te maken van bronnen van micronutriënten die in de darm goed beschikbaar zijn, gebruik maken van het effect van fytase en het gebruik van hoge doseringen Cu en Zn bij varkens te beperken.
- Een verdubbeling van de kostprijs van sporenelementen resulteert in een zeer beperkte stijging (€ 0,05-0,10 per 100 kg, ca. 0,25% relatief) van de mengvoerkosten.

De algemene conclusie is dat de dierlijke productie slechts in zeer beperkte mate bijdraagt aan het wereldwijde verbruik van micronutriënten. Een uitzondering hierop vormt selenium, waarvan het verbruik in diervoeding 11,3% van de totale productie bedraagt.

Aanbeveling

Om het gebruik van mineralen in diervoeder te beperken, vanwege de bijdrage aan het mondiale verbruik (m.n. Se) en niet duurzame accumulatie in de bodem (m.n. Cu en Zn) adviseren we in internationaal verband te stimuleren dat sporenelementen toegevoegd worden op basis van wetenschappelijk vastgestelde behoeftenormen en waar nodig nader onderzoek uit te voeren naar behoefte en benutting van deze micronutriënten.

Literatuur

- Abdelqader, M. M., and M. Oba. 2012. Lactation performance of dairy cows fed increasing concentrations of wheat dried distillers grains with solubles. *Journal of Dairy Science* 95 (7): 3894-3904. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2011-4809>.
- Adedokun, S. A., K. M. Ajuwon, L. F. Romero, and O. Adeola. 2012. Ileal endogenous amino acid losses: Response of broiler chickens to fiber and mild coccidial vaccine challenge. *Poultry Science* 91 (4): 899-907. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2011-01777>.
- Adeola, O., and H. Zhai. 2012. Metabolizable energy value of dried corn distillers grains and corn distillers grains with solubles for 6-week-old broiler chickens. *Poultry Science* 91 (3): 712-718. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2011-01889>.
- Agyekum, A. K., B. A. Slominski, and C. M. Nyachoti. 2012. Organ weight, intestinal morphology, and fasting whole-body oxygen consumption in growing pigs fed diets containing distillers dried grains with solubles alone or in combination with a multienzyme supplement. *Journal of Animal Science* 90 (9): 3032-3040. <http://dx.doi.org/10.2527/jas2011-4380>.
- Al-Harhi, M. A., A. A. El-Deek, and Y. A. Attia. 2011. Impacts of dried whole eggs on productive performance, quality of fresh and stored eggs, reproductive organs and lipid metabolism of laying hens. *British Poultry Science* 52 (3): 333-344. <http://dx.doi.org/10.1080/00071668.2011.569009>.
- Al Ibrahim, R. M., A. K. Kelly, L. O'Grady, V. P. Gath, C. McCarney, and F. J. Mulligan. 2010. The effect of body condition score at calving and supplementation with *Saccharomyces cerevisiae* on milk production, metabolic status, and rumen fermentation of dairy cows in early lactation. *Journal of Dairy Science* 93 (11): 5318-5328. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2010-3201>.
- Amerah, A. M., G. Mathis, and C. L. Hofacre. 2012. Effect of xylanase and a blend of essential oils on performance and *Salmonella* colonization of broiler chickens challenged with *Salmonella* Heidelberg. *Poultry Science* 91 (4): 943-947. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2011-01922>.
- Amirkolaie, A. K., S. Mahdavi, and S. A. Hosseini. 2012. Dietary fat content and feed supply influence growth and body composition in juvenile beluga sturgeon (*Huso huso*). *Aquaculture International* 20 (5): 859-867. <http://dx.doi.org/10.1007/s10499-012-9507-7>.
- Attia, Y. A., E. M. Qota, H. S. Zeweil, F. Bovera, A. E. Abd Al-Hamid, and M. D. Sahledom. 2012. Effect of different dietary concentrations of inorganic and organic copper on growth performance and lipid metabolism of White Pekin male ducks. *British Poultry Science* 53 (1): 77-88. <http://dx.doi.org/10.1080/00071668.2011.650151>.
- Bai, X. M., Q. G. Ma, L. H. Zhao, L. Xi, and C. Ji. 2012. Effects of alpha-lipoic acid supplementation on antioxidative ability and performance of sows and nursing piglets. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 96 (6): 955-961. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1439-0396.2011.01205.x>.
- Bao, Y. M., and M. Choct. 2009. Trace mineral nutrition for broiler chickens and prospects of application of organically complexed trace minerals: A review. *Animal Production Science* 49 (4): 269-282. <http://dx.doi.org/10.1071/ea08204>.
- Best, P. 2012. World Feed Panorama: Once again, industry increases its volume. http://www.wattagnet.com/World_Feed_Panorama_Once_again_industry_increases_its_volume.html.
- Bikker, P., A. W. Jongbloed, R. Verheijen, G. Binnendijk, and H. Van Diepen. 2011. Zinc requirement of weaned piglets. *Confidential report 274, May 2011, Wageningen UR Livestock Research, Lelystad, The Netherlands*.
- Boguhn, J., and M. Rodehutschord. 2010. Effects of nonstarch polysaccharide-hydrolyzing enzymes on performance and amino acid digestibility in turkeys. *Poultry Science* 89 (3): 505-513. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2009-00321>.
- Bozkurt, M., K. Kucukyilmaz, A. U. Catli, M. Cinar, E. Bintas, and F. Coven. 2012. Performance, egg quality, and immune response of laying hens fed diets supplemented with mannan-oligosaccharide or an essential oil mixture under moderate and hot environmental conditions. *Poultry Science* 91 (6): 1379-1386. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2011-02023>.
- Buyukcapar, H. M., and A. Kamalak. 2006. Raw and heat-treated culban (*Vicia peregrina*) seed as protein source for mirror carp (*Cyprinus carpio*) fingerlings. *South African Journal of Animal Science* 36 (4): 235-242.
- Cabrita, A. R. J., R. J. Dewhurst, D. S. P. Melo, J. M. Moorby, and A. J. M. Fonseca. 2011. Effects of dietary protein concentration and balance of absorbable amino acids on productive responses of dairy cows fed corn silage-based diets. *Journal of Dairy Science* 94 (9): 4647-4656. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2010-4097>.

- Canibe, N., O. Hojberg, S. Hojsgaard, and B. B. Jensen. 2005. Feed physical form and formic acid addition to the feed affect the gastrointestinal ecology and growth performance of growing pigs. *Journal of Animal Science* 83 (6): 1287-1302.
- Cerisuelo, A., A. Torres, M. Lainez, and V. Moset. 2012. Increasing energy and lysine in diets for growing-finishing pigs in hot environmental conditions: Consequences on performance, digestibility, slurry composition, and gas emission. *Journal of Animal Science* 90 (5): 1489-1498. <http://dx.doi.org/10.2527/jas2011-4052>.
- Chardon, W. J., and O. Oenema. 2013. Verkenning mogelijke schaarste aan micronutriënten in het voedselsysteem. In *Alterra-rapport nummer*. Wageningen.
- Choe, D. W., T. C. Loh, H. L. Foo, M. Hair-Bejo, and Q. S. Awis. 2012. Egg production, faecal pH and microbial population, small intestine morphology, and plasma and yolk cholesterol in laying hens given liquid metabolites produced by *Lactobacillus plantarum* strains. *British Poultry Science* 53 (1): 106-115. <http://dx.doi.org/10.1080/00071668.2012.659653>.
- Commissie Onderzoek Minerale Voeding. 2005. *Handleiding mineralenvoorziening rundvee, schapen, geiten*. 6 ed. Lelystad: Centraal Veevoederbureau.
- Cong, R. H., Y. M. Jia, R. S. Li, Y. D. Ni, X. J. Yang, Q. W. Sun, N. Parvizi, and R. Q. Zhao. 2012. Maternal low-protein diet causes epigenetic deregulation of HMGCR and CYP7 alpha 1 in the liver of weaning piglets. *Journal of Nutritional Biochemistry* 23 (12): 1647-1654. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jnutbio.2011.11.007>.
- CSIRO. 2007. "Minerals." In *Nutrient requirements of domesticated ruminants*, 115-172. Collingwood, VIC, Australia: CSIRO Publishing.
- Dayani, O., G. R. Ghorbani, and A. K. Esmailzadeh. 2011. Supplementation with whole cottonseed changes milk composition and milk fatty acid profile in dairy cows. *Animal Production Science* 51 (2): 95-101. <http://dx.doi.org/10.1071/an10026>.
- De Haes, H. A., R. L. Voortman, T. Bastein, D. W. Bussink, C. W. Rougoor, and W. J. Van der Weijden. 2012. Schaarste van micronutriënten in bodem, voedsel en minerale voorraden. Urgentie en opties voor beleid. Advies aan Minister EL&I, . . . edited by Innovatie & Samenleving Platform Landbouw, juni 2012.
- Delezie, E., L. Maertens, and G. Huyghebaert. 2012. Consequences of phosphorus interactions with calcium, phytase, and cholecalciferol on zootechnical performance and mineral retention in broiler chickens. *Poultry Science* 91 (10): 2523-2531. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2011-01937>.
- Deng, Y., M. Mi, F. Chen, D. Deng, P. Ying, G. Min, G. Liu, et al. 2010. Effect of copper, ferrous iron and zinc from different sources on growth performance and fecal copper, ferrous iron and zinc balance in growing pigs. *Journal of Food, Agriculture and Environment* 8 (3-4 PART 1): 71-77.
- Drouillard, J. S., P. H. Henning, H. H. Meissner, and K. J. Leeuw. 2012. Megasphaera elsdenii on the performance of steers adapting to a high-concentrate diet, using three or five transition diets. *South African Journal of Animal Science* 42 (2): 195-199. <http://dx.doi.org/10.4314/sajas.v42i2.13>.
- EFSA panel on additives and products or substances used in animal feed. 2012. Scientific opinion on safety and efficacy of cobalt compounds (E3) as feed additives for animal species: Cobaltous acetate tetrahydrate, basic cobaltous carbonate monohydrate and cobaltous sulphate heptahydrate, based on a dossier submitted by TREAC EEIG. *EFSA Journal* 10 (7): 2971): 27.
- Ekmay, R. D., C. Salas, J. England, S. Cerrate, and C. N. Coon. 2012. The effects of pullet body weight, dietary nonphytate phosphorus intake, and breeder feeding regimen on production performance, chick quality, and bone remodeling in broiler breeders. *Poultry Science* 91 (4): 948-964. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2011-01931>.
- Emiola, I. A., and R. M. Gous. 2011. Nutritional evaluation of dehulled faba bean (*Vicia faba* cv. Fiord) in feeds for weaner pigs. *South African Journal of Animal Science* 41 (2): 79-86.
- Esmailipour, O., H. Moravej, M. Shivazad, M. Rezaian, S. Aminzadeh, and M. M. Van Krimpen. 2012. Effects of diet acidification and xylanase supplementation on performance, nutrient digestibility, duodenal histology and gut microflora of broilers fed wheat based diet. *British Poultry Science* 53 (2): 235-244. <http://dx.doi.org/10.1080/00071668.2012.681771>.
- FAO_Stat. 2012. <http://faostat3.fao.org/home/index.html>.
- FeFac. 2010. *Feed & Food Statistical Yearbook 2010*. Edited by FeFac. Brussel.
- FeFac Secretariat General. 2012. Industrial compound feed production.
- Fernandez-Figares, I., J. A. Conde-Aguilera, R. Nieto, M. Lachica, and J. F. Aguilera. 2008. Synergistic effects of betaine and conjugated linoleic acid on the growth and carcass composition of growing Iberian pigs. *Journal of Animal Science* 86 (1): 102-111. <http://dx.doi.org/10.2527/jas.2006-0230>.

- Freeman, S. R., M. H. Poore, G. B. Huntington, and T. F. Middleton. 2008. Evaluation of secondary protein nutrients as a substitute for soybean meal in diets for beef steers and meat goats. *Journal of Animal Science* 86 (1): 146-158. <http://dx.doi.org/10.2527/jas.2006-0698>.
- Gakhar, N., E. Goldberg, M. Jing, R. Gibson, and J. D. House. 2012. Effect of feeding hemp seed and hemp seed oil on laying hen performance and egg yolk fatty acid content: Evidence of their safety and efficacy for laying hen diets. *Poultry Science* 91 (3): 701-711. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2011-01825>.
- Gao, Y. Y., Z. Y. Jiang, Y. C. Lin, C. T. Zheng, G. L. Zhou, and F. Chen. 2011. Effects of spray-dried animal plasma on serous and intestinal redox status and cytokines of neonatal piglets. *Journal of Animal Science* 89 (1): 150-157. <http://dx.doi.org/10.2527/jas.2010-2967>.
- GfE. 1999. *Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Legehennen und Masthühner (Broiler)*. Edited by Gesellschaft für Ernährungsphysiologie DLG Verlag, Frankfurt am Main (Dld).
- . 2008. *Recommendations for the supply of energy and nutrients to pigs*. Edited by Gesellschaft für Ernährungsphysiologie DLG Verlag, Frankfurt am Main (Dld).
- Gloaguen, M., N. Le Floch, E. Corrent, Y. Primot, and J. van Milgen. 2012. Providing a diet deficient in valine but with excess leucine results in a rapid decrease in feed intake and modifies the postprandial plasma amino acid and alpha-keto acid concentrations in pigs. *Journal of Animal Science* 90 (9): 3135-3142. <http://dx.doi.org/10.2527/jas2011-4956>.
- Goselink, R. M. A., and A. W. Jongbloed. 2012. *Zinc and copper in dairy cattle feeding*. Lelystad: Wageningen UR Livestock Research, Report 519.
- Gourdine, J. L., J. P. Bidanel, J. Noblet, and D. Renaudeau. 2006. Effects of breed and season on performance of lactating sows in a tropical humid climate. *Journal of Animal Science* 84 (2): 360-369.
- Graber, T., H. Kluge, F. Hirche, J. Broz, and G. I. Stangl. 2012. Effects of dietary benzoic acid and sodium-benzoate on performance, nitrogen and mineral balance and hippuric acid excretion of piglets. *Archives of Animal Nutrition* 66 (3): 227-236. <http://dx.doi.org/10.1080/1745039x.2012.676812>.
- Gurbuz, E., T. Balevi, V. Kurtoglu, and Y. Ozurlu. 2011. Effects of adding yeast cell walls and Yucca schidigera extract to diets of layer chicks. *British Poultry Science* 52 (5): 625-631. <http://dx.doi.org/10.1080/00071668.2011.619517>.
- Guroy, B., I. Sahin, S. Mantoglu, and S. Kayali. 2012. Spirulina as a natural carotenoid source on growth, pigmentation and reproductive performance of yellow tail cichlid *Pseudotropheus acei*. *Aquaculture International* 20 (5): 869-878. <http://dx.doi.org/10.1007/s10499-012-9512-x>.
- Hansen, S. L., P. Schlegel, L. R. Legleiter, K. E. Lloyd, and J. W. Spears. 2008. Bioavailability of copper from copper glycinate in steers fed high dietary sulfur and molybdenum. *Journal of Animal Science* 86 (1): 173-179. <http://dx.doi.org/10.2527/jas.2006-814>.
- Heo, J. M., F. O. Opapeju, J. R. Pluske, J. C. Kim, D. J. Hampson, and C. M. Nyachoti. 2012. Gastrointestinal health and function in weaned pigs: A review of feeding strategies to control post-weaning diarrhoea without using in-feed antimicrobial compounds. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1439-0396.2012.01284.x>.
- Hernandez, F., M. Lopez, S. Martinez, M. D. Megias, P. Catala, and J. Madrid. 2012. Effect of low-protein diets and single sex on production performance, plasma metabolites, digestibility, and nitrogen excretion in 1- to 48-day-old broilers. *Poultry Science* 91 (3): 683-692. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2011-01735>.
- Hill, G. M., J. E. Link, M. J. Rincker, D. L. Kirkpatrick, M. L. Gibson, and K. Karges. 2008. Utilization of distillers dried grains with solubles and phytase in sow lactation diets to meet the phosphorus requirement of the sow and reduce fecal phosphorus concentration. *Journal of Animal Science* 86 (1): 112-118. <http://dx.doi.org/10.2527/jas.2006-381>.
- Houshmand, M., K. Azhar, I. Zulkifli, M. H. Bejo, and A. Kamyab. 2012. Effects of prebiotic, protein level, and stocking density on performance, immunity, and stress indicators of broilers. *Poultry Science* 91 (2): 393-401. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2010-01050>.
- Hu, C. H., D. G. Wang, H. Y. Pan, W. B. Zheng, A. Y. Zuo, and J. X. Liu. 2012. Effects of broccoli stem and leaf meal on broiler performance, skin pigmentation, antioxidant function, and meat quality. *Poultry Science* 91 (9): 2229-2234. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2012-02142>.
- Huff, G. R., V. Dutta, W. E. Huff, and N. C. Rath. 2011. Effects of dietary yeast extract on turkey stress response and heterophil oxidative burst activity. *British Poultry Science* 52 (4): 446-455. <http://dx.doi.org/10.1080/00071668.2011.600753>.

- Hulshof, R. B. A., A. Berndt, W. J. J. Gerrits, J. Dijkstra, S. M. van Zijderveld, J. R. Newbold, and H. B. Perdok. 2012. Dietary nitrate supplementation reduces methane emission in beef cattle fed sugarcane-based diets. *Journal of Animal Science* 90 (7): 2317-2323. <http://dx.doi.org/10.2527/jas2011-4209>.
- Hunt, C. D. 2012. Dietary boron: Progress in establishing essential roles in human physiology. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* 26 (2-3): 157-160. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtemb.2012.03.014>.
- Iqbal, S., Q. Zebeli, A. Mazzolari, S. M. Dunn, and B. N. Ametaj. 2012. Barley grain-based diet treated with lactic acid and heat modulated plasma metabolites and acute phase response in dairy cows. *Journal of Animal Science* 90 (9): 3143-3152. <http://dx.doi.org/10.2527/jas2011-3983>.
- Jacela, J. Y., J. M. De Rouchey, M. D. Tokach, R. D. Goodband, J. L. Nelssen, D. G. Renter, and S. S. Dritz. 2010. Feed additives for swine: Fact sheets - High dietary levels of copper and zinc for young pigs, and phytase. *Journal of Swine Health and Production* 18 (2): 87-91.
- Jacob, J. P., B. N. Mitaru, P. N. Mbugua, and R. Blair. 1996. The effect of substituting Kenyan Serena sorghum for maize in broiler starter diets with different dietary crude protein and methionine levels. *Animal Feed Science and Technology* 61 (1-4): 27-39. [http://dx.doi.org/10.1016/0377-8401\(96\)00955-8](http://dx.doi.org/10.1016/0377-8401(96)00955-8).
- Jo, J. K., S. L. Ingale, J. S. Kim, Y. W. Kim, K. H. Kim, J. D. Lohakare, J. H. Lee, and B. J. Chae. 2012. Effects of exogenous enzyme supplementation to corn- and soybean meal-based or complex diets on growth performance, nutrient digestibility, and blood metabolites in growing pigs. *Journal of Animal Science* 90 (9): 3041-3048. <http://dx.doi.org/10.2527/jas2010-3430>.
- Jolliff, J. S., and D. C. Mahan. 2012. Effect of Dietary Inulin and Phytase on Mineral Digestibility and Tissue Retention in Weanling and Growing Swine. *Journal of Animal Science* 90 (9): 3012-3022. <http://dx.doi.org/10.2527/jas2011-4424>.
- Jozefiak, D., A. Sip, A. Rutkowski, M. Rawski, S. Kaczmarek, M. Wolun-Cholewa, R. M. Engberg, and O. Hojberg. 2012. Lyophilized *Carnobacterium divergens* AS7 bacteriocin preparation improves performance of broiler chickens challenged with *Clostridium perfringens*. *Poultry Science* 91 (8): 1899-1907. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2012-02151>.
- Kalmendal, R., and R. Tauson. 2012. Effects of a xylanase and protease, individually or in combination, and an ionophore coccidiostat on performance, nutrient utilization, and intestinal morphology in broiler chickens fed a wheat-soybean meal-based diet. *Poultry Science* 91 (6): 1387-1393. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2011-02064>.
- Kim, E. J., and A. Corzo. 2012. Interactive effects of age, sex, and strain on apparent ileal amino acid digestibility of soybean meal and an animal by-product blend in broilers. *Poultry Science* 91 (4): 908-917. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2011-01820>.
- Kiyothong, K., P. Rowlinson, M. Wanapat, and S. Khampa. 2012. Effect of mycotoxin deactivator product supplementation on dairy cows. *Animal Production Science* 52 (9): 832-841. <http://dx.doi.org/10.1071/an11205>.
- Kong, C., and O. Adeola. 2010. Apparent ileal digestibility of amino acids in feedstuffs for White Pekin ducks. *Poultry Science* 89 (3): 545-550. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2009-00485>.
- Koopmans, S. J., F. J. van der Staay, N. Le Floch, R. Dekker, J. T. M. van Diepen, and A. J. M. Jansman. 2012. Effects of surplus dietary L-tryptophan on stress, immunology, behavior, and nitrogen retention in endotoxemic pigs. *Journal of Animal Science* 90 (1): 241-251. <http://dx.doi.org/10.2527/jas.2010-3372>.
- Lehmann, M., R. Meeske, and C. W. Cruywagen. 2007. Milk production and in sacco disappearance of pasture NDF in grazing Jersey cows receiving a barley based concentrate. *South African Journal of Animal Science* 37 (2): 81-89.
- Lei, Q. B., L. X. Shi, K. Y. Zhang, X. M. Ding, S. P. Bai, and Y. G. Liu. 2011. Effect of reduced energy, protein and entire substitution of inorganic phosphorus by phytase on performance and bone mineralisation of laying hens. *British Poultry Science* 52 (2): 202-213. <http://dx.doi.org/10.1080/00071668.2011.562875>.
- Levesque, C. L., S. Moehn, P. B. Pencharz, and R. O. Ball. 2011. The threonine requirement of sows increases in late gestation. *Journal of Animal Science* 89 (1): 93-102. <http://dx.doi.org/10.2527/jas.2010-2823>.
- Liu, X., H. L. Zhao, S. Thiessen, J. D. House, and P. J. H. Jones. 2010. Effect of plant sterol-enriched diets on plasma and egg yolk cholesterol concentrations and cholesterol metabolism in laying hens. *Poultry Science* 89 (2): 270-275. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2009-00249>.

- Luebke, M. K., G. E. Erickson, T. J. Klopfenstein, M. A. Greenquist, and J. R. Benton. 2011. Effect of dietary cation-anion difference on urinary pH, feedlot performance, nitrogen mass balance, and manure pH in open feedlot pens. *Journal of Animal Science* 89 (2): 489-500. <http://dx.doi.org/10.2527/jas.2009-2458>.
- Lyons, M. P., T. T. Papazyan, and P. F. Surai. 2007. Selenium in food chain and animal nutrition: Lessons from nature - Review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 20 (7): 1135-1155.
- Manjarin, R., V. Zamora, G. Wu, J. P. Steibel, R. N. Kirkwood, N. P. Taylor, E. Wils-Plotz, K. Trifilo, and N. L. Trottier. 2012. Effect of amino acids supply in reduced crude protein diets on performance, efficiency of mammary uptake, and transporter gene expression in lactating sows. *Journal of Animal Science* 90 (9): 3088-3100. <http://dx.doi.org/10.2527/jas2011-4338>.
- Masa'deh, M. K., S. E. Purdum, and K. J. Hanford. 2011. Dried distillers grains with solubles in laying hen diets. *Poultry Science* 90 (9): 1960-1966. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2010-01184>.
- Mateo, R. D., G. Wu, H. K. Moon, J. A. Carroll, and S. W. Kim. 2008. Effects of dietary arginine supplementation during gestation and lactation on the performance of lactating primiparous sows and nursing piglets. *Journal of Animal Science* 86 (4): 827-835. <http://dx.doi.org/10.2527/jas.2007-0371>.
- Matysiak, B., E. Jacyno, M. Kawecka, A. Kolodziej-Skalska, and A. Pietruszka. 2012. The effect of plant extracts fed before farrowing and during lactation on sow and piglet performance. *South African Journal of Animal Science* 42 (1): 15-21. <http://dx.doi.org/10.4314/sajas.v42i1.2>.
- Meeske, R., A. Rothauge, G. D. van der Merwe, and J. F. Greyling. 2006. The effect of concentrate supplementation on the productivity of grazing Jersey cows on a pasture based system. *South African Journal of Animal Science* 36 (2): 105-110.
- Michiels, J., L. Maertens, J. Buyse, A. Lemme, M. Rademacher, N. A. Dierick, and S. De Smet. 2012. Supplementation of guanidinoacetic acid to broiler diets: Effects on performance, carcass characteristics, meat quality, and energy metabolism. *Poultry Science* 91 (2): 402-412. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2011-01585>.
- Mirzaie, S., M. Zaghari, S. Aminzadeh, M. Shivazad, and G. G. Mateos. 2012. Effects of wheat inclusion and xylanase supplementation of the diet on productive performance, nutrient retention, and endogenous intestinal enzyme activity of laying hens. *Poultry Science* 91 (2): 413-425. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2011-01686>.
- Moraes, M. L., A. M. L. Ribeiro, A. M. Kessler, V. S. Ledur, M. M. Fischer, L. Bockor, S. P. Cibulski, and D. Gava. 2012. Effect of CLA on performance and immune response of weanling piglets. *Journal of Animal Science* 90 (8): 2590-2598. <http://dx.doi.org/10.2527/jas2011-4115>.
- Nahashon, S. N., S. E. Aggrey, N. A. Adefope, A. Amenyenu, and D. Wright. 2010. Gompertz-Laird model prediction of optimum utilization of crude protein and metabolizable energy by French guinea fowl broilers. *Poultry Science* 89 (1): 52-57. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2009-00219>.
- Nain, S., R. A. Renema, M. J. Zuidhof, and D. R. Korver. 2012. Effect of metabolic efficiency and intestinal morphology on variability in n-3 polyunsaturated fatty acid enrichment of eggs. *Poultry Science* 91 (4): 888-898. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2011-01661>.
- National Research Council (US) Subcommittee on Beef Cattle Nutrition. 2000. "Minerals." In *Nutrient requirements of beef cattle, Update 2000*, 54-74. Washington, D.C.: National Academic Press.
- National Research Council (US) Subcommittee on Dairy Cattle Nutrition. 2001. "Minerals." In *Nutrient requirements of dairy cattle*, 105 - 161. Washington, DC: National Academy Press.
- Nielsen, F. H. 1997. Boron in human and animal nutrition. *Plant and Soil* 193 (1-2): 199-208.
- Norgaard, J. V., N. Canibe, B. Nielsen, D. Carlson, I. Knap, M. D. Cantor, and H. D. Poulsen. 2012. First studies on a new concept for amino acid provision through *B. subtilis* in situ valine production in young pigs. *Livestock Science* 147 (1-3): 33-39. <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2012.03.016>.
- NRC. 2012. *Nutrient Requirements of Swine*. Edited by The National Academies Press The National Research Council, Washington D.C., 11th rev. ed.
- NRC (National Research Council). 1994. *Nutrient requirements of Poultry*. 9th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
- O'Neill, H. V. M., G. Mathis, B. S. Lumpkins, and M. R. Bedford. 2012. The effect of reduced calorie diets, with and without fat, and the use of xylanase on performance characteristics of broilers between 0 and 42 days. *Poultry Science* 91 (6): 1356-1360. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2011-01867>.

- O'Shea, C. J., M. B. Lynch, T. Sweeney, D. A. Gahan, J. J. Callan, and J. V. O'Doherty. 2011. Comparison of a wheat-based diet supplemented with purified beta-glucans, with an oat-based diet on nutrient digestibility, nitrogen utilization, distal gastrointestinal tract composition, and manure odor and ammonia emissions from finishing pigs. *Journal of Animal Science* 89 (2): 438-447. <http://dx.doi.org/10.2527/jas.2010-2882>.
- Opalinski, S., B. Dolinska, M. Korczynski, K. Chojnacka, Z. Dobrzanski, and F. Ryszka. 2012. Effect of iodine-enriched yeast supplementation of diet on performance of laying hens, egg traits, and egg iodine content. *Poultry Science* 91 (7): 1627-1632. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2011-02031>.
- Pallarés, F. J., M. J. Yaeger, B. H. Janke, G. Fernández, and P. G. Halbur. 2002. Vitamin E and selenium concentrations in livers of pigs diagnosed with mulberry heart disease. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation* 14 (5): 412-414.
- Peers, D., and K. Phillips. *Trace element supplementation of beef cattle and sheep* [http://www.eblex.org.uk/documents/content/returns/brp_plus_trace_element_report260911.pdf 28-11-2012] 2012.
- Perez-Bonilla, A., M. Frikha, S. Mirzaie, J. Garcia, and G. G. Mateos. 2011. Effects of the main cereal and type of fat of the diet on productive performance and egg quality of brown-egg laying hens from 22 to 54 weeks of age. *Poultry Science* 90 (12): 2801-2810. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2011-01503>.
- Perez-Bonilla, A., C. Jabbour, M. Frikha, S. Mirzaie, J. Garcia, and G. G. Mateos. 2012. Effect of crude protein and fat content of diet on productive performance and egg quality traits of brown egg-laying hens with different initial body weight. *Poultry Science* 91 (6): 1400-1405. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2011-01917>.
- Pirgozliev, V., T. Acamovic, and M. R. Bedford. 2011. The effect of previous exposure to dietary microbial phytase on the endogenous excretions of energy, nitrogen and minerals from turkeys. *British Poultry Science* 52 (1): 66-71. <http://dx.doi.org/10.1080/00071668.2010.529873>.
- Quinn, M. J., M. L. May, N. DiLorenzo, C. H. Ponce, D. R. Smith, S. L. Parr, and M. L. Galyean. 2011. Effects of roughage source and distillers grain concentration on beef cattle finishing performance, carcass characteristics, and in vitro fermentation. *Journal of Animal Science* 89 (8): 2631-2642. <http://dx.doi.org/10.2527/jas.2010-3563>.
- Ren, L. Q., H. Z. Tan, F. Zhao, J. T. Zhao, J. Z. Zhang, and H. F. Zhang. 2012. Using corn starch as basal diet to determine the true metabolizable energy of protein feedstuffs in Chinese Yellow chickens. *Poultry Science* 91 (6): 1394-1399. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2011-01838>.
- Rico, D. E., Y. H. Chung, C. M. Martinez, T. W. Cassidy, K. S. Heyler, and G. A. Varga. 2012. Effects of partially replacing dietary starch with dry glycerol in a lactating cow diet on ruminal fermentation during continuous culture. *Journal of Dairy Science* 95 (6): 3310-3317. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2011-5059>.
- Riley, T. 2012. 2012 Alltech Global Feed Summary. <http://www.alltech.com/news/news-articles/2012/01/23/global-feed-tonnage-reaches-record-873-million>: 1-4.
- Rimbach, G., J. Pallauf, J. Moehring, K. Kraemer, and A. M. Minihaue. 2008. Effect of dietary phytate and microbial phytase on mineral and trace element bioavailability - A literature review. *Current Topics in Nutraceutical Research* 6 (3): 131-144.
- Robles, V., L. A. Gonzalez, A. Ferret, X. Manteca, and S. Calsamiglia. 2007. Effects of feeding frequency on intake, ruminal fermentation, and feeding behavior in heifers fed high-concentrate diets. *Journal of Animal Science* 85 (10): 2538-2547. <http://dx.doi.org/10.2527/jas.2006-739>.
- Rojas, O. J., and H. H. Stein. 2012. Digestibility of Phosphorus by Growing Pigs of Fermented and Conventional Soybean Meal Without and With Microbial Phytase. *Journal of Animal Science* 90 (5): 1506-1512. <http://dx.doi.org/10.2527/jas2011-4103>.
- Romero, C., M. E. Abdalh, W. Powers, R. Angel, and T. J. Applegate. 2012. Effect of dietary adipic acid and corn dried distillers grains with solubles on laying hen performance and nitrogen loss from stored excreta with or without sodium bisulfate. *Poultry Science* 91 (5): 1149-1157. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2011-02020>.
- Rostagno, H. S., L. F. T. Albino, J. L. Donzele, P. C. Gomes, R. F. De Oliveira, D. C. Lopes, A. S. Ferreira, and S. L. De Toledo Barreto. 2005. *Tablas Brasileñas para Aves y Cerdos*. Edited by Brasil Universidad Federal de Vicosa - Departamento de Zootecnia.

- Rutherford, S. M., T. K. Chung, D. V. Thomas, M. L. Zou, and P. J. Moughan. 2012. Effect of a novel phytase on growth performance, apparent metabolizable energy, and the availability of minerals and amino acids in a low-phosphorus corn-soybean meal diet for broilers. *Poultry Science* 91 (5): 1118-1127. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2011-01702>.
- Sacranie, A., B. Svihus, V. Denstadli, B. Moen, P. A. Iji, and M. Choct. 2012. The effect of insoluble fiber and intermittent feeding on gizzard development, gut motility, and performance of broiler chickens. *Poultry Science* 91 (3): 693-700. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2011-01790>.
- Sauer, N., M. Eklund, E. Bauer, M. G. Ganzle, C. J. Field, R. T. Zijlstra, and R. Mosenthin. 2012. The effects of pure nucleotides on performance, humoral immunity, gut structure and numbers of intestinal bacteria of newly weaned pigs. *Journal of Animal Science* 90 (9): 3126-3134. <http://dx.doi.org/10.2527/jas2011-4417>.
- Serena, A., M. S. Hedemann, and K. E. B. Knudsen. 2008. Influence of dietary fiber on luminal environment and morphology in the small and large intestine of sows. *Journal of Animal Science* 86 (9): 2217-2227. <http://dx.doi.org/10.2527/jas.2006-062>.
- Shang, H. M., T. M. Hu, Y. J. Lu, and H. X. Wu. 2010. Effects of inulin on performance, egg quality, gut microflora and serum and yolk cholesterol in laying hens. *British Poultry Science* 51 (6): 791-796. <http://dx.doi.org/10.1080/00071668.2010.531005>.
- Sharifi, S. D., A. Dibamehr, H. Lotfollahian, and B. Baurhoo. 2012. Effects of flavomycin and probiotic supplementation to diets containing different sources of fat on growth performance, intestinal morphology, apparent metabolizable energy, and fat digestibility in broiler chickens. *Poultry Science* 91 (4): 918-927. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2011-01844>.
- Shastak, Y., M. Witzig, K. Hartung, and M. Rodehutschord. 2012. Comparison of retention and prececal digestibility measurements in evaluating mineral phosphorus sources in broilers. *Poultry Science* 91 (9): 2201-2209. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2011-02063>.
- Shen, Y. B., G. Voilque, J. Odle, and S. W. Kim. 2012. Dietary L-Tryptophan Supplementation with Reduced Large Neutral Amino Acids Enhances Feed Efficiency and Decreases Stress Hormone Secretion in Nursery Pigs under Social-Mixing Stress. *Journal of Nutrition* 142 (8): 1540-1546. <http://dx.doi.org/10.3945/jn.112.163824>.
- Smits, R. J., D. J. Henman, and R. H. King. 2013. Increasing the energy content of lactation diets fed to first-litter sows reduces weight loss and improves productivity over two parities. *Animal Production Science* 53 (1): 23-29. <http://dx.doi.org/10.1071/an11362>.
- Smits, R. J., B. G. Luxford, M. Mitchell, and M. B. Nottle. 2011. Sow litter size is increased in the subsequent parity when lactating sows are fed diets containing n-3 fatty acids from fish oil. *Journal of Animal Science* 89 (9): 2731-2738. <http://dx.doi.org/10.2527/jas.2010-3593>.
- Song, M., T. M. Che, Y. Liu, J. A. Soares, B. G. Harmon, and J. E. Pettigrew. 2012. Effects of dietary spray-dried egg on growth performance and health of weaned pigs. *Journal of Animal Science* 90 (9): 3080-3087. <http://dx.doi.org/10.2527/jas2011-4305>.
- Sterk, A., A. M. Van Vuuren, W. H. Hendriks, and J. Dijkstra. 2012. Effects of different fat sources, technological forms and characteristics of the basal diet on milk fatty acid profile in lactating dairy cows - a meta-analysis. *Journal of Agricultural Science* 150: 495-517. <http://dx.doi.org/10.1017/s0021859611000979>.
- Sun, Q., Y. Guo, J. Li, T. Zhang, and J. Wen. 2012. Effects of methionine hydroxy analog chelated Cu/Mn/Zn on laying performance, egg quality, enzyme activity and mineral retention of laying hens. *Journal of Poultry Science* 49 (1): 20-25. <http://dx.doi.org/10.2141/jpsa.011055>.
- Suttle, N. 2010. *Mineral Nutrition of Livestock*. Edited by Wallingford CABI, UK.
- Tactacan, G. B., M. Jing, S. Thiessen, J. C. Rodriguez-Lecompte, D. L. O'Connor, W. Guenter, and J. D. House. 2010. Characterization of folate-dependent enzymes and indices of folate status in laying hens supplemented with folic acid or 5-methyltetrahydrofolate. *Poultry Science* 89 (4): 688-696. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2009-00417>.
- Tahmasbi, A. M., M. T. Mirakzahi, S. J. Hosseini, M. J. Agah, and M. K. Fard. 2012. The effects of phytase and root hydroalcoholic extract of *Withania somnifera* on productive performance and bone mineralisation of laying hens in the late phase of production. *British Poultry Science* 53 (2): 204-214. <http://dx.doi.org/10.1080/00071668.2012.662628>.
- Taras, D., W. Vahjen, M. Macha, and O. Simon. 2006. Performance, diarrhea incidence, and occurrence of *Escherichia coli* virulence genes during long-term administration of a probiotic *Enterococcus faecium* strain to sows and piglets. *Journal of Animal Science* 84 (3): 608-617.
- Tatara, M. R., W. Krupski, M. Jankowski, Z. Zdunczyk, J. Jankowski, and T. Studzinski. 2011. Effects of dietary calcium content and vitamin D source on skeletal properties in growing turkeys. *British Poultry Science* 52 (6): 718-729. <http://dx.doi.org/10.1080/00071668.2011.631984>.

- Tran, H., R. Moreno, E. E. Hinkle, J. W. Bundy, J. Walter, T. E. Burkey, and P. S. Miller. 2012. Effects of lactose and yeast-dried milk on growth performance, fecal microbiota, and immune parameters of nursery pigs. *Journal of Animal Science* 90 (9): 3049-3059. <http://dx.doi.org/10.2527/jas2011-4544>.
- Twibell, R. G., A. L. Gannam, N. M. Hyde, J. S. A. Holmes, and J. B. Poole. 2012. Effects of fish meal and fish oil-free diets on growth responses and fatty acid composition of juvenile coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Aquaculture* 360: 69-77. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.07.019>.
- USGS Minerals Information. 2011. <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/>.
- Valkeners, D., A. Thewis, M. Van Laere, and Y. Beckers. 2008. Effect of rumen-degradable protein balance deficit on voluntary intake, microbial protein synthesis, and nitrogen metabolism in growing double-muscling Belgian Blue bulls fed corn silage-based diet. *Journal of Animal Science* 86 (3): 680-690. <http://dx.doi.org/10.2527/jas.2007-0258>.
- Van Wyhe, R. C., S. E. Fraley, C. A. Szybisty, D. M. Karcher, and E. L. Karcher. 2012. Effect of snack food by-product inclusion on production of laying hens. *Poultry Science* 91 (6): 1406-1409. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2011-02041>.
- Vieira, S. L. 2008. Chelated minerals for poultry. *Revista Brasileira de Ciencia Avicola* 10 (2): 73-79.
- Voortman, R. L. 2012. Micronutrients in agriculture and the world food system. edited by VU University Centre for World Food Studies (SOW-VU), Amsterdam.
- Vyas, D., B. B. Teter, and R. A. Erdman. 2012. Milk fat responses to dietary supplementation of short- and medium-chain fatty acids in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 95 (9): 5194-5202. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2011-5277>.
- Waguespack, A. M., T. D. Bidner, R. L. Payne, and L. L. Southern. 2012. Valine and isoleucine requirement of 20- to 45-kilogram pigs. *Journal of Animal Science* 90 (7): 2276-2284. <http://dx.doi.org/10.2527/jas2011-4454>.
- Wang, A. P., J. M. Zhang, Y. L. Meng, L. Q. Deng, Y. F. Lv, C. Li, and J. Q. Wang. 2012. Effects of different sources and levels of dietary gossypol on gossypol residues in plasma and milk of lactating cows. *Journal of Dairy Science* 95 (9): 5127-5132. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2011-4870>.
- Wang, Y., Z. Yuan, H. Zhu, M. Ding, and S. Fan. 2005. Effect of cyadox on growth and nutrient digestibility in weanling pigs. *South African Journal of Animal Science* 35 (2): 117-125.
- Woyengo, T. A., and C. M. Nyachoti. 2012. Ileal digestibility of amino acids for zero-tannin faba bean (*Vicia faba* L.) fed to broiler chicks. *Poultry Science* 91 (2): 439-443. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2011-01678>.
- Wu, L. Y., Y. J. Fang, and X. Y. Guo. 2011. Dietary L-arginine supplementation beneficially regulates body fat deposition of meat-type ducks. *British Poultry Science* 52 (2): 221-226. <http://dx.doi.org/10.1080/00071668.2011.559452>.
- Xu, C. X., Y. K. Oh, H. G. Lee, T. G. Kim, Z. H. Li, J. L. Yin, Y. C. Jin, et al. 2008. Effect of feeding high-temperature, microtime-treated diets with different lipid sources on conjugated linoleic acid formation in finishing Hanwoo steers. *Journal of Animal Science* 86 (11): 3033-3044. <http://dx.doi.org/10.2527/jas.2007-0533>.
- Yang, W. Z., Y. L. Li, T. A. McAllister, J. J. McKinnon, and K. A. Beauchemin. 2012. Wheat distillers grains in feedlot cattle diets: Feeding behavior, growth performance, carcass characteristics, and blood metabolites. *Journal of Animal Science* 90 (4): 1301-U296. <http://dx.doi.org/10.2527/jas.2011-4372>.
- Yesilbag, D., S. S. Gezen, H. Biricik, and T. Bulbul. 2012. Effect of a rosemary and oregano volatile oil mixture on performance, lipid oxidation of meat and haematological parameters in Pharaoh quails. *British Poultry Science* 53 (1): 89-97. <http://dx.doi.org/10.1080/00071668.2012.654763>.
- Yuan, D., X. A. Zhan, and Y. X. Wang. 2012. Effect of selenium sources on the expression of cellular glutathione peroxidase and cytoplasmic thioredoxin reductase in the liver and kidney of broiler breeders and their offspring. *Poultry Science* 91 (4): 936-942. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2011-01921>.
- Yue, H. Y., J. Wang, X. L. Qi, F. Ji, M. F. Liu, S. G. Wu, H. J. Zhang, and G. H. Qi. 2011. Effects of dietary oxidized oil on laying performance, lipid metabolism, and apolipoprotein gene expression in laying hens. *Poultry Science* 90 (8): 1728-1736. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2011-01354>.
- Zachut, M., A. Arieli, H. Lehrer, L. Livshitz, S. Yakoby, and U. Moallem. 2010. Effects of increased supplementation of n-3 fatty acids to transition dairy cows on performance and fatty acid profile in plasma, adipose tissue, and milk fat. *Journal of Dairy Science* 93 (12): 5877-5889. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2010-3427>.

- Zahroojian, N., H. Moravej, and M. Shivazad. 2011. Comparison of marine algae (*Spirulina platensis*) and synthetic pigment in enhancing egg yolk colour of laying hens. *British Poultry Science* 52 (5): 584-588. <http://dx.doi.org/10.1080/00071668.2011.610779>.
- Zened, A., A. Troegeler-Meynadier, T. Najar, and F. Enjalbert. 2012. Effects of oil and natural or synthetic vitamin E on ruminal and milk fatty acid profiles in cows receiving a high-starch diet. *Journal of Dairy Science* 95 (10): 5916-5926. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2012-5326>.
- Zhang, W., K. Y. Zhang, X. M. Ding, S. P. Bai, J. M. Hernandez, B. Yao, and Q. Zhu. 2011. Influence of canthaxanthin on broiler breeder reproduction, chick quality, and performance. *Poultry Science* 90 (7): 1516-1522. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2010-01126>.
- Zhou, X. D., X. F. Dong, J. M. Tong, P. Xu, and Z. M. Wang. 2012. High levels of vitamin E affect retinol binding protein but not CYP26A1 in liver and hepatocytes from laying hens. *Poultry Science* 91 (5): 1135-1141. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2011-01914>.
- Zhu, C., Z. Y. Jiang, S. Q. Jiang, G. L. Zhou, Y. C. Lin, F. Chen, and P. Hong. 2012. Maternal energy and protein affect subsequent growth performance, carcass yield, and meat color in Chinese Yellow broilers. *Poultry Science* 91 (8): 1869-1878. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2011-02059>.
- Zhu, L. H., K. L. Zhao, X. L. Chen, and J. X. Xu. 2012. Impact of weaning and an antioxidant blend on intestinal barrier function and antioxidant status in pigs. *Journal of Animal Science* 90 (8): 2581-2589. <http://dx.doi.org/10.2527/jas2012-4444>.
- Zyla, K., M. Mika, R. Dulinski, S. Swiatkiewicz, J. Koreleski, H. Pustkowiak, and J. Piironen. 2012. Effects of inositol, inositol-generating phytase B applied alone, and in combination with 6-phytase A to phosphorus-deficient diets on laying performance, eggshell quality, yolk cholesterol, and fatty acid deposition in laying hens. *Poultry Science* 91 (8): 1915-1927. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2012-02198>.

Bijlagen

Bijlage 1 Toegevoegde gehalten aan micronutriënten (mg/kg) in rundveevoeders in wetenschappelijke studies

Werelddeel	Diersoort	Koper	Zink	Selenium	Kobalt	Molybdeen	Borium	Bron
Amerika	Melkvee	9	38	0	0,05	0	0	(Iqbal et al., 2012)
Amerika	Melkvee	18	55	0,33	0	0	0	(Rico et al., 2012)
Amerika	Melkvee	10	37	0,33	0,76	0	0	(Vyas et al., 2012)
Amerika	Melkvee	14	57	0	0,07	0	0	(Abdelqader and Oba, 2012)
Azië/Pac.	Melkvee	21	5	0,30	0	0	0	(Dayani et al., 2011)
Azië/Pac.	Melkvee	23	16	0,30	3,0	0	0	(Kiyothong et al., 2012)
Europa	Melkvee	6	28	0	0,11	0	0	(Zened et al., 2012)
Europa	Melkvee	52	0	0,65	0	0	0	(Al Ibrahim et al., 2010)
Europa	Melkvee	8	0	0,16	0	0	0	(Sterk et al., 2012)
Europa	Melkvee	23	91	0,36	0,46	0	0	(Cabrita et al., 2011)
MO/Afrika	Melkvee	6	12	0,16	0,16	0	0	(Zachut et al., 2010)
MO/Afrika	Melkvee	38	75	0	2,5	0	0	(Meeske et al., 2006)
MO/Afrika	Melkvee	45	0	0,5	4,3	0	0	(Lehmann et al., 2007)
Amerika	Vleesvee	15	65	0,30	0,20	0	0	(Yang et al., 2012)
Amerika	Vleesvee	2,5	30	0	0,25	0	0	(Luebbe et al., 2011)
Amerika	Vleesvee	10	15	0,20	0	0	0	(Freeman et al., 2008)
Amerika	Vleesvee	10	60	0,25	0,10	0	0	(Quinn et al., 2011)
Azië/Pac.	Vleesvee	28	210	0,28	1,4	0	0	(Xu et al., 2008)
Azië/Pac.	Vleesvee	25	108	0,67	0,54	0	0	(Wang et al., 2012)
Europa	Vleesvee	42	140	0,70	2,60	0	0	(Hulshof et al., 2012)
Europa	Vleesvee	10	30	0,2	0,1	0	0	(Hansen et al., 2008)
Europa	Vleesvee	25	150	0,5	0	0	0	(Valkeners et al., 2008)
Europa	Vleesvee	10	0	0	0	0	0	(Robles et al., 2007)
MO/Afrika	Vleesvee	10	60	0,30	0	0	0	(Drouillard et al., 2012)

Bijlage 2 Toegevoegde gehalten aan micronutriënten (mg/kg) in varkensvoerders in wetenschappelijke studies

Werelddeel	Diersoort	Koper	Zink	Selenium	Kobalt	Molybdeen	Borium	Bron
Amerika	Biggen	6	100	0,30	0	0	0	(Jolliff and Mahan, 2012)
Amerika	Biggen	10	125	0,30	0	0	0	(Tran et al., 2012)
Amerika	Biggen	10	60	0,30	0	0	0	(Song et al., 2012)
Amerika	Biggen	13	128	0,48	0	0	0	(Moraes et al., 2012)
Azië/Pac.	Biggen	125	200	0,30	0	0	0	(Zhu, Zhao, et al., 2012)
Azië/Pac.	Biggen	17	165	0,30	0	0	0	(Shen et al., 2012)
Azië/Pac.	Biggen	250	200	0,30	0,30	0	0	(Gao et al., 2011)
Azië/Pac.	Biggen	20	100	0,30	0,30	0	0	(Wang et al., 2005)
Europa	Biggen	39	104	0,40	0	0	0	(Sauer et al., 2012)
Europa	Biggen	20	100	0,30	1,0	0	0	(Gloaguen et al., 2012)
Europa	Biggen	15	54	0,25	0,15	0	0	(Koopmans et al., 2012)
Europa	Biggen	41	50	0,075	0	0	0	(Norgaard et al., 2012)
Europa	Biggen	15	44	0,20	0,30	0	0	(Graber et al., 2012)
MO/Afrika	Biggen	7	120	0,30	0,40	0	0	(Emiola and Gous, 2011)
Amerika	Vleesvarkens	6	80	0,30	0	0	0	(Jolliff and Mahan, 2012)
Amerika	Vleesvarkens	15	100	0,15	0	0	0	(Agyekum et al., 2012)
Amerika	Vleesvarkens	13	127	0,30	0	0	0	(Waguespack et al., 2012)
Amerika	Vleesvarkens	10	100	0,30	0	0	0	(Rojas and Stein, 2012)
Azië/Pac.	Vleesvarkens	50	25	0,13	0,25	0	0	(Jo et al., 2012)
Azië/Pac.	Vleesvarkens	60	120	0	0,3	0	0	(Fernandez-Figares et al., 2008)
Europa	Vleesvarkens	25	100	0,09	0,40	0	0	(Cerisuelo et al., 2012)
Europa	Vleesvarkens	25	100	0,30	0	0	0	(O'Shea et al., 2011)
Europa	Vleesvarkens	20	80	0,30	0	0	0	(Canibe et al., 2005)
Amerika	Fokzeugen	50	50	0,15	0	0	0	(Manjarin et al., 2012)
Amerika	Fokzeugen	50	125	0,30	0	0	0	(Levesque et al., 2011)
Amerika	Fokzeugen	10	100	0,30	0	0	0	(Hill et al., 2008)
Amerika	Fokzeugen	10	104	0,23	0	0	0	(Mateo et al., 2008)
Europa	Fokzeugen	18	99	0,40	0	0	0	(Matysiak et al., 2012)
Europa	Fokzeugen	20	150	0,30	0	0	0	(Serena et al., 2008)
Europa	Fokzeugen	10	100	0,15	0	0	0	(Gourdine et al., 2006)
Europa	Fokzeugen	23	75	0,30	0,6	0	0	(Taras et al., 2006)
Azië/Pac.	Fokzeugen	20	100	0,30	0	0	0	(Smits et al., 2013)
Azië/Pac.	Fokzeugen	20	100	0,30	0	0	0	(Smits et al., 2011)
Azië/Pac.	Fokzeugen	41	80	0,11	0	0	0	(Cong et al., 2012)
Azië/Pac.	Fokzeugen	10	118	0,30	0	0	0	(Bai et al., 2012)

Bijlage 3 Toegevoegde gehalten aan micronutriënten (mg/kg) in pluimveevoeders in wetenschappelijke studies

Werelddeel	Diersoort	Koper	Zink	Selenium	Kobalt	Molybdeen	Borium	Bron
Amerika	Leghen	10	70	0.3	0	0	0	(Gakhar et al., 2012)
Amerika	Leghen	15	80	0.1	0	0	0	(Nain et al., 2012)
Amerika	Leghen	1.8	14	0.06	0	0	0	(Van Wyhe et al., 2012)
Amerika	Leghen	7	88	0.3	0	0	0	(Masa'deh et al., 2011)
Amerika	Leghen	10	70	0.3	0	0	0	(Liu et al., 2010)
Amerika	Leghen	10	70	0.3	0	0	0	(Tactacan et al., 2010)
Azië/Pac.	Leghen	8	70	0.3	0	0	0	(Zhou et al., 2012)
Azië/Pac.	Leghen	8	66	0.3	0	0	0	(Yue et al., 2011)
Azië/Pac.	Leghen	8	80	0.3	0.25	0	0	(Choe et al., 2012)
Azië/Pac.	Leghen	9	66	0.3	0	0	0	(Zahroojian et al., 2011)
Azië/Pac.	Leghen	8	80	0.3	0	0	0	(Lei et al., 2011)
Azië/Pac.	Leghen	16	40	0.12	0	0	0	(Shang et al., 2010)
Europa	Leghen	7	71	0.25	0	0	0	(Romero et al., 2012)
Europa	Leghen	5	60	0.15	0.1	0	0	(Bozkurt et al., 2012)
Europa	Leghen	5	50	0.3	0	0	0	(Perez-Bonilla et al., 2012)
Europa	Leghen	9	80	0.4	1	0	0	(Opalinski et al., 2012)
Europa	Leghen	6	50	0.1	0.2	0	0	(Zyla et al., 2012)
Europa	Leghen	5	70	0.3	0	0	0	(Perez-Bonilla et al., 2011)
MO/Afrika	Leghen	6	66	0.2	0.2	0	0	(Mirzaie et al., 2012)
MO/Afrika	Leghen	20	62	0.22	0	0	0	(Tahmasbi et al., 2012)
MO/Afrika	Leghen	4	40	0.2	0	0	0	(Al-Harhi et al., 2011)
Amerika	Overig	10	100	0.1	0	0	0	(Huff et al., 2011)
Amerika	Overig	18	125	0.25	0	0	0	(Ekmay et al., 2012)
Amerika	Overig	5	55	0.3	0	0	0	(Nahashon et al., 2010)
Amerika	Overig	4.5	44	0.3	0	0	0	(Kong and Adeola, 2010)
Azië/Pac.	Overig	7	72	0.25	0	0	0	(Yuan et al., 2012)
Azië/Pac.	Overig	25	100	0.3	0	0	0	(Zhang et al., 2011)
Azië/Pac.	Overig	4	45	0.3	0.4	0	0	(Gurbuz et al., 2011)
Azië/Pac.	Overig	8	80	0.3	0	0	0	(Wu et al., 2011)
Europa	Overig	10	80	0.2	0.5	0.5	0	(Pirgozliev et al., 2011)
Europa	Overig	0.5	90	0.2	0	0	0	(Tatara et al., 2011)
Europa	Overig	6	50	0.2	0	0	0	(Yesilbag et al., 2012)
Europa	Overig	10	60	0.35	0.25	0	0	(Boguhn and Rodehutsord, 2010)
MO/Afrika	Overig	8	40	0.1	0	0	0	(Attia et al., 2012)
Amerika	Vleeskuiken	10	80	0.3	0	0	0	(Woyengo and Nyachoti, 2012)
Amerika	Vleeskuiken	4.4	44	0.3	0	0	0	(Adeola and Zhai, 2012)
Amerika	Vleeskuiken	1.5	15	0.1	0	0	0	(Adedokun et al., 2012)
Amerika	Vleeskuiken	12	90	0.3	0	0	0	(Kim and Corzo, 2012)
Amerika	Vleeskuiken	5	50	0.3	0	0	0	(Amerah et al., 2012)
Amerika	Vleeskuiken	5	50	0.3	0	0	0	(O'Neill et al., 2012)
Azië/Pac.	Vleeskuiken	8	70	0.35	0.2	0	0	(Houshmand et al., 2012)
Azië/Pac.	Vleeskuiken	15	105	0.3	0	0	0	(Sacranie et al., 2012)
Azië/Pac.	Vleeskuiken	5	60	0	0.3	0	0	(Rutherford et al., 2012)
Azië/Pac.	Vleeskuiken	8	80	0.3	0	0	0	(Ren et al., 2012)

Rapport 673

Azië/Pac.	Vleeskuiken	7	72	0.48	0	0	0	(Zhu, Jiang, et al., 2012)
Azië/Pac.	Vleeskuiken	8	40	0.15	0	0	0	(Hu et al., 2012)
Europa	Vleeskuiken	20	60	0.36	1	0	0	(Michiels et al., 2012)
Europa	Vleeskuiken	10	80	0.3	0.05	0	0	(Hernandez et al., 2012)
Europa	Vleeskuiken	16	120	0.35	0	0	0	(Kalmendal and Tauson, 2012)
Europa	Vleeskuiken	20	55	0.3	0	0	0	(Jozefiak et al., 2012)
Europa	Vleeskuiken	15	80	0.5	0.6	0	0	(Shastak et al., 2012)
Europa	Vleeskuiken	15	70	0.4	1	0	0	(Delezie et al., 2012)
MO/Afrika	Vleeskuiken	8	34	0.25	0	0	0	(Sharifi et al., 2012)
MO/Afrika	Vleeskuiken	10	85	0.2	0	0	0	(Esmaeilipour et al., 2012)
MO/Afrika	Vleeskuiken	6	63	0.2	0	0	0	(Jacob et al., 1996)

Bijlage 4 Toegevoegde gehalten aan micronutriënten (mg/kg) in visvoerders in wetenschappelijke studies

Werelddeel	Diersoort	Koper	Zink	Selenium	Kobalt	Molybdeen	Borium	Bron
Amerika	Vis	2	0	75	0	0	0	(Twibell et al., 2012)
Azië	Vis	6	46	0,50	0,50	0	0	(Amirkolaie et al., 2012)
Amerika	Leghen	40	150	0,75	0	0	0	(Buyukcapar and Kamalak, 2006)
Amerika	Leghen	18	135	0,30	0	0	0	(Guroy et al., 2012)



Wageningen UR Livestock Research

Edelhertweg 15, 8219 PH Lelystad T 0320 238238 F 0320 238050

E info.livestockresearch@wur.nl | www.livestockresearch.wur.nl