

Effectbeoordeling van invoering van Verordening EU/2019/1009 op de aanvoer van zware metalen in Nederland

P.A.I. Ehlert, R.P.J.J. Rietra, P.F.A.M. Römkens, L. Timmermans en L. Veenemans

| WOt-technical report 219



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH



**Effectbeoordeling van invoering van Verordening EU/2019/1009 op de
aanvoer van zware metalen in Nederland**

Dit Technical report is gemaakt conform het Kwaliteitsmanagementsysteem (KMS) van de unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, onderdeel van Wageningen University & Research.

De WOT Natuur & Milieu voert wettelijke onderzoekstaken uit op het beleidsterrein natuur en milieu. Deze taken worden uitgevoerd om een wettelijke verantwoordelijkheid van de Minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) te ondersteunen. We zorgen voor rapportages en data voor (inter)nationale verplichtingen op het gebied van agromilieu, biodiversiteit en bodeminformatie, en werken mee aan producten van het Planbureau voor de Leefomgeving zoals de Balans van de Leefomgeving.

Disclaimer WOt-publicaties

De reeks 'WOt-technical reports' bevat onderzoeksresultaten van projecten die kennisorganisaties voor de unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu hebben uitgevoerd.

WOt-technical report 219 is het resultaat van onderzoek gefinancierd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV).

Effectbeoordeling van invoering van Verordening EU/2019/1009 op de aanvoer van zware metalen in Nederland

P.A.I. Ehlert, R.P.J.J. Rietra, P.F.A.M. Römkens, L. Timmermans en L. Veenemans

Wageningen Environmental Research

BAPS-projectnummer WOT-04-008-031.01

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu

Wageningen, juni 2022

WOT-technical report 219

ISSN 2352-2739

DOI [10.18174/568123](https://doi.org/10.18174/568123)

Referaat

Ehlert, P.A.I., R.P.J.J. Rietra, P.F.A.M. Römken, L. Timmermans en L. Veenemans (2022). *Effectbeoordeling van invoering van Verordening EU/2019/1009 op de aanvoer van zware metalen in Nederland*. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOT-technical report 219. 89 blz.; 6 fig.; 28 tab.; 60 ref; 8 bijlagen.

Op 16 juli 2022 treedt de Verordening (EU) 2019/1009 (genaamd *Fertilising Products Regulation*, FPR) in werking, inzake het op de markt aanbieden van EU-bemestingsproducten. Dit leidt tot vragen over het nut of de noodzaak van het aanpassen van de Nederlandse Meststoffenwet. Via meststoffen worden onvermijdelijk ook contaminanten, zowel organische als anorganische, aangevoerd naar de bodem. In dit rapport worden effecten van de nieuwe Europese wetgeving op de vracht aan zware metalen berekend voor diverse scenario's. De nadruk ligt daarbij op het kwantificeren van de mogelijke toekomstige vracht van metalen indien normen zoals opgenomen in de *Fertilising Products Regulation* sturend worden voor de kwaliteit van meststoffen. Deze vergelijken we met de huidige vracht en de vracht volgens de huidige Meststoffenwet, waarbij deels nieuwe gegevens van meststoffen gebruikt worden. Daarnaast evalueren we de gevolgen van het toenemend gebruik van nieuwe grondstoffen voor meststoffen, zoals *biochar*, *houtas* en *struviet* zoals opgenomen in de FPR. Tot slot evalueren we de mogelijkheden van het gebruiken van maximum *residue limits* in food en feed als grondslag voor het afleiden van normen in meststoffen met het oog op risico's voor mens en milieu.

Trefwoorden: Meststoffenverordening, Meststoffenwet, vrijhandelsverkeer, zware metalen, meststoffen, bemestingsproduct, dierlijke mest, co-vergistingmaterialen, bioafval, FPR, Fertilising Products Regulation, verordening, meststoffen, zware metalen, bodem, MRL.

Abstract

Ehlert, P.A.I., R.P.J.J. Rietra, P.F.A.M. Römken, L. Timmermans & L. Veenemans (2022). *Assessment of the effect of introducing Regulation EU/2019/1009 on the input of heavy metals to soils in the Netherlands*. Wageningen, The Statutory Research Tasks Unit for Nature and the Environment (WOT Natuur & Milieu), WOT-technical report 219. 89 p.; 6 Figs; 28 Tabs; 60 Refs; 8 Annexes.

Regulation (EU) 2019/1009 on the making available on the market of EU fertilising products (the Fertilising Products Regulation, FPR) will enter into force on 16 July 2022. This raises questions about the need for or benefit of amending the Dutch Fertiliser Act (*Meststoffenwet*). Fertilising products contain contaminants, both organic and inorganic, and these are unavoidably introduced into the soil when the fertilising product is applied. This report presents calculations of the impacts of this new EU legislation on the heavy metal load under a number of scenarios. The emphasis is on quantifying the possible future metal loads if fertilising product quality is determined by the standards under the FPR. We compare these results with the current heavy metal loads and the loads as regulated under the Fertiliser Act using partially new data on fertilising products. In addition, we evaluate the consequences of the growing use of new raw materials in fertilising products, such as biochar, wood ash and struvite, as included in the FPR. Finally, in view of the risks to human health and the environment, we evaluate the possibilities of using maximum residue limits in food and feed as the basis for deriving fertiliser standards.

Keywords: Fertilising Products Regulation, Fertiliser Act, free trade, heavy metals, fertilisers, fertilising product, manure, co-digestion materials, biowaste, FPR, regulation, soil, maximum residue limit value

Foto omslag: Shutterstock

© 2022 **Wageningen Environmental Research**

Postbus 47, 6700 AA Wageningen

Tel: (0317) 486496; e-mail: paul.romkens@wur.nl

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu (unit binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 54 71, info.wnm@wur.nl, www.wur.nl/wotnatuurenmilieu.

WOT Natuur & Milieu is onderdeel van Wageningen University & Research.

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/568123> of op www.wur.nl/wotnatuurenmilieu. De WOT Natuur & Milieu verstrekt geen gedrukte exemplaren van rapporten.

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Woord vooraf

De Europese Commissie werkt toe naar een circulaire economie. Een actieplan is opgesteld om hergebruik te bevorderen. Een van de acties is het vervangen van de huidige Europese mestregelgeving EC/2003/2003 voor minerale meststoffen en kalkmeststoffen door een nieuwe Europese verordening EC/2019/1009 betreffende het op de markt brengen van EU-bemestingsproducten. In tegenstelling tot EC/2003/2003 regelt de nieuwe Europese verordening bemestingsproducten alle bemestingsproducten, ook van plantaardige en/of dierlijke oorsprong. Door de publicatie van de nieuwe verordening is implementatie in de Nederlandse Meststoffenwet nodig. De Commissie Deskundigen Meststoffenwet (CDM) heeft op verzoek van het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselveiligheid onderzocht wat de impact is van de implementatie van de nieuwe Europese verordening voor vrijhandelsverkeer van bemestingsproducten voor nationale normen voor nationale categorieën van bemestingsproducten. De studie bestond uit vier onderzoeken naar scenario's voor implementatie, plant-biostimulanten als nieuwe categorie bemestingsproduct en effectbeoordeling van nieuwe Europese normen voor anorganische contaminanten en organische contaminanten. Elke studie wordt gerapporteerd als een technisch rapport. Dit Technisch Rapport is een van de rapporten. Het rapport is een effectbeoordeling van de normen voor anorganische contaminanten.

Inhoud

Woord vooraf	5
Samenvatting	9
Summary	13
1 Inleiding	17
2 Achtergrond van risicobenadering en wetgevende kaders	21
2.1 Algemene principes ten aanzien van regulering van contaminanten in meststoffen	21
2.2 Kwaliteitscriteria en grondslag van de FPR	23
2.3 Kwaliteitscriteria en grondslag van de Meststoffenwet	26
2.4 Vergelijking criteria FPR en MW voor compost en zuiveringsslib	28
2.5 MRL's als uitgangspunt voor het afleiden van normen voor niet-gereguleerde metalen?	29
2.5.1 Achtergrond van MRL's als regulerend principe bij de afleiding van normen voor meststoffen	29
2.5.2 Overzicht van huidige MRL's	32
2.5.3 Herleiden van een norm voor meststoffen uit bestaande MRL's	33
3 Aanvoer van metalen en scenario's voor effecten van FPR	35
3.1 Data en methoden	35
3.1.1 Inleiding	35
3.1.2 Mestgebruik en -samenstelling voor de berekeningen	35
3.1.3 Aanvoer van metalen naar de landbouwbodembodem	36
3.2 Bodembelasting met metalen: dalende trend in de periode 1991-2019	36
3.2.1 Dalende trend voor koper en zink: reden tot zorg?	38
3.3 Aandeel van gereguleerde meststoffen aan de belasting van de landbouwbodembodem	39
3.4 Scenario's voor de berekening van de aanvoer van metalen naar de landbouwbodembodem	41
3.4.1 Overzicht van scenario's	41
3.4.2 Resultaten van de scenario's	42
3.5 Gevolgen van invoering van FPR voor de bescherming van mens en milieu	45
4 Aandachtspunten en toekomstige ontwikkelingen	47
4.1 Overzicht van aandachtspunten	47
4.2 Nieuwe normen voor koper en zink	47
4.3 Trends in (nieuwe) grondstoffen voor meststofproductie	48
4.4 Gebruik van nieuwe grondstoffen voor de productie van meststoffen of als bodemverbeteraar	49
4.5 Perspectieven van houtas en biochar als grondstof voor bemestingsproducten	52
4.6 Reductie van de veestapel: effecten op aanvoer van metalen	54
4.7 Effecten van beëindigen derogatie op aanvoer van metalen via mest	56
4.8 Normering voor chroom: verschil tussen Meststoffenwet en FPR	59
5 Conclusies	61
5.1 Algemeen	61
5.2 Maximale Residu Limieten (MRL's)	61
5.3 Huidige situatie in Nederland	62
5.4 Consequentie van invoering van de FPR voor de belasting van de bodem en risico's voor mens en milieu	62

Literatuur	65
Verantwoording	69
Bijlage 1 Meststoffengebruik	71
Bijlage 2 Overzicht van wijzigingen in de normen (EU/2019/1009) voor metalen t.o.v. de ontwerptekst van 2016	73
Bijlage 3 Samenstelling meststoffen	75
Bijlage 4 Normen voor zuiveringsslib	79
Bijlage 5 Overzicht van gemeten gehalten aan zware metalen in mest in 1996, 2008 en 2017	81
Bijlage 6 Scenario 1 t/m 4	83
Bijlage 7 Aandeel van de onderscheiden bemestingsproducten aan de belasting gedurende 1991-2019 incl. dierlijke mest	85
Bijlage 8 Aandeel van de onderscheiden bemestingsproducten aan de belasting gedurende 1991-2019 excl. dierlijke mest	87

Samenvatting

Inleiding

Op verzoek van het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) heeft Wageningen Environmental Research een verkenning uitgevoerd naar de verschillen in de normering van zware metalen in meststoffen volgens de Nederlandse Meststoffenwet en volgens de Europese meststoffenverordening (Fertilising Products Regulation, EU/2019/1009, hierna 'FPR' genoemd). Deze verkenning zal worden gebruikt bij het bepalen hoe de Meststoffenwet moet worden aangepast bij de implementatie van de FPR in de Meststoffenwet in 2022. Op 16 juli 2022 treedt de FPR in werking. Onderhavig rapport geeft verslag van deze verkenning.

De vraag vanuit het ministerie van LNV die leidde tot deze bureaustudie was: Wat zijn de effecten als het toetsingskader van de FPR voor zware metalen wordt overgenomen, met name voor bemestingsproducten die thans niet in Nederland worden gebruikt omdat ze niet voldoen aan voorwaarden van EG/2003/2003 (minerale meststoffen en kalkmeststoffen)?

Achtergrond van de FPR en verschillen met de Meststoffenwet

Het gebruik van meststoffen resulteert naast aanvoer van nutriënten ook in een onvermijdelijke aanvoer van zware metalen naar de bodem. Sommige metalen zoals zink en koper zijn (micro)nutriënten en dus essentieel voor een goede plantengroei, maar in hoge concentraties schadelijk voor mens, dier en milieu. Andere metalen, zoals cadmium en lood, hebben geen functie in de voeding van plant, mens of dier en zijn schadelijk voor mens, milieu en dier indien ze in hoge concentraties aanwezig zijn.

In Nederland is de aanvoer van metalen via groepen van meststoffen gereguleerd via de Meststoffenwet (MW). De aanvoer van zware metalen in dierlijke mest is echter via de aanvoer van stikstof en fosfaat gereguleerd. De normen voor de aanvoer van metalen via groepen meststoffen (dierlijke mest uitgezonderd) zijn op dit moment gebaseerd op een 'vrachtbenadering' om het risico van accumulatie in de bodem te voorkomen dan wel te beperken.

Het Europese Parlement en de Raad hebben voor de Europese Unie middels de invoering van de Europese meststoffenverordening (Fertilising Products Regulation, EU/2019/1009; FPR) ook normen voor metalen in meststoffen opgesteld. De FPR is in eerste instantie bedoeld om vrij handelsverkeer van meststoffen tussen de lidstaten te vereenvoudigen. Anders dan in Nederland is een groot deel van de normen in de FPR gebaseerd op '*best (of common) practice*', dat wil zeggen dat er meestal geen vrachtbenadering gehanteerd wordt om het risico van accumulatie in de bodem te beperken (risicobasis). Deels bouwen de gekozen normwaarden in de FPR voort op eerder afgeleide normen voor onder meer compost en/of worden ze gespiegeld aan regelgeving van lidstaten, in het bijzonder de Duitse *Düngemittelverordnung*. De hoogte van de normen in de FPR maakt het mogelijk dat een groot deel van de reguliere meststoffen aangewend kunnen worden.

Een vergelijking tussen de normen volgens de FPR en die in de MW toont aan dat voor veel meststoffen de normen in de FPR hoger zijn dan die in de MW. Daarbij dient opgemerkt te worden dat de indeling van producten in de FPR anders is dan die in de huidige MW. Naast regulatie van de metalen die nu in de FPR opgenomen zijn, bepaalt de FPR dat andere metalen, indien aanwezig in meststoffen, niet moeten leiden tot risico's voor mens, dier en milieu. Daartoe hanteert de FPR de zogenaamde Maximale Residu Limieten, verder aangeduid als MRL's (in de verordening: maximumresidu-grenswaarden): normwaarden in producten (diervoeders en levensmiddelen) die, bij gebruik van meststoffen, niet overschreden mogen worden. Aan dit principe van MRL's kleven voor zware metalen twee fundamentele nadelen. Het eerste is dat er vrijwel geen MRL's zijn vastgesteld voor andere metalen dan cadmium en lood. Ten tweede bestaan er geen robuuste modellen om te berekenen welke vracht aan meststoffen leidt tot gehalten aan metalen in de bodem en gewassen (voedingsmiddelen en diervoeders) waarbij de MRL overschreden wordt. Dit geldt voor alle metalen, dus ook voor lood en in mindere mate cadmium.

Verandering van de aanvoer van metalen in de periode 1991-2019

Om de effecten van invoering van de FPR te kunnen duiden, is allereerst berekend wat de verandering is van de aanvoer van metalen naar de Nederlandse landbouwbodem in de periode 1991-2019. Dit biedt perspectief over de hoogte van vrachten aan metalen, de impact van het huidige beleid voor zware metalen en of een verandering van de aanvoer door invoering van FPR substantieel zou zijn of niet. Hierbij is dezelfde aanpak gebruikt als bij de eerdere rapportage van Romkes et al. (2016), maar met deels nieuwe gegevens, met name voor dierlijke mest (recentere data beschikbaar) en de aanvoer van nutriënten (N, P, K), die de grondslag vormen voor de berekening van de aanvoer van metalen. Voor de meeste metalen blijkt dat de totale aanvoer in de periode 1991-2019 is gehalveerd. Dat komt vooral door de afname van het gebruik van fosfaatkunstmeststoffen. Andere maatregelen, zoals het reduceren van toegelaten hoeveelheden aan met name koper en zink in veevoer, lijken vooralsnog weinig effect te hebben gehad. Dit blijkt onder andere uit de verhouding tussen de metaalgehalten en het gehalte aan P in mest, die voor rundvee- en varkens(drijf)mest in de periode 2008-2017 niet is gewijzigd. Per kilogram P wordt dus nog steeds dezelfde hoeveelheid, of zelfs meer in geval van zink in varkensdrijfmest, metalen aangewend. Voor cadmium is de afname juist sterker (van 5,1 ton/jaar in 1991 naar 1,7 ton/jaar in 2019) als gevolg van het sterk gedaalde gebruik van fosfaatkunstmeststoffen.

Effecten van invoering van de FPR op de vracht aan metalen naar landbouwgronden

De gevolgen van de invoering van de FPR voor de aanvoer van – in de FPR gereguleerde – metalen in verhouding tot de Nederlandse Meststoffenwet zijn door middel van drie scenario's (en een nulscenario) in beeld gebracht:

1. Huidige aanvoer van metalen via gereguleerde en niet-gereguleerde meststoffen (nul-scenario).
2. Aanvoer indien de gehalten aan metalen in in Nederland gereguleerde meststoffen op het niveau van de norm volgens de Meststoffenwet voor metalen liggen.
3. Aanvoer indien de gehalten aan metalen in door de FPR (in Nederland gebruikte) gereguleerde meststoffen op het niveau van de FPR-norm voor metalen liggen.
4. Aanvoer van metalen volgens scenario 3, onder de aanname dat de gehalten aan waarde gevende bestanddelen in meststoffen overeenkomen met de minimumeisen daarvoor.

Bij deze scenario's moet bedacht worden dat dit worstcase-benaderingen zijn. In scenario 2 t/m 4 liggen de gehalten aan contaminanten op het niveau van de maximaal toegestane hoeveelheden (normen volgens MW of FPR). Zoals uit de analyse van de huidige gehalten aan contaminanten in meststoffen en bodemverbeteraars blijkt (zie Hoofdstuk 3), liggen de huidige gehalten aan metalen in minerale meststoffen op een lager niveau dan toegelaten is volgens de normen in de MW (scenario 2) of FPR (scenario 3 en 4). Daarmee is de kans zeer klein dat de vracht die berekend wordt met dergelijke gehalten gerealiseerd wordt. Desalniettemin *kan* (en mag) een meststof dergelijke gehalten bevatten. Datzelfde geldt ook voor scenario 4, waarbij, in aanvulling op de aanname over gehalten aan contaminanten, ook de aanname gemaakt wordt dat een product net voldoet aan de *minimale* eisen ten aanzien van waarde gevende bestanddelen. Dat leidt tot de maximaal mogelijke vracht aan metalen binnen het wettelijk kader.

Meststoffen die niet worden gereguleerd, zijn onverwerkte dierlijke mest en digestaat. Het volume van in Nederland gebruikte meststoffen die wél gereguleerd zijn door de huidige MW, is klein ten opzichte van dierlijke mest. Voor de meeste metalen geldt daardoor dat het aandeel van de gereguleerde meststoffen aan de totale vracht van dat metaal gering is. Voor metalen als koper en zink is dit minder dan 3% van de totale aanvoer, omdat het merendeel via dierlijke mest in de bodem komt. Alleen voor arseen, cadmium en lood bedraagt het aandeel van gereguleerde meststoffen aan de vracht van metalen ongeveer 25%. Omdat dierlijke mest voor de grootste aanvoer van vracht aan metalen zorgt, is het effect op de totale vracht aan metalen klein indien de gehalten in de gereguleerde meststoffen op de huidige norm in Nederland komen te liggen (scenario 2). De aanvoer naar de bodem kan wel significant stijgen als de normen zoals opgenomen in de FPR gaan gelden én alle gereguleerde meststoffen dan metaalgehalten bevatten die gelijk zijn aan die FPR-norm (scenario 3). Feitelijk is er dan sprake van een grote trendbreuk in de ontwikkeling van de vracht en zou deze weer op het niveau van 1991 komen te liggen. De totale vracht overstijgt die van het niveau van de aanvoer in 1991 indien de minimale eisen voor waarde gevende bestanddelen in meststoffen toegepast worden (scenario 4). In dat geval zal ook de aanvoer via gereguleerde meststoffen de aanvoer via dierlijke mest overstijgen.

Er is geen modelmatige analyse uitgevoerd naar de consequenties van voornoemde scenario's met betrekking tot risico's voor mens, dier en milieu. Wel is op basis van *expertkennis* een evaluatie gemaakt van de milieukundige effecten van de vier scenario's (zie paragraaf 3.5). Daarbij schatten we (toekomstige) risico's voor productkwaliteit, accumulatie, bodemecosysteem en kwaliteit van oppervlaktewater. Deze schattingen zijn gebaseerd op bestaande kennis of eerder uitgevoerde vergelijkbare modelstudies.

Voor koper en zink is de verwachting dat er bij gelijkblijvende of toenemende belasting van de bodem met dierlijke mest sprake is van grootschalige overschrijding van effectnormen in oppervlaktewater (volgens de Kaderrichtlijn Water). De kans dat normen voor productkwaliteit voor diervoeders en levensmiddelen voor gereguleerde metalen overschreden worden, achten we klein (scenario 1-3).

Toepasbaarheid van het principe van Maximum Residu Limits (MRL's) als regulerend instrument voor de bescherming van mens, dier en milieu

Een onderdeel van de FPR is dat in de tekst een richtlijn is opgenomen over het voorkomen van effecten van niet-gereguleerde metalen. Daarbij hanteert men het principe van MRL's, waarbij de gedachte is dat maximale gehalten aan metalen in meststoffen zodanig gekozen dienen te worden dat daardoor geen MRL's in producten overschreden worden. Dit is daarmee een risico-gebaseerde norm die beschermend is voor de kwaliteit van producten en daarmee de gezondheid van mens en dier borgt. Om dit principe ten uitvoer te kunnen brengen, dient echter aan twee voorwaarden voldaan te worden: *i.* er moeten MRL's voor de betreffende – niet gereguleerde – metalen zijn, en *ii.* er moet een modelinstrumentarium zijn dat voor het betreffende metaal een link kan leggen tussen een gehalte in de bodem en in het te beschermen product. Alleen dan kan een kritische vracht berekend worden (en daarmee een kritisch gehalte in een meststof, ofwel de MRL-gebaseerde norm), waarbij de betreffende MRL in het product niet overschreden wordt. Op dit moment is een dergelijk principe alleen toepasbaar voor de (al gereguleerde!) metalen cadmium en zink en in zeer beperkte mate voor koper en lood. Voor alle andere metalen (inclusief de niet-gereguleerde) kan aan beide voorwaarden niet voldaan worden; met andere woorden, er zijn geen MRL's en er zijn ook geen modelmatige verbanden tussen bodem en product vastgesteld. Het principe van het hanteren van MRL's in producten als de basis voor een risicobenadering is daarom weliswaar conceptueel een bruikbaar concept, maar vooralsnog zeer beperkt (met name voor cadmium) te gebruiken voor het afleiden van risico-gebaseerde normen voor de meeste metalen in meststoffen.

Relevante toekomstige ontwikkelingen

De aanvoer van metalen naar de bodem wordt bepaald door de hoeveelheid gebruikte meststoffen en de kwaliteit daarvan. Voor veel metalen vormt dierlijke mest de belangrijkste bron, en daarmee is de vracht onder andere afhankelijk van dieraantallen, mestsamenstelling en de hoeveelheid dierlijke mest die via de stikstof- en gebruiksnormen mag worden toegediend. Reductie van dieraantallen met 10 tot 30% (arbitrair gekozen) levert veelal een reductie op van 7 tot 25% van de aanvoer van met name koper en zink, terwijl de aanvoer van arseen ongewijzigd blijft en voor cadmium zelfs kan toenemen. Dit laatste gebeurt indien de verminderde bemesting van P uit dierlijke mest gecompenseerd wordt door minerale P-kunstmeststoffen, waarbij vooral gebruik van tripelsuperfosfaat leidt tot een sterk toename van de vracht aan cadmium.

Beëindiging van de derogatie leidt tot een vergelijkbaar beeld. Ook hier is het reëel te veronderstellen dat de verminderde N- en P-giften via mest deels compenseren met kunstmest. Voor de meeste metalen leidt dit tot een lagere nettovracht, waarbij ook hier de vracht van koper en zink sterk daalt. Voor cadmium kan dit echter leiden tot een toename van de jaarlijkse belasting met ongeveer 1,5 gram cadmium per hectare, wat een verdubbeling van de huidige vracht via kunstmeststoffen betekent. Hiervoor geldt ook dat de keuze van vervangende (kunst)meststoffen van grote invloed is op de uiteindelijke vracht. Met name mengmeststoffen (N/P) bevatten minder cadmium. Per kilogram P scheelt dit ongeveer 50% ten opzichte van TSP.

Gebruik van nieuwe materialen (bestanddelencategorieën CMC 12, 13 en 14, bijvoorbeeld: struviet, houtas of biochar) als grondstof voor meststoffen of bodemverbeteraars heeft een beperkt effect op de aanvoer van metalen. Struviet bevat, vergeleken met minerale P-kunstmeststoffen, lagere gehalten aan cadmium, wat bij een volledige vervanging van TSP leidt tot een afname van 6% van de totale aanvoer aan cadmium. Houtas kan aangewend worden als vervangende kalkmeststof. Wanneer de houtas op basis van de huidige productie van 28 mln. kg ingezet wordt als vervangende kalkmeststof leidt dit vooral voor zink en in mindere mate voor nikkel, chroom en koper tot een toename van de vracht (4-12% toename). Biochar ten slotte als extra

bron van bodemkoolstof heeft vooral invloed op de vracht aan cadmium en arseen (10-15% toename bij gemiddelde samenstelling van biochars, Huygens et al., 2019).

Voor zowel houtas als biochar geldt echter dat de beschikbaarheid van de genoemde metalen lager kan zijn dan in vergelijkbare (kalk)meststoffen. Dit komt vooral doordat tijdens de verbrandingsprocessen (as) of pyrolyse (char) de chemische beschikbaarheid van metalen kan afnemen. Een toename van de vracht door vervanging van bestaande meststoffen door houtas of biochar betekent daarom niet meteen een daadwerkelijk hogere beschikbaarheid in de bodem. Over de effecten van de processen op de beschikbaarheid van metalen in de bodem is echter nog te weinig bekend om generieke conclusies te trekken.

Tot slot zijn voor een aantal metalen normen veranderd in de loop der tijd (voor koper en zink in diervoeders) of zijn met de invoering van de FPR methodische wijzigingen doorgevoerd (voor chroom) die mogelijk van invloed zijn op de vracht naar de bodem.

Voor koper en zink geldt dat in 2016 (EU 2016/1095 voor zink) en in 2018 (EU 2018/1039 voor koper) de toegestane hoeveelheden in diervoeders voor runderen en varkens aangepast zijn. Aangezien het merendeel van koper en zink in diervoeding uiteindelijk in mest terecht komt, leidt een verlaging van de gehalten in voer theoretisch tot lagere gehalten in mest. Of dit ook gebeurt, is onduidelijk. Eerdere metingen uit 1996, 2008 en 2017 aan gehalten in mest tonen aan dat eerdere beleidswijzigingen voor maximale gehalten in diervoeding vrijwel geen effect hebben gehad op de gemiddelde gehalten aan koper en zink in runder- en varkensdrijfmest. Dit komt deels doordat koper en zink ook via het drinkwater aan dieren toegediend kan worden en hiervoor bestaan vooralsnog geen eisen of normen.

De wijziging ten aanzien van de methode voor de bepaling van chroom in de FPR op basis van chroom (VI) in plaats van chroom-totaal kan mogelijk leiden tot een stijging van de vracht. Dat zou vooral bij een aantal organische bodemverbeteraars een rol kunnen spelen indien bronmaterialen, onder andere uit leerlooierijen, gebruikt worden die verhoogde chroomgehalten bevatten, maar voldoen aan de norm voor chroom (VI). Vooralsnog ontbreken betrouwbare data die inzicht geven in de gehalten aan chroom (VI) in de meeste producten. Het niet de verwachting dat deze wijziging in Nederland leidt tot een toename van de vracht aan chroom naar de landbouwbodem.

Summary

Introduction

At the request of the Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality (in Dutch: ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselveiligheid, LNV) Wageningen Environmental Research carried out a study of the differences between the standards for heavy metals in fertilisers under the Dutch Fertiliser Act (*Meststoffenwet*, hereafter referred to as 'MW') and the EU Fertilising Products Regulation (EU/2019/1009, hereafter referred to as 'FPR'). This study will be used to determine how the MW should be amended when the FPR is implemented in the Fertiliser Act in 2022. The FPR comes into force on 16 July 2022. The present report concerns this study.

The question from the Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality that led to this desk study was: What will be the effects if the assessment procedures for heavy metals included in the FPR are adopted, and particularly for fertilising products that are currently not used in the Netherlands because they do not satisfy the conditions of EC/2003/2003 (mineral fertilisers and lime fertilisers)?

Background to the FPR and differences with the Fertiliser Act

The use of fertilising products results not only in the supply of nutrients to the soil, but also unavoidably to an input of heavy metals. Some metals, such as zinc and copper, are micronutrients and are essential for good plant growth, but in high concentrations they are harmful to human health, animals and the environment. Other metals, such as cadmium and lead, have no nutritional function for plants, animals or humans and are harmful to human health, animals and the environment if they are present in high concentrations.

In the Netherlands the input of metals via fertilising products groups is regulated under the MW. However, the input of metals via animal manure is regulated by the application standards for nitrogen and phosphate. At the moment the standards for the input of metals via fertilising products groups (except manure) are derived using a 'load-based approach' to prevent or limit the risk of accumulation in the soil.

The European Parliament and the Council have also drawn up standards for metals in fertilising products for the European Union through the introduction of the EU Fertilising Products Regulation (EU/2019/1009). The FPR is in the first instance intended to simplify the free trade in fertilising products between the member states. Unlike in the Netherlands, most of the standards in the FPR are based on best practice (or common practice), which means that as a rule no load-based approaches are used to prevent or reduce the risk of accumulation in the soil (risk basis). In part, the standards in the FPR build on the previously derived standards for compost, among other substances, and/or mirror legislation in the member states, in particular the German *Düngemittelverordnung*. The standard values in the FPR are set at levels that permit the use of a large proportion of regular fertilising products.

A comparison between the standards under the FPR and those under the MW shows that for many fertilising products the limits in the FPR are higher than in the MW. It should be noted that the classification of products in the FPR is different from that in the MW. Besides regulating the metals now included in the FPR, the FPR requires that other metals that may be present in fertilisers must not lead to risks to human health, animals and the environment. To this end the FPR works with maximum residue limits (MRLs): standards for products (food and feed) which must not be exceeded when fertilising products are used. The principle underlying the use of MRLs has two important disadvantages for the regulation of heavy metals. The first is that virtually no MRLs have been set for metals other than cadmium and lead. The second is that there are no robust models for calculating which fertilising product loads lead to concentrations of metals in the soil and crops (food and feed crops) that in turn result in exceedance of the MRL. This applies to all metals, including lead and to a lesser extent cadmium.

Changes in metal inputs in the period 1991–2019

To determine the effects of introducing the FPR we first calculated the change in metal inputs to Dutch agricultural soils in the period 1991–2019. This gives a picture of the metal loads, the impact of current policy on heavy metals and whether a change in levels of inputs due to the introduction of the FPR would be substantial or not. The same approach was used as in the first impact assessment report of Romkens et al (2016), but with partly new data, particularly for manure (more recent data available) and nutrient inputs (N, P K), which form the basis for the inputs of metals. During the period 1991–2019 the total inputs of most metals fell by half, due mainly to the reduction in the use of phosphate fertilisers. Other measures, such as lowering the permitted amounts of copper and zinc in animal feed, appear not to have had any effect so far. This can be seen, among other things, in the ratio of metal contents to P content in manure, which did not change in cattle and pig manure during the period 2008–2017. For each kilogram of P, metal inputs remained the same, or even increased in the case of zinc in pig slurry. The decline in cadmium inputs was greater (from 5.1 tonnes/year in 1991 to 1.7 tonnes/y in 2019) as a result of a steep reduction in the use of phosphate fertilisers.

Effects of introducing the FPR on metal loads to agricultural soils

The consequences of the introduction of the FPR for the input of metals regulated under the FPR compared with the situation under the MW were explored in various scenarios (including a baseline scenario):

1. Current metal inputs via EU regulated and not by EU regulated but national regulated fertilising products (baseline scenario).
2. Inputs if the metal contents in fertilising products regulated in the Netherlands are at the levels set under the standards in the MW.
3. Inputs if the metal contents in FPR regulated fertilising products (used in the Netherlands) are at the levels set under the FPR standards for metals.
4. Metal inputs as in scenario 3, but under the assumption that the levels of nutrients in fertilising products are in line with the minimum requirements.

It should be borne in mind that these are 'worst case' scenarios. In scenarios 2 to 4 the concentrations of contaminants are at the maximum permitted levels (standards under the MW or FPR). As the analysis of the current contaminant levels in fertilisers and soil improvers shows (see Chapter 3), the current levels of metals in mineral fertilisers are below the levels permitted by the standards under the MW (scenario 2) or FPR (scenarios 3 and 4). This makes it very unlikely that with these contents the calculated loads will actually be reached. Nevertheless, a fertilising product *can* (and may) contain such concentrations. The same applies to scenario 4, in which, in addition to the assumption about contaminant levels, it is assumed that a product just meets the *minimum* requirements for nutrients. This leads to the maximum metal loads permitted under the legislation.

Fertilising products that are not regulated are unprocessed animal manure and co-digested manure (digestate). At the moment the volume of fertilisers used in the Netherlands that are regulated under the MW is small compared to the total amount of manure that is used. For most metals, therefore, regulated fertilisers contribute a small proportion of the total load of the metal. For metals such as copper and zinc, this proportion is less than 3% of the total input to the soil because most of the metal input is from manure applications. Only for arsenic, cadmium and lead do regulated fertilisers contribute a significant proportion of the total load of these metals, at around 25%. Because animal manure accounts for the largest proportion of the metal load, the effect on the total metal load of bringing the amounts in regulated fertilising products up to the limit under the current standards in the Netherlands will be small (scenario 2). However, the input to the soil could rise significantly if the standards contained in the FPR were applied and the metal contents in all regulated fertilisers were at the limits under the FPR standards (scenario 3). In effect this would amount to a radical shift in the trend in metal loads, which would return to the levels in 1991. The total load would exceed the levels of inputs in 1991 if the minimum requirements for nutrients in fertilisers are applied (scenario 4). In this case the inputs via regulated fertilisers would exceed the inputs via manure.

No model-based analysis was carried out into the risks to human health, animals and the environment under these scenarios, but an evaluation of the effects of the four scenarios was made using expert knowledge (see section 3.5). The future risks of accumulation in the soil and to product quality, the soil ecosystem and

surface water quality were estimated based on existing knowledge or relevant modelling studies carried out in the past.

For copper and zinc we expect widespread exceedance of the quality standards for surface water if the load to the soil from manure remains the same or increases. We estimate that the probability that product quality standards for metals in animal feeds and foods would be exceeded is small.

Applicability of the principle of maximum residue limits (MRLs) as a regulatory instrument for the protection of human health, animals and the environment

The FPR includes an instruction on preventing effects caused by unregulated metals that makes use of the principle of MRLs. The idea is that maximum levels for metal in fertilisers should be set in such a way that they do not lead to the exceedance of any MRLs in products. This is therefore a risk-based standard that protects product quality and thus safeguards human and animal health. To put this principle into practice, however, two conditions would have to be met: first, there must be MRLs for the relevant unregulated metals, and second, there must be a modelling tool that can make the connection between concentrations of the metals in the soil and in the product to be protected. Only then can a critical load be calculated (and thus a critical load in a fertilising product, or the MRL-based standard) at which the relevant MRL is not exceeded. At the moment such a principle can only be applied to the (already regulated) metals cadmium and zinc and to a very limited extent to copper and lead. Neither of these conditions can be met for any other metals (including the unregulated ones); in other words, there are no MRLs and no model-based connections have been made between soil and product. The principle of using MRLs in products as the basis for a risk-based approach is a conceptually useful concept, but for the time being for most metals it has very limited applicability (especially for cadmium) for deriving risk-based standards in fertilisers.

Relevant future developments

Inputs of metals to the soil are determined by the amounts of fertilising products applied and the quality of those products. Manure is the most important source of most metal inputs, which makes the load to soils dependent, among other things, on livestock numbers, the composition of the manure applied and the amount of manure that may be applied under the nitrogen and phosphate application standards. Reducing livestock numbers by 10% to 30% (an arbitrary amount) would deliver a reduction of 7% to 25% in the inputs of copper and zinc in particular, whereas the arsenic input would remain the same and the cadmium input could even rise. Cadmium inputs would rise if the reduced input of P from manure were compensated by applications of mineral P fertilisers; the use of triple super phosphate (TSP) in particular would lead to a big increase in the cadmium load.

Ending the derogation would lead to a similar outcome. Here, too, it is realistic to assume that the reduced N and P applications via manure would be at least partially compensated by the use of chemical fertiliser. For most metals this would lead to a lower net load, with copper and zinc loads falling significantly. For cadmium, however, this could lead to an increase in the annual load of approximately 1.5 grams of cadmium per hectare, which would amount to a doubling of the current load via chemical fertilisers. The choice of substitute fertilisers (manure or chemical) has a big influence on the actual load. Compound fertilisers (N/P) in particular contain less cadmium. Per kilogram P this makes a difference of about 50% compared with triple superphosphate (TSP).

The use of new materials as raw materials for fertilisers or soil improvers (such as component material categories CMC 12, 13 and 14: struvite, wood ash and biochar) would have a limited effect on metal inputs to the soil. Struvite contains lower amounts of cadmium than mineral P fertilisers. Fully replacing TSP with struvite fertiliser would lead to a 6% reduction in the total cadmium load. Wood ash can be used as a substitute lime fertiliser. Based on the current production of 28 million kg of wood ash, using this as a substitute for lime fertiliser would lead to an increase in the load of zinc in particular and to a lesser extent of nickel, chrome and copper (4–12% increase). Finally, using biochar as an additional source of soil carbon would mainly affect the cadmium and arsenic loads (10–15% increase at an average mix of biochars; Huygens et al., 2019).

However, the availability of these metals in both wood ash and biochar may be lower than in comparable lime fertilisers, mainly because the chemical availability of these metals may decrease during the combustion processes (ash) or pyrolysis (char). An increase in the load as a result of replacing existing fertilisers with

wood ash or biochar therefore does not necessarily mean a higher availability in the soil. Too little is known about the effects of these processes on the availability of metals in the soil to be able to draw any general conclusions.

Finally, the changes to the standards for a number of metals (for copper and zinc in animal feed) that have been made over the years and the methodological changes resulting from the introduction of the FPR (for chrome) may have an influence on the loads to the soil.

The permitted levels of copper and zinc in feed for cattle and pigs were amended in 2016 (EU 2016/1095 for zinc) and in 2018 (EU 2018/1039 for copper). Given that most of the copper and zinc in animal feed ultimately ends up in manure, lowering the amounts in feed will theoretically lead to lower amounts in the manure. It is unclear whether or not this would actually happen. Measurements of the concentrations of copper and zinc in manure made in 1996, 2008 and 2017 show that previous changes to the maximum permitted levels in animal feed have had virtually no effect on the average levels of these metals in cattle manure and pig slurry. This is partly because the animals can take up copper and zinc from their drinking water, for which there are currently no standards or requirements.

The method for determining the level of chrome will change under the FPR from a total chrome measurement to one based on chrome (VI), which may lead to a rise in the chrome load. This could be particularly relevant for a number of soil improvers if the source materials used, including those from tanneries, contain elevated chrome levels but still meet the standard for chrome (VI). So far there are no reliable data on the levels of chrome (VI) in most products. For the time being, therefore, it is not expected that this change will lead to an increase in the chrome load to agricultural soils in the Netherlands.

1 Inleiding

Een gevolg van het gebruik van bemestingsproducten (meststof, kalkmeststof, bodemverbeteraar, groeimedium, remmer, biostimulant of blend) is dat daarmee onvermijdelijk ook ongewenste stoffen naar de bodem aangevoerd worden. Zo bevatten minerale fosfaatmeststoffen o.a. cadmium en bevat dierlijke mest veelal koper en zink in aanzienlijke hoeveelheden. Voor deze laatste metalen geldt dat dit tevens micronutriënten zijn en in de bodem ook een essentiële functie vervullen, zowel voor planten als voor organismen in de bodem.

Om de aanvoer van deze en andere stoffen te reguleren, met als doel het voorkómen van negatieve effecten voor de gezondheid van mens, dier, gewas of het milieu (bodem, water, atmosfeer), kent de Nederlandse Meststoffenwet (MW) normen voor nationale meststoffen (zogenoemde overige anorganische en overige organische meststoffen) en een aantal aangewezen afvalstoffen die als meststof zijn toegelaten (zuiveringsslib, herwonnen fosfaten & compost). Dierlijke mest kent in het kader van de MW geen specifieke normering voor anorganische contaminanten. Die worden indirect gereguleerd via eisen voor diervoederkwaliteit.

Voor de gereguleerde meststoffen geldt dat onderscheid gemaakt wordt tussen normen op productbasis enerzijds (gehalte aan stoffen uitgedrukt op drogestofbasis van een product) en normen die rekening houden met zgn. waarde gevende bestanddelen. In dat geval wordt een maximaal toelaatbaar geachte vracht herleid op een bemestingsnorm voor primaire (N, P of K) of secundaire (Ca, Mg, S, Na) nutriënten, organische stof en (zuur) neutraliserende waarde (NW bij kalkmeststof).

Op dit moment zijn de eisen aan zware metalen zijn opgenomen in het Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet (UBMW) en de Uitvoeringsregeling Meststoffenwet (URMW). Voor compost en zuiveringsslib zijn normen op productbasis van kracht (en voor zuiveringsslib is er tevens een maximale dosering bepaald). Voor de overige bemestingsproducten gelden normen gebaseerd op waarde gevende bestanddelen. Daarbij worden verschillende waarde gevende bestanddelen onderscheiden (zie Hoofdstuk 2). De criteria voor zware metalen voor nationale bemestingsproducten zijn ongewijzigd gebleven sinds de invoering ervan in 2008.

De huidige Europese meststoffenverordening EG/2003/2003 kent geen normering voor zware metalen en reguleert alleen minerale meststoffen en kalkmeststoffen en reguleert uitsluitend kwaliteitseisen voor aangewezen meststofftypen. De nieuwe Europese meststoffenverordening EU/2019/1009 (*Fertilising Products Regulation*, FPR) reguleert in beginsel alle bemestingsproducten (anorganische en organische meststoffen en bodemverbeterende middelen, kalkmeststoffen, groeimedium, remmers, biostimulanten en blends daarvan) en stelt criteria aan o.a. anorganische contaminanten in productgroepen in productfunctiecategorieën (PFC's). Normering op het niveau van meststofftype is vervallen. De criteria gelden voor de bemestingsproducten (PFC's) en in een aantal gevallen ook voor de aangewezen grondstoffen (bestanddelencategorieën) waaruit ze gemaakt zijn (CMC's).

De FPR stelt daarnaast eisen voor minimale gehalten aan waarde gevende bestanddelen zelf, zoals minimale gehalten aan N of P (en andere nutriënten) voor meststoffen of organische stof voor bodemverbeteraars of andere bemestingsproducten. Deze eisen zijn, anders dan in de MW, niet direct gekoppeld aan eisen voor zware metalen. In de MW is deze koppeling aanwezig door regulering van de vracht, waarbij rekening gehouden wordt met aangewezen normgiften voor nutriënten, NW of organische stof (volgens Bijlage Ab, Tabel 1 URMW en Bijlage II, Tabel 1 UBMW).

In 2016 publiceerde de Europese Commissie een voorstel voor een nieuwe Europese meststoffenverordening. Een verschil in normering voor waarde gevende bestanddelen en contaminanten t.o.v. de MW kon toen al vastgesteld worden. Dit heeft geleid tot een eerste effectbeoordeling van de voorgestelde Europese regelgeving (Römken et al., 2016).

Nadien zijn door het Europese Parlement en de Europese Raad wijzigingen in het voorstel aangebracht en heeft de FPR een definitieve invulling gekregen. Dit heeft in 2019 geresulteerd in de publicatie van de Fertilising Products Regulation (EU/2019/1009). Daarin staan zowel groepen bemestingsproducten, zogenoemde productfunctiecategorieën (PFC, *Product Function Category*), als aangewezen grondstoffen waaruit PFC's vervaardigd mogen worden, de zogenoemde bestanddelen categorieën (CMC, *Component Material Category*). In totaal zijn er zeven PFC's waarvan de zevende een blend is van zes andere PFC's. Er zijn momenteel in totaal elf CMC's (plus nog vier in voorbereiding) opgenomen. Een systematiek voor het aanwijzen van grondstoffen waaruit meststoffen vervaardigd mogen worden, kent de MW niet. Alleen bij afval- en reststoffen van Bijlage Aa van de URMW is een voorziening voor hergebruik van een afvalstof als grondstof¹ voor meststofproductie opgenomen.

Dit rapport actualiseert de effectbeoordelingsrapportage uit 2016 (Römkens et al., 2016) door gewijzigde normen voor zware metalen (o.a. koper en zink) en waarde gevende bestanddelen en daarnaast nieuwe CMC's mee te nemen.

De centrale vraag die in dit rapport beantwoord wordt, is: wat zijn de effecten als het toetsingskader van FPR voor zware metalen wordt overgenomen, met name voor bemestingsproducten die thans niet in Nederland worden gebruikt omdat ze niet beantwoorden aan voorwaarden van EG/2003/2003 (minerale meststoffen en kalkmeststoffen)? Dit betreft de milieurisico's, maar ook gebruiksmogelijkheden en afzet naar het buitenland als Nederland de voorgestelde eisen van de FPR overneemt. Daarbij ligt de nadruk in eerste instantie op de voorgestelde eisen t.a.v. gehalten en niet de indeling van meststoffen in de PFC's en CMC's zoals opgenomen in de Verordening. Dit rapport gaat niet in op anorganische nevenbestanddelen, zoals plastic en glas, maar beperkt zich tot zware metalen.

In deze studie gaan we in op de volgende aspecten:

Overzicht van wijzigingen in de FPR (2019) t.o.v. het voorstel uit 2016 en een beschouwing van de achtergrond van de normen in de FPR en de te beschermen doelen (Hoofdstuk 2).

Dit gaat met name in op de verschillen tussen de voorstellen voor normwaarden voor metalen in PFC's in 2016 en in de huidige (2019) versie. Normwaarden bestaan voornamelijk voor PFC's; voor CMC's zijn alleen normen opgesteld voor CMC 12, 13 en 14, zijnde resp. fosfaatprecipitaten (o.a. struviet), assen en pyrolyseproducten (o.a. biochar).

Tevens bespreken we op verzoek van de opdrachtgever een aantal uitgangspunten voor de verschillende manieren van risicobenadering en op welke manier dit in de huidige FPR een rol speelt. Ook vergelijken we dat met de uitgangspunten van het huidige Nederlandse beleid m.b.t. de achtergronden van de huidige normen voor bemestingsproducten. Daarbij komt onder meer de vraag aan de orde wat de grondslag voor bescherming van milieu, bodem en mens is en of daar grote verschillen tussen het EU-beleid en het huidige NL-beleid zijn. Dit bevat ook een toelichting op het gebruik van *maximum residue limits* als grondslag voor het afleiden van normen voor meststoffen (zie par. 2.5).

Evaluatie van de veranderingen in de aanvoer van zware metalen in de periode 1991-2019 en potentiële effecten van invoering van de FPR op de toekomstige vracht aan metalen (Hoofdstuk 3).

De aanvoer van metalen wordt bepaald door het product van de gehalten en het gebruik (in kg/ha/jaar). De uitkomst van drie van de vier onderscheiden scenario's (zie hierna) is daarbij steeds de *potentiële* belasting van de Nederlandse (landbouw)bodem op nationale schaal als gevolg van een mogelijke invoering van de gewijzigde eisen met betrekking tot de samenstelling (gehalten aan stoffen) van de verschillende PFC's. Daarbij wordt in deze rapportage geen verder onderscheid naar teeltsystemen of regio's gemaakt.

Een evaluatie van veranderingen in aanvoer wordt in dit onderzoek uitgevoerd aan de hand van een viertal scenario's. Deze scenario's verschillen alleen in de gehalten aan metalen van de op dit moment (2021) aangewende producten en, in een aanvullend scenario, de gehalten aan waarde gevende bestanddelen (zie Hoofdstuk 3). Daarbij vergelijken we de huidige vracht aan metalen (m.a.w. de actuele aanvoer, scenario 1) met de veranderde vracht. De aanname in scenario 2 en 3 is dat gehalten aan metalen in gereguleerde

¹ Hieronder inbegrepen de covergistingmaterialen.

gebruikte meststoffen op het toegestane niveau liggen conform de huidige Nederlandse normen (scenario 2) dan wel conform de normen zoals nu in de FPR opgenomen (scenario 3). Belangrijk is dat daarbij voor *niet-gereguleerde* meststoffen (i.e. dierlijke mest, digestaat) ook geen normen gehanteerd worden en de verandering in de vrachten voor de onderscheiden scenario's alléén bepaald wordt door veranderingen in toegestane gehalten in gereguleerde meststoffen. Dit is relevant, omdat van de huidige gebruikte meststoffen slechts een klein deel onder de FPR (of onder de gereguleerde meststoffen in Nederland) valt. Het merendeel van de metalenvracht is afkomstig van onverwerkte dierlijke mest, die buiten de regulering en invoering van de FPR valt en daarom ook geen invloed zal hebben op de aanvoer (zie par. 3.3).

De FPR kent naast normen voor zware metalen (incl. arseen) ook eisen voor de minimale kwaliteit voor de waarde gevende stoffen (nutriënten, organische stof). Daarmee kan een vergelijkbare vracht uitgerekend worden als die welke bepaald wordt door de Nederlandse normering op basis van waarde gevende bestanddelen. Een scenario betreft daarom dat scenario waarbij de vracht aan metalen volgens de FPR norm uitgerekend wordt op basis van het minimale waarde gevende bestanddeel (scenario 4). Dat is daarmee een worstcasescenario dat stelt dat een product zowel de minimale hoeveelheid aan nutriënten of organische stof bevat, maar tegelijk de maximaal toegestane gehalten aan metalen (volgens de FPR). Die berekening levert daarmee een directe vergelijking op van de huidige in NL geldende normen op basis van waarde gevende bestanddelen.

Overige aandachtspunten en toekomstige ontwikkelingen (Hoofdstuk 4).

Vervolgens bevat Hoofdstuk 4 een korte beschouwing van een aantal aandachtspunten:

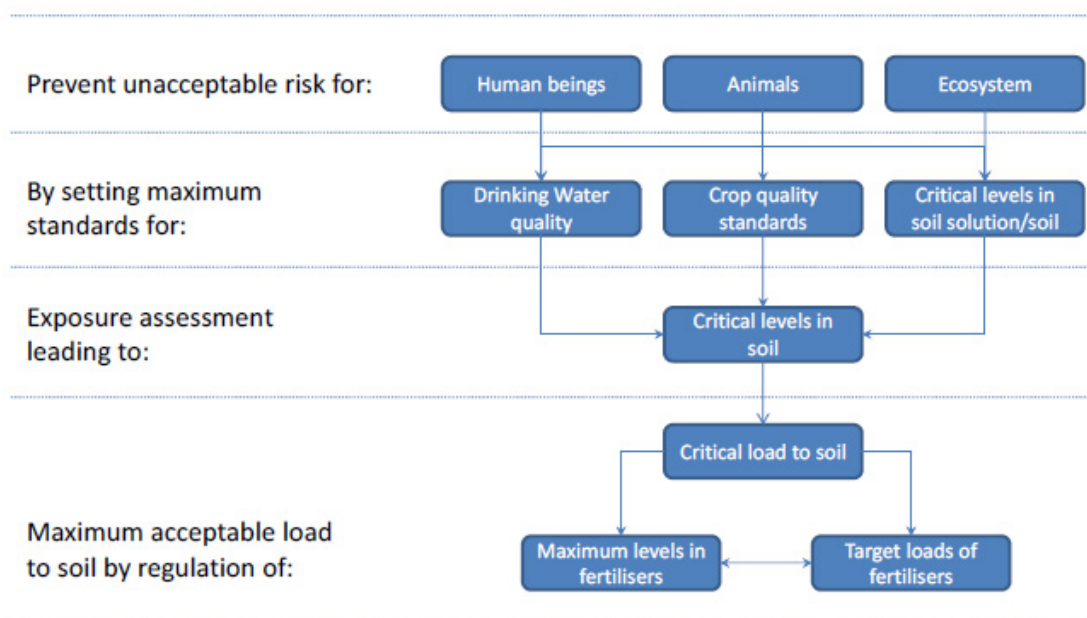
1. Nieuwe normen voor koper en zink die in het rapport van 2016 niet opgenomen waren.
2. Trends in (nieuwe) grondstoffen voor meststofproductie. Voorbeelden hiervan zijn onder meer bokashi, houtassen of meststoffen op basis van verlaagde P-gehalten.
3. Gebruik van nieuwe grondstoffen voor de productie van meststoffen of als bodemverbeteraar.
4. Perspectieven van houtas en biochar als grondstof voor bemestingsproducten.
5. Effecten reductie veestapel.
6. Effecten van beëindigen van de derogatie voor stikstof.
7. Sterk afwijkende grondslag van de normering tussen de FPR en MW voor chroom.

Het rapport eindigt met een evaluatie en conclusies (Hoofdstuk 5).

2 Achtergrond van risicobenadering en wetgevende kaders

2.1 Algemene principes ten aanzien van regulering van contaminanten in meststoffen

In Ehlert et al. (2013) staat een uitgebreide analyse van de (verschillende) zienswijzen waarop EU-lidstaten (en de EU) een kwaliteitseis in meststoffen afleidt van een of meerdere te beschermen objecten (bodem, water, ecosysteem, mens of dier). Een belangrijk concept is daarbij de zogenaamde risicobasis en daarvan afgeleide risico-gebaseerde normen. Dit is weergegeven in Figuur 1. Kern van de aanpak is dat een uiteindelijke kwaliteitseis voor producten (in dit geval bemestingsproducten) gekoppeld is aan te beschermen objecten. Veelal wordt daarbij een zgn. bron-pad-receptor-aanpak voor toegepast. Daarbij koppelen we via modellen de maximaal toegestane gehalten in water, bodem of diervoedermiddelen die leiden tot een zodanig hoge inname dat dit tot een risico leidt voor het gekozen object. Deze worden vervolgens omgerekend naar een maximaal toegestane aanvoer naar de bodem (*Maximum acceptable load* in Figuur 1).



Figuur 1 Principe van een risico-basis rekening houdend met effecten voor mens, dier en milieu (Ehlert et al., 2013).

Het is daarbij belangrijk te beseffen dat de aanvoer van metalen via de reguliere meststoffen niet de enige bron is die uiteindelijk de belasting van de bodem bepaalt. Het is de som van alle aanvoerbronnen (inputs: atmosfeer, kunstmest, compost, dierlijke mest) die uiteindelijk de totale aanvoer bepaalt. Daarnaast zijn er ook verliesposten waarbij metalen weer uit de bodem verdwijnen. Voor metalen zijn dat feitelijk alleen gewasopname en uitspoeling. De som van beide bepaalt uiteindelijk of er gegeven een bepaalde aanvoer sprake is van accumulatie of achteruitgang van het gehalte in de bodem. Indien het gehalte in de bodem stijgt, kan er op enig moment sprake zijn van overschrijding van het kritische gehalte in de bodem; in dat geval kan het gehalte in de plant een kritische waarde (bijv. warenwetnorm) overstijgen.

Er bestaat een groot verschil tussen de kritische waarden in de bodem voor verschillende gewassen. Voor gewassen die makkelijk metalen als cadmium opnemen, kan een gehalte van 0,2 mg/kg al kritisch zijn (o.a.

schorseneren) terwijl dit voor een gewas als mais meer dan 7 mg/kg kan bedragen (McLaughlin, 2011; Rietra et al., 2017).

Een kritisch gehalte in (kunst)meststoffen of bodemverbeteraars is daardoor vaak niet een-op-een te vertalen naar een kritische vracht (vanwege zowel verschillen tussen gewassen als aanvoer via andere stromen dan meststoffen). Daarom is een groot deel van de huidige normen op een meer praktische grondslag gestoeld. Grofweg zijn er vier algemene concepten die aan de basis van een norm kunnen liggen. In volgorde van de mate waarin deze steeds meer een risico-gebaseerde grondslag hebben, zijn dit:

1. *Best (of common) practice* waarbij de aanvaarbare gehalten gerelateerd zijn aan de realistisch haalbare – minimale – gehalten aan contaminanten in producten. In dit geval is er geen enkele vorm van een risicobasis en kunnen producten, theoretisch, niet voldoen aan de minimale eisen die zouden gelden bij een risicobasis. Dit kan het geval zijn indien specifieke bodemverbeteraars van nature verhoogde gehalten aan metalen hebben. Een voorbeeld hiervan is olivijn, waarvoor geldt dat de nikkelgehalten van nature hoog kunnen zijn waardoor er vrijwel altijd sprake zal zijn van accumulatie (uiteraard afhankelijk van dosering). Dat betekent overigens niet dat er dan meteen, of op termijn, sprake is van een risico, want accumulatie als zodanig betekent niet dat er op kortere of langere termijn kritische grenzen overschreden zullen worden.
2. *Standstillprincipe*, waarbij als criterium geldt dat de gehalten aan metalen in de ontvangende bodem niet mogen stijgen. Dit is feitelijk de striktste vorm van principe 3 (hieronder beschreven) waarbij de eis is dat accumulatie in de bodem gelijk aan nul is. In de praktijk zal dit voor de 'normale', d.w.z. niet specifiek verontreinigde landbouwbodem, redelijk beschermend zijn onder de aanname dat de gehalten in de bodem in het 'normale' bereik liggen. Toepassing van een standstillprincipe voor bijvoorbeeld diffuus verontreinigde gronden levert daarom veel minder bescherming op, want de gehalten in de bodem kunnen al op of boven een berekende effectgrens liggen. Dit geldt bijvoorbeeld op regionale schaal voor cadmium waarbij in meerdere landen van de EU regionaal al gehalten in de bodem aanwezig zijn die kunnen leiden tot overschrijding van gewasnormen in gewassen die specifiek cadmium opnemen, zoals bladgroenten of tarwe.
3. *Maximaal toegestane accumulatie*, waarbij een van tevoren gestelde bovengrens van het gehalte in de bodem een maximaal op te vullen ruimte oplevert. Specifiek voor onder meer zuiverings-slib zijn grenswaarden afgeleid die, in combinatie met de gehalten in de bodem, leiden tot een maximaal aanvaardbare accumulatie. Daarbij worden vaak relatief lage kritische bodemgrenzen gehanteerd om de opvulruimte te bepalen (o.a. achtergrondwaarden) om te voorkomen dat de gehalten in de bodem ongewenste niveaus bereiken. De keuze van deze doelgehalten in de bodem is echter niet gekoppeld aan specifieke risico's, maar is vaker gebaseerd op waargenomen ranges van 'normale' gehalten in landbouwgronden.
4. *Risico-gebaseerd* waarbij aan de hand van een of meerdere te beschermen objecten de maximaal toegestane belasting van de bodem bepaald wordt waarbij de kritische grens in de bodem (op termijn) waarbij een effect optreedt niet overschreden wordt. (*Noot: In sommige diffuus belaste gebieden zijn de metaalgehalten in een ontvangende bodem hoger dan de kritisch gehalten waardoor de – theoretische – belasting nul zou moeten zijn.*)

Ofschoon de risico-gebaseerde benadering volgens principe 4 (hierboven) de zuiverste is als het gaat om concrete risico's voor specifieke te beschermen doelen, betekent deze aanpak ook dat er – theoretisch – zeer hoge gehalten in een bodem toegestaan zijn. Dat geldt dan met name voor stoffen die niet of zeer beperkt opgenomen worden door gewassen of zeer slecht uitspoelen. Effecten (op gewas of waterkwaliteit) worden voor deze stoffen dan ook pas merkbaar bij zeer hoge gehalten in de bodem. Dit principe staat daarom veelal haaks op het principe van een standstillbenadering waarbij accumulatie a priori uitgesloten wordt. Het principe waarbij MRL's als uitgangspunt dienen voor de afleiding van normen in meststoffen valt in de risicobenaderingscategorie en kan tot hoge gehalten van die metalen in de bodem leiden (risico-gebaseerd, zie ook par. 2.5).

Nederland past het principe van risico-gebaseerde normen op dit moment vooral toe in het kader van de Wet Bodembescherming. Daarbij zijn de gehanteerde MRL's gebaseerd op a) de toelaatbare blootstelling voor de mens (feitelijk TDI's, toelaatbare dagelijkse inname) die vertaald zijn naar kritische gehalten in de bodem of b) kritische gehalten voor het ecosysteem. De uiteindelijke bodemnorm wordt dan bepaald door het minimum van de humane en eco-bodemnormen en is daarmee a priori beschermend voor beide doelen.

Alleen voor landbouw (akkerbouw/grasland/sierteelt) geldt dat de huidige Landbouwadviswaarden (LAC) deels gebaseerd zijn op MRL's in producten (De Vries et al., 2007). Daarbij zijn de geldende normen in diervoeder en/of levensmiddelen (voor zover aanwezig, zie par. 2.5) modelmatig vertaald naar maximaal aanvaardbare gehalten in de bodem. Dat zijn daarmee gehalten waarbij het aannemelijk is dat het product voldoet aan de MRL. Dit al in 2006 gehanteerde principe is daarmee in lijn met het beschermingsdoel van de huidige FPR.

Tabel 1 Overzicht van een aantal principes van regulering voor meststoffen en bodemverbeteraars in de EU, een aantal landen of regio (aangepast uit Ehlert et al., 2013; nummers corresponderen met de hierboven vermelde principes: 1 = best practice, 2 = standstill, 3 = maximaal toegestane accumulatie, 4 = risico-gebaseerd).

Regio	Compost	Digestaat	Zuiveringsslib	Bemestingsproducten
EU	1	-	3	1, 2
NL	2, 1	2	2	2
VLG	3	3	3	3
DK	4	4	4	4
DE	2	2	3	2, 1
UK	-	-	3	-

Dit overzicht toont enerzijds dat *best practice* maar weinig als sturend criterium wordt gehanteerd, daar waar *standstill* of, daaraan gerelateerd, maximaal aanvaardbare accumulatie veelvuldig toegepast worden. De risicobenadering wordt daarentegen ook nog maar weinig gehanteerd.

2.2 Kwaliteitscriteria en grondslag van de FPR

In de discussie rondom contaminanten en keuzes voor maximale waarden in productiefunctie categorieën (PFC's) moet niet uit het oog verloren worden dat de FPR in eerste instantie dient om de verhandelbaarheid van meststoffen op EU-niveau te faciliteren door het harmoniseren van kwaliteitscriteria en procedures (productie, verwerking, labelen, conformiteitsbeoordeling).

Bemestingsproducten moeten voldoen aan normen voor zware metalengehalten. In Tabel 2 is een overzicht gegeven van de indeling in PFC's zoals opgenomen in de definitieve versie van de FPR met daarbij de eisen met betrekking tot organische stof en (macro)nutriënten. In Tabel 3 staan de bijbehorende geldende productkwaliteitseisen voor contaminanten.

Tabel 2 Productfunciecategorieën (PFC) van voorgestelde bemestingsproducten met hun minimumeisen aan waarde gevende bestanddelen in massa % product. Als het mengsel van meerdere nutriënten betreft, staan de minimumeisen tussen haakjes.

PFC		OC	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	CaO	SO ₃	Na ₂ O	Som van nutriëntengehalten			
1		Meststof											
	A	Organische meststof											
	I	Vaste organische meststof	15	2,5(1)	2(1)	2(1)				(4)	nutriënten		
	II	Vloeibare organische meststof	5	2(1)	1(1)	2(1)				(3)	nutriënten		
	B	Organo-minerale meststof											
	I	Vaste organische-minerale meststof	7,5	2,5(2)*	2(2)	2(2)				(8)	nutriënten		
	II	Vloeibare organische-minerale meststof	3	2(2)*	2(2)	2(2)				(6)	nutriënten		
	C	Anorganische meststof											
	I	Anorganische macronutriënten meststof											
	A	Vaste anorganische macronutriënten meststof											
	i	Enkelvoudige vaste anorganische macronutriëntenmeststof		10(3)	12(3)	6(3)	5(1,5)	12(1,5)	10(1,5)	1(1)	(18)	nutriënten	
	ii	Samengestelde vaste anorganische macronutriëntenmeststof		3	3	3	1,5	1,5	1,5	1	(18)	nutriënten	
	i-ii	Enkelvoudige of samengestelde vaste anorganische macronutriëntenmeststof op basis van ammoniumnitraat en met een hoog stikstofgehalte		28									
	B	Vloeibare anorganische macronutriënten meststof											
	i	Enkelvoudige vloeibare anorganische macronutriënten meststof		5(1,5)	5(1,5)	3(1,5)	2(0,75)	6(0,75)	5(0,75)	1(0,75)	(7)	nutriënten	
	ii	Samengestelde vloeibare anorganische macronutriënten meststof		1,5	1,5	1,5	0,75	0,75	0,75	0,5	(7)	nutriënten	
	II	Anorganische micronutriëntmeststof											
	A	Enkelvoudige anorganische micronutriëntmeststof									(2-10)	Nutriënten	
	B	Samengestelde anorganische micronutriëntenmeststof									(2-5)	nutriënten	
2		Kalkmeststof										15	NW
3		Bodemverbeteraar											
	A	Organische bodemverbeteraar	7,5								20	Droge stof	
	B	Anorganische bodemverbeteraar											
4		Groei-medium											
5		Remmer											
6		Biostimulant voor planten											
7		Bemestingsproductenblend											

* N_{org} > 0,5%.

Tabel 3 Productfunctie-categorieën (PFC) van voorgestelde bemestingsproducten met hun maximumeisen voor zware metalen en arseen (in mg/kg ds, behalve bij PFC 1B, 1 C I en 1C II).

PFC		Cu	Zn	As	Cd	CrVI	Hg	Ni	Pb
1	Meststof								
A	Organische meststof	300	800	40	1,5	2	1	50	120
B	Organo-meststof	600* ³	1500* ³	40	3(60)* ¹	2	1	50	120
C	Anorganische meststof								
I	Anorganische macronutriëntenmeststof	600* ³	1500* ³	40	3 (60)* ¹	2	1	100	120
II	Anorganische micronutriëntenmeststof * ²			1000	200		100	2000	600
2	Kalkmeststof	300	800	40	2	2	1	90	120
3	Bodemverbeteraar								
A	Organische bodemverbeteraar	300	800	40	2	2	1	50	120
B	Anorganische bodemverbeteraar	300	800	40	1,5	2	1	100	120
4	Groeimedium	200	500	40	1,5	2	1	50	120
5	Remmer								
6	Biostimulant voor planten	600	1500	40	1,5	2	1	50	120
7	Bemestingsproductenblend								

*¹ de waarde tussen haakjes geldt voor producten met een P₂O₅-gehalte van meer dan 5%. De eenheid is dan mg Cd/kg P₂O₅; de eenheid bij P₂O₅-gehalten lager dan 5% is mg/kg ds.

*² per kg totaalgehalte aan micronutriënten.

*³ grenswaarden niet van toepassing ingeval koper en zink doelbewust is toegevoegd.

Het lijkt erop dat de basis voor een groot deel van de normen in de FPR in de Duitse *Düngemittelverordnung* (Dittrich & Klose, 2008) ligt. Voor arseen, cadmium, chroom (CrVI) en kwik zijn de normen in de FPR gelijk aan die in de *Düngemittelverordnung*. Voor nikkel (DüMV.: 80) en lood (DüMV.: 150) liggen ze in dezelfde orde van grootte. Voor koper en zink kent de DüMV, net zoals de Meststoffenwet, geen normen. Daarnaast kent de DüMV een advies voor chroom totaal van 300 mg/kg; indien een product meer dan 300 mg/kg chroom totaal bevat, moet dit vermeld worden. Er geldt echter geen wettelijke bovengrens op basis van chroomtotaal (alleen voor chroom (VI)).

Naast deze gereguleerde producten en daaraan verbonden normen wordt in de FPR melding gemaakt van specifieke grenswaarden, in dit geval *maximum residue limits* (MRL's, zie par. 2.5), in levensmiddelen en diervoeders ten aanzien van contaminanten. Deze zouden als grondslag kunnen gelden wanneer voor bepaalde metalen of bemestingsproducten geen normen aan gehalten zijn gesteld en zijn bedoeld om negatieve effecten te voorkomen.

Maximum residue limits bestaan slechts voor een zeer beperkt aantal metalen (en organische contaminanten). Op dit moment zijn er voor levensmiddelen enkel normen voor cadmium, kwik en lood (naast PAK's en dioxines daar waar het organische contaminanten betreft) zoals gereguleerd via EC/1881/2006 (voortkomend uit EEG/315/93)). Voor diervoeders zijn er normen voor arseen, cadmium, lood en kwik (naast dioxine, PCB's en andere organo-chloorverbindingen) zoals gereguleerd via EC/2002/32/EC.

Naast het feit dat er slechts voor een klein aantal metalen normen in producten zijn, zijn er ook maar een zeer beperkt aantal modellen beschikbaar (bijv. bodemplantmodellen voor Cd of Pb) die nodig zijn om een risicogrens voor stoffen (MRL) terug te rekenen uit een risicogrens in een product (zie par. 2.5.3 voor meer informatie over MRL's).

Voor zover bekend, is een dergelijke modellering niet van toepassing geweest bij het afleiden van de huidige normwaarden en zijn deze grotendeels gebaseerd op 'best practice' eisen en/of gerelateerd aan eerder bepaalde normen in producten als compost en/of kalkmeststoffen. Voor compost geldt dat in 2004 al een uitvoerige risicoanalyse is gedaan m.b.t. accumulatie van metalen door gebruik van compost (Amlinger et al., 2004). Daarbij gold het criterium van acceptabele accumulatie (geen overschrijding streefwaarden bodem). De destijds gehanteerde voorgestelde grenswaarden liggen in dezelfde orde van grootte als de huidige voorstellen in de FPR. Alleen voor koper en zink zijn de waarden in de FPR twee zo hoog als in de studie van Amlinger et al. (2004); de reden voor deze afwijking is niet bekend.

Het benoemen van levensmiddelen en/of diervoeding als relevant eindpunt als basis voor de kwaliteitseisen is hier de risicobasis, maar leidt als zodanig niet tot integrale *risk-based* normen indien niet ook andere relevante eindpunten meegenomen zijn. Als voorbeeld van een dergelijke integrale norm geldt bijvoorbeeld de huidige normering volgens het Besluit Bodemkwaliteit, waarbij steeds het minimum van de risico-gebaseerde normen voor humane blootstelling én die voor het ecosysteem gelden.

Concluderend kan dus gesteld worden dat een groot deel van de nu opgenomen normen voor gereguleerde meststoffen en bodemverbeteraars in de FPR gebaseerd is op bestaande normen of daaraan gerelateerd zonder dat er sprake is van een nieuwe analyse m.b.t. risico's.

2.3 Kwaliteitscriteria en grondslag van de Meststoffenwet

Op dit moment is er slechts een klein aantal van de bemestingsproducten in het vrijhandelsverkeer gereguleerd in Nederland op basis van zware metalen. Dat betreft de groep van 'overige meststoffen' (raming 500 à 1000 producten), evenals co-vergiste mest, digestaat zonder mest, zuiveringsslib en compost. Voor de categorieën dierlijke meststoffen en minerale meststoffen gelden dus geen normen voor zware metalen in de Meststoffenwet.

Voor overige anorganische en overige organische meststoffen zijn de huidige normen gebaseerd op een vrachtbenadering. De metalenvracht van deze meststoffen mag de maximaal toegestane vrachten van metalen via zuiveringsslib niet overschrijden. De waarden hiervoor zijn afkomstig van het voormalige Besluit kwaliteit en gebruik Overige Organische Meststoffen (BOOM). Het BOOM reguleerde de kwaliteitseisen en dosering van zuiveringsslib, compost en zwarte grond die aan de bodem worden toegediend en was een invulling van de Europese richtlijn voor zuiveringsslib (86/278/EEC). Voordat het BOOM in werking trad in 1993 bestond er geen dwingende regelgeving voor contaminanten vanuit meststoffen (Janssen et al., 1999). Er was echter al wel een richtlijn voor het reguleren van contaminanten in zuiveringsslib opgesteld door de Unie van Waterschappen in 1980 (Ehlert, 2013). Het overnemen van de vrachtnormen van zuiveringsslib voor overige meststoffen is beargumenteerd in Janssen et al. (Janssen et al., 1999). De daarin beschreven keuzes pasten bij het preventieve karakter van de milieutoets voor overige meststoffen, sloot aan bij het beleid via het BOOM en hield het gebruik van een toereikend pakket aan meststoffen in stand. Met deze keuze werd uitgegaan van een minimale mate van accumulatie en tegelijkertijd behoud van afzetmogelijkheden. Bij de afweging door Janssen et al. (1999) werden ook een hoger en een lager ambitieniveau overwogen. Het hoge ambitieniveau werd gebaseerd op het in stand houden van de bodemkwaliteit (standstill, geen accumulatie van metalen in de bodem) en het lage niveau op accumulatie tot op het niveau van de streefwaarden binnen 100 jaar. Het BOOM werd ingetrokken in 2008. Vanaf 2008 worden compost en zuiveringsslib gereguleerd door de MW en werd zwarte grond geplaatst onder compost door de eis voor organische stof voor compost te verlagen, overigens zonder dat daarbij de eisen ten aanzien van metalen aangepast werden.

Uiteindelijk is de vracht zoals toegekend aan zuiveringsslib (zie Tabel 7) bepalend geweest voor de berekening van de maximale waarden op basis van waarde gevende bestanddelen. Deze vracht zou geen stijging van gehalten aan zware metalen in de bodem mogen veroorzaken bij bodems met gehalten op of rond de achtergrondwaarde. De redenering dat metaalgehalten op een dergelijk laag niveau niet tot risico's leiden voor gewaskwaliteit of diergezondheid is navolgbaar, al betekent dit uitgangspunt ook dat er feitelijk geen enkele risicobasis ten grondslag ligt aan de huidige normen anders dan het handhaven van lage gehalten in de bodem. De link met gewaskwaliteit, diergezondheid of andere specifieke beschermingsdoelen is daarmee niet meegenomen in de huidige kwaliteitseisen.

Overigens kunnen ook vraagtekens gesteld worden bij de afleiding van de aanvaardbare gehalten in de generieke vrachtbenadering, d.w.z. die waarbij een vaste vracht gehanteerd wordt ongeacht bodemtype en landgebruik. Een acceptabele vracht van 2,5 g cadmium per hectare bijvoorbeeld zal in een kleigrond bij pH 7 in veel gevallen wél, maar in een zandgrond bij pH 5,5 niet tot accumulatie leiden. Op dit moment is, met uitzondering van een klein aantal metalen (cadmium, koper, zink en lood), ook nog niet in beeld hoe de verschillen in bodemtype en landgebruik doorwerken op de accumulatie gegeven de normen voor meststoffen.

De huidige normen voor compost en zuiveringsslib zijn deels ook gebaseerd op *best practice*. Voor compost geldt dat daarbij de huidige gehalten voor een groot aantal metalen vooral bepaald worden door de normale gehalten van metalen die in gewassen voorkomen na correctie voor massaverlies gedurende compostering. De huidige nationale normen voor compost voor zware metalen zijn een factor 2 à 3 hoger dan de huidige mediane waarden in Nederlandse compost (zie Tabel 4).

Het actuele gebruik van zuiveringsslib in de Nederlandse landbouw is zeer gering.

Tabel 4 Overzicht van mediane gehalten aan metalen in gft- en groencompost gedurende de periode 2012-2018 en de huidige NL- en EU-norm voor compost (MW) respectievelijk organische bodemverbeteraar (FPR).

	GFT (bron: Attero)	Groen Compost (bron: BVOR)	Norm voor compost NL (UBMW)	Norm voor organische bodemverbeteraar (PFC 3A)
Cd	0,38	0,39	1	2
Cr	23	17	50	2 (Cr-VI)
Cu	40	21	90	300
Hg	0,09	0,09	0,3	1
Ni	11	9	20	50
Pb	51	34	100	120
Zn	178	116	290	800
As	4,4	4,8	15	40

Voor Nederland gelden nog steeds de toegestane gehalten voor meststoffen zoals weergegeven in Tabel 5 voor primaire nutriënten en Tabel 6 voor secundaire nutriënten. Daarbij zijn zowel voor primaire (N, P, K, neutraliserende waarde en organische stof) als secundaire nutriënten (Mg, S, Ca, en Na) maximale gehalten per massa-eenheid nutriënt gedefinieerd. Daarbij is steeds dezelfde totale vracht maatgevend (laatste kolom in Tabel 5). Deze vracht is gebaseerd op de maximaal toelaatbaar geachte gehalten aan zware metalen in zuiveringsslib en de maximaal toelaatbare dosering van zuiveringsslib op bouwland: 2 ton droge stof/ha/jaar. Deze toelaatbare dosering is daarbij gebaseerd op aannames omtrent de accumulatie van metalen in de bodem. Het bepalende criterium daarbij was dat met deze vrachten een onacceptabele accumulatie voorkomen wordt.

In Tabel 5 zijn de maximale waarden aan metalen van toepassing die behoren bij dát waarde gevende bestanddeel waarvan bij het toedienen van een toenemende hoeveelheid van de meststof de hoeveelheid van 80 kg fosfaat (P_2O_5), 100 kg stikstof (N), 150 kg kali (K_2O), 400 kg neutraliserende waarde (NV) of 3000 kg organische stof het éérst wordt bereikt (zijnde het limiterende waarde gevende bestanddeel voor het toedienen van het product). Voor de secundaire nutriënten geldt dit principe voor hoeveelheden van 75 kg magnesiumoxide (MgO), 75 kg zwaveltrioxide (SO_2) of 60 kg natriumoxide (Na_2O). Voor calciumsulfaat gelden de maximale waarden.

Tabel 5 Overzicht van eisen voor zware metalen voor primaire nutriënten in meststoffen op basis van waarde gevende bestanddelen volgens de Meststoffenwet. Bron: Bijlage II, Tabel 1 Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet.

Zware metalen	Maximale waarden in mg per kg van het desbetreffende waarde gevende bestanddeel					Max vracht in gram/ha/jaar
	P_2O_5	N	K_2O	neutraliserende waarde	organische stof	
Cadmium	31,3	25	16,7	6,3	0,8	2,5
Chroom	1875	1500	1000	375	50	150
Koper	1875	1500	1000	375	50	150
Kwik	18,8	15	10	3,8	0,5	1,5
Nikkel	750	600	400	150	20	60
Lood	2500	2000	1333	500	67	200
Zink	7500	6000	4000	1500	200	600
Arseen	375	300	200	75	10	30

Tabel 6 Overzicht van eisen voor zware metalen voor secundaire nutriënten in meststoffen op basis van waarde gevende bestanddelen volgens de Meststoffenwet. Bron: Bijlage Ab, Tabel 1 Uitvoeringsregeling Meststoffenwet.

Zware metalen	Maximale waarden in mg per kg van het desbetreffende waarde gevende bestanddeel			
	MgO	SO ₃	Na ₂ O	CaO in CaSO ₄ -meststof
Cadmium	33	33	42	2,5
Chroom	2000	2000	2500	150
Koper	2000	2000	2500	150
Kwik	20	20	25	1,5
Nikkel	800	800	1000	60
Lood	2667	2667	3333	200
Zink	8000	8000	10000	600
Arseen	400	400	500	30

Daarnaast gelden voor zuiveringsslib en compost maximale gehalten op basis van product (Tabel 7).

2.4 Vergelijking criteria FPR en MW voor compost en zuiveringsslib

Omdat voor een groot deel van de onderscheiden meststoffen er geen een-op-een relatie is tussen de gereguleerde producten in de FPR en de groepen van meststoffen in NL is het lastig deze direct te vergelijken. Dat kan wel bijvoorbeeld voor compost, dat in de FPR opgenomen is als CMC en daarnaast bij gebruik zonder vermenging met een andere CMC moet voldoen aan de eisen van PFC 3A (Organische bodemverbeteraar). Uit de data in Tabel 7 blijkt dat de waarden in de FPR voor PFC 3A voor alle metalen (m.u.v. lood) een factor 2 à 3 hoger zijn dan de huidige normen voor compost in de MW.

Tabel 7 Overzicht van eisen aan zware metalen voor zuiveringsslib, compost en organische bodemverbeteraars (FPR) op basis van gehalten (in mg kg⁻¹ ds) en de vracht (in kg/ha/jaar); dit laatst alleen voor zuiveringsslib. Bronnen: NL: UBMW, Bijlage II, tabellen 2 en 3; EU: criteria FPR PFC 3A Organische bodemverbeteraar.

Metaal	Zuiveringsslib NL (MW)		Zuiveringsslib EU (86/278/EEC)		Compost NL	Organische bodemverbeteraar (EU2019/1009)
	Gehalte	Vracht	Gehalte	Vracht	Gehalte	Gehalte
Cadmium	1,25	0.0025 ¹	20-40	0.15	1	2
Chroom	75	0.15	-	-	50 ²	2 ³
Koper	75	0.15	1000- 1750	12	90	300
Kwik	0,75	0.0015	16 – 25	0.1	0,3	1
Nikkel	30	0.06	300 – 400	3	20	50
Lood	100	0.2	750 – 1200	15	100	120
Zink	300	0.6	2500 – 4000	30	290	800
Arseen	15	0.03	-	-	15	40

¹ op basis van een gebruik van 2 ton/jaar/ha; ² gemeten als chroom totaal; ³ gemeten als Chroom (VI).

Zuiveringsslib is uitgesloten als grondstof (als CMC) of product (als PFC), tenzij het bewerkt is tot een door de FPR aangewezen vorm.² Struviet en andere producten uit zuiveringsslib worden benoemd in de FPR, wat perspectief biedt voor landbouwkundig gebruik. Op EU-niveau gelden voor zuiveringsslib nog steeds de

² De bestanddelencategorieën worden uitgebreid door opname van CMC 12 (Precipitated phosphate salts and derivatives), CMC 13 (Thermal oxidation materials and derivatives) en CMC 14 (Pyrolysis and gasification materials). De Europese Commissie heeft het amendement hiervoor aangenomen. Het amendement is voorgelegd aan het Europese Parlement en de RAAD (stand van zaken augustus 2021).

bestaande normen, zoals opgenomen in de Richtlijn (gebruik) zuiveringsslib (in de landbouw) (86/278/EEC). Deze zijn ook in Tabel 7 opgenomen, waarbij onderscheid gemaakt wordt tussen een maximaal gehalte en een maximale vrucht. Het maximale gehalte is daarbij deels afhankelijk van het gehalte in de ontvangende grond. Het uitgangsprincipe van de *Sewage Sludge Directive* is namelijk dat de accumulatie niet mag leiden tot het overschrijden van streefwaarden in de bodem. Deze streefwaarden zijn vastgelegd en verschillen per bodemtype.

In NL wordt het gebruik van zuiveringsslib gereguleerd door het Besluit Gebruik Meststoffen, ressorterend onder de Wet Bodembescherming. De kwaliteit wordt gereguleerd door het UBMW. Daarbij wordt voor zuiveringsslib, anders dan voor geregleerde meststoffen, onderscheid gemaakt naar maximale gehalten in combinatie met een maximaal toegestane dosering die cultuurafhankelijk is, waardoor de jaarlijkse maximaal toelaatbaar geachte vrucht is bepaald. Voor de toegestane gehalten geldt dat deze op EU-niveau (FPR) hoger zijn dan de huidige normen in NL wat resulteert in een overeenkomstig hogere vrucht (Tabel 7 en tabel Bijlage 4) waarin een vergelijking opgenomen is van bestaande normen voor slib voor een aantal landen en de EU (Ehlert et al., 2013).

Een ander verschil tussen de eisen in de FPR en die in de MW is dat voor chroom de normering in de FPR op de gehalten aan Cr (VI) zijn gebaseerd, terwijl die in de MW op basis van Cr-totaal zijn gebaseerd (ruwweg overeenkomend met Chroom (III)). De keuze voor Cr (VI) is vooral gerelateerd aan het grote verschil in toxiciteit van Cr (VI), wat zeer toxisch en Cr (III) wat nauwelijks toxisch is. Een van de consequenties van de keuze van normering op basis van Cr (VI) is dat producten met sterk verhoogde gehalten aan totaalchromium (of Chroom (III)) wél als EU-meststof of grondstof daarvoor mogen dienen, daar waar die in NL volgens de huidige richtlijnen niet toegestaan zijn.

2.5 MRL's als uitgangspunt voor het afleiden van normen voor niet-gereguleerde metalen?

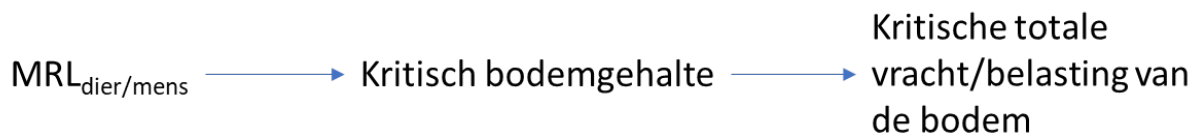
2.5.1 Achtergrond van MRL's als regulerend principe bij de afleiding van normen voor meststoffen

Aanvullend op normen voor productgehalten, reguleert de FPR aanvoer van metalen via bemestingsproducten door koppeling aan te brengen met gehalten van zware metalen in levensmiddelen en diervoeders via *maximum residue limits* (MRL's):

"Indien het EU-bemestingsproduct een stof bevat waarvoor maximum residu grenswaarden voor levensmiddelen en diervoeders zijn vastgesteld [...] mag het gebruik van het EU-bemestingsproduct zoals gespecificeerd in de gebruiksaanwijzing niet leiden tot een overschrijding van die grenswaarden in levensmiddelen of diervoeders." (Bijlage I, deel II, punt 5d).

Dit geldt echter specifiek voor niet-gereguleerde stoffen (metalen). Metalen waarvoor een norm voor productgehalten geldt, moeten aan deze norm voldoen en niet aan de (eventueel vastgestelde) MRL voor dat metaal.

De genoemde 'grenswaarden in levensmiddelen of diervoeders' zijn daarmee de facto MRL's die sturend zouden moeten zijn voor de hoogte van acceptabele gehalten in meststoffen. In Figuur 1 is al uitgelegd wat het algemene principe van een risico-gebaseerde norm is. Dit is in Figuur 2 gespecificeerd voor MRL's in de landbouw.



Figuur 2 Principe van de afleiding van normen in meststoffen op basis van een MRL.

Na publicatie van de FPR heeft een Europese Commissie een wijzigingsvoorstel ingediend om een wijziging in verantwoordelijkheden bij toepassing van MRL's tot stand te brengen.

Of MRL's een basis kunnen leggen voor afleiding van een normwaarde voor niet-gereguleerde contaminanten vraagt een antwoord op twee deelvragen:

1. Voor welke metalen en in welke producten zijn er MRL's beschikbaar en wat zijn op dit moment de MRL's die dan bepalend zijn (zie par. 2.5.2)?
2. Kunnen we een MRL in een product (diervoeder of voedingsmiddel) vertalen naar een corresponderend gehalte in een bemestingsproduct of de totale belasting van de bodem, zodat deze MRL's (op termijn) niet overschreden worden (zie par. 2.5.3)?

Uiteraard geldt daarbij nog een derde criterium, namelijk of er überhaupt gegevens zijn van de gehalten aan (niet-gereguleerde) metalen waarvoor een MRL dan sturend zou moeten zijn voor het bepalen van de milieurisico's.

Daarbij kan uiteraard de vraag ook andersom gesteld worden: geeft een norm in meststoffen aanleiding tot overschrijding van een MRL? In dat geval wordt de norm niet van de MRL zelf afgeleid (zoals in Figuur 2 van links naar rechts lezend gebeurt), maar wordt gegeven een gekozen norm (bijv. op basis van *best practice*) geëvalueerd of deze niet leidt tot gehalten in producten hoger dan de MRL (ofwel Figuur 2 lezend van recht naar links).

Wat in beide situaties verder relevant is, is de *termijn* die bij een dergelijk principe gehanteerd wordt.

Maximum Residu limiet (MRL) en Maximum Limiet (ML): relevantie voor metalen

In het rapport van Faber & Montforts (2022) staat een toelichting op de rol en betekenis van MRL's en ML's in de FPR en hun toepassing. Voor metalen gelden dezelfde principes, namelijk dat MRL's de maximaal toelaatbare gehalten in producten weergeven waarbij gebruik door de mens (voedselproducten) en dier (voedermiddelen) niet leidt tot gezondheidsrisico's. Voor MRL's (ook voor metalen) geldt dat risico's voor milieu echter niet expliciet zijn meegenomen.

Een verschil tussen MRL's voor residuen van farmaceutische middelen, gewasbeschermingsmiddelen en biociden is dat een groot deel van deze residuen van nature niet in de bodem of in producten (plantaardig/dierlijk) voorkomt, terwijl voor vrijwel alle metalen geldt dat deze altijd in producten aanwezig zijn, zij het veelal op lage niveaus. Mede daarom zijn er voor organische contaminanten ook MRL's voor residuen die helemaal niet in een product mogen zitten (ofwel de MRL is gelijk aan een 'default' laagste detectiegrens), terwijl voor metalen er steeds sprake is van een maximaal gehalte dat hoger ligt dan bestaande detectiegrenzen.

Voor metalen geldt dat eisen t.a.v. PFC's (Annex 1) niet gebaseerd zijn op of gerelateerd zijn aan MRL's in producten voor voedsel of veevoer. Wel bevat Annex 1 maximale gehalten voor een aantal metalen op productbasis voor vrijwel alle PFC's zoals omschreven in Hoofdstuk 2. Deze zijn – voor zover bekend – grotendeels gebaseerd op het minimaliseren van accumulatie in de bodem en juist niet aan de bescherming van productkwaliteit. Voor de meeste CMC's zoals opgenomen in Annex 2 geldt eveneens dat er voor metalen geen MRL's gehanteerd worden voor de beoordeling van de kwaliteit.

Annex III benoemt een aantal Verordeningen en Richtlijnen waarin ook voor metalen MRL's zijn opgenomen. Dit betreft MRL's voor zowel de bescherming van de kwaliteit van voedingsmiddelen (food, uitsluitend MRL's voor Cd, Hg en Pb, EU1881/2006) en voedermiddelen (feed, Cd, Hg, Pb en As EU/2002/32) voor schadelijke stoffen. Voor essentiële micronutriënten (Cu, Mn, Co, Fe en Zn) zijn ook maximale gehalten opgenomen ter voorkoming van toxiciteit (feed, EU/1334/2003). De overige genoemde Verordeningen en Richtlijnen hebben voornamelijk betrekking op residuen van o.a. bestrijdingsmiddelen en additieven.

Indien grondstoffen, die anders als levensmiddel of diervoeder op de markt zou worden gebracht, gebruikt worden in meststoffen en gehalten bevatten die een van deze MRL's overschrijden, dienen de maximale concentraties van de overschreden residuen in het product op het productlabel opgenomen te zijn met daarbij een waarschuwing aan de eindgebruikers.

De bedenkingen tegen een dergelijke vorm van labels zijn dezelfde als die genoemd in Hoofdstuk 4 van dit rapport: namelijk dat overschrijding van een MRL in een grondstof niet een-op-een gekoppeld is aan de mogelijke overschrijding van een MRL in een product geteeld op de grond die het product ontvangt. Ten tweede geldt dat MRL's in een aantal voedingsmiddelen (met name Cd) veel lager zijn dan welke andere kwaliteitseisen die voor PFC's op productniveau gelden. Dat kan betekenen dat indien (een grondstof voor) een voedingsmiddel dat niet aan een MRL voor Cd voldoet maar wel als grondstof wordt gebruikt, labels van de PFC vereist wordt, terwijl de uiteindelijke kwaliteit van de betreffende PFC ver beneden de norm (uit Annex I) voor Cd ligt. Tot slot is er ook geen directe koppeling tussen de MRL's voor levensmiddelen en milieurisico's; het is zeer aannemelijk dat er op het niveau van MRL's, indien deze als maatgevend voor de kwaliteit van een product gebruikt wordt, geen milieurisico is.

In de meeste gevallen ligt het huidige gehalte aan (deels gereguleerde) zware metalen in de bodem beneden het kritische gehalte waarbij een MRL overschreden wordt (zie bijv. Groenenberg et al. (2006) voor koper en De Vries et al. (2004) voor zink). Tevens is het zo dat de jaarlijkse totale belasting van de bodem niet zodanig is dat dit kritische niveau in de bodem in één jaar bereikt wordt. Bij de berekening van een kritische vracht (en bijbehorende kritische gehalten in meststoffen) is het daarom noodzakelijk de termijn te benoemen waarbinnen het kritische gehalte in de bodem bereikt wordt. Vaker wordt bij dergelijke berekeningen een termijn van 100 jaar genoemd. Deze termijn is bijvoorbeeld ook gebruikt bij de afleiding van de huidige normen in de Meststoffenwet als termijn waarbinnen de maximale accumulatie bereikt zou worden (Janssen et al., 1999).

Een ander principe baseert de kritische vracht op die gehalten die nodig zijn om het evenwicht te bereiken waarbij het kritisch gehalte in de bodem bereikt wordt. Elke vracht naar de bodem leidt namelijk op kortere of langere termijn tot een evenwicht waarbij afvoer van de bodem (opname/uitspoeling) in balans is met aanvoer en het gehalte in de bodem niet meer verandert. Dit evenwicht wordt ook wel aangeduid met *steady state*. Door het niveau van evenwicht/*steady state* (in het bodemgehalte) gelijk te stellen aan dat kritische gehalte in de bodem waarbij de MRL's bereikt worden, kan een bijbehorende kritische belasting (vracht) berekend worden.

2.5.2 Overzicht van huidige MRL's

Op dit moment bestaan er slechts voor een aantal metalen MRL's waarbij onderscheid gemaakt wordt tussen normen voor voedingsmiddelen en voor diervoeders. Daarbij zijn de normen die Nederland hanteert gelijk aan of gebaseerd op de normen die op EU-niveau gelden.

MRL's in humane voedingsmiddelen

Voor humane voedingsmiddelen bevat alleen *Verordening 1881/2006* MRL's voor levensmiddelen. Dit betreft de metalen cadmium, lood, kwik, arseen en tin. Deze worden ook in NL gehanteerd als bovengrens (zoals omschreven in de Warenwetregeling Verontreinigingen in levensmiddelen).

Voor tin (overigens niet gereguleerd in FPR noch Meststoffenwet) geldt echter dat dit levensmiddelen in blik reguleert waarbij de bron van tin het blik is en niet de producten zelf.

Voor kwik geldt dat Verordening 1881/2006 uitsluitend betrekking heeft op vis- en visproducten en daarnaast voedingssupplementen; deze is dus niet te herleiden tot akkerbouw- of tuinbouwproducten.

Voor arseen, tot slot, geldt dat de huidige normen alleen gelden voor rijst en rijstproducten. Voor Nederland betekent dit dat er de facto alleen MRL's voor voeding voor cadmium en lood zijn. Voor deze twee elementen zijn er MRL's voor de meeste akkerbouw- en tuinbouwproducten. De hoogte van de MRL's voor beide elementen variëren daarbij tussen productgroepen. Voor cadmium varieert de MRL tussen 0,05 mg/kg voor onder andere fruit en tot 0,2 mg/kg voor een aantal granen en rijst. Voor lood varieert dit van 0,1 mg/kg voor fruit tot 0,3 mg/kg voor een aantal koolsoorten en bladgroenten. Deze MRL's zijn op basis van versgewicht.

De huidige MRL's zijn daarbij deels gebaseerd op een risicobenadering (gerelateerd aan de maximaal toelaatbare inname per dag) bijvoorbeeld voor een aantal granen en rijst, terwijl een aantal MRL's deels ook een praktische grondslag kent (o.a. fruit) waarbij de MRL is gezet op een niveau dat onder normale landbouwcondities verondersteld wordt realiseerbaar te zijn door de landbouwer of rekening houdend met het feit dat bladgroenten van nature al meer cadmium opnemen dan bijvoorbeeld fruit. Een voorbeeld van pragmatische keuzes is dat in Japan en Taiwan andere normen voor cadmium in rijst gehanteerd worden (0,4 mg/kg) dan in de rest van de wereld incl. de EU (0,2 mg/kg). Een norm van 0,2 mg/kg zou in Japan en Taiwan namelijk leiden tot een groot aandeel van de geproduceerde rijst die niet aan de norm zou voldoen.

Voor de overige metalen die in de FPR en Meststoffenwet gereguleerd worden (koper, zink, chroom en nikkel) bestaan, voor voedingsmiddelen, geen MRL's.

MRL's in diervoeder

Voor diervoeding geldt dat er normen zijn voor zowel niet-essentiële metalen als micronutriënten. Op dit moment zijn verschillende EU Verordeningen actief die limieten stellen aan de gehalten van metalen (Richtlijn Ongewenste stoffen in diervoeders).³ Hierin zijn maximale gehalten voor As, Cd, Pb, en Hg in diervoeding opgenomen. De daarin opgenomen gehalten zijn ook overgenomen in de Nederlandse Verordening PDV diervoeders 2003.

Voor arseen gelden daarbij MRL's variërend van 2 mg/kg voor voedermiddelen en volledige diervoeders tot 4 mg/kg voor aanvullende diervoeders (met een aantal specifieke uitzonderingen voor additieven).

Voor cadmium varieert de MRL van 0,5 mg/kg voor volledige diervoeders tot 1 mg/kg voor voedermiddelen van plantaardige herkomst (met een aantal uitzonderingen voor additieven).

Voor lood varieert de MRL van 5 mg/kg voor volledige diervoeders tot 30 mg/kg voor groenvoeders (met een aantal uitzonderingen).

Voor kwik bedraagt de MRL 0,1 mg/kg voor mengvoeders en voedermiddelen.

³ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=CELEX:02002L0032-20150227&from=LT>

Alle MRL's in diervoeders en voedermiddelen zijn herleid tot een product met een drogestofgehalte van 12%.

Daarnaast zijn er specifiek voor koper en zink richtlijnen opgenomen in *Verordening EG/1334/2003*. Deze zijn in 2016 (voor zink, Uitvoeringsverordening 2016/195) en in 2018 (voor koper, Uitvoeringsverordening EU/1028/1039) iets gewijzigd.

Voor zink variëren de toegestane gehalten van 180 mg/kg voor kalveren (verhoogd t.o.v. 1334/2003), 150 mg/kg voor biggen (gelijk aan 1334/2003) tot 120 mg/kg voor overige dieren (o.a. geiten, runderen en paarden; verlaagd t.o.v. 1334/2003). Alle gehalten gelden voor complete diervoeders, herleid naar een product met een vochtgehalte van 12%.

Voor koper variëren de MRL's van 15 mg/kg voor schapen, 15 tot 30 mg/kg voor runderen (hogere gehalten gelden voor oudere dieren) en 100 tot 150 mg/kg voor varkens (hogere gehalten gelden voor jongere dieren). Voor de overige diersoorten (o.a. paarden) geldt een norm van 25 mg/kg. Ook deze waarden gelden voor complete diervoeders, herleid naar een vochtgehalte van 12%.

Voor de overige metalen gereguleerd via de FPR of MW (chromium en nikkel) zijn er op dit moment geen MRL's beschikbaar. Dat betekent dus impliciet dat voor de niet-gereguleerde metalen er feitelijk geen normwaarden te herleiden zijn op basis van productkwaliteit. Wel zijn er voor een aantal metalen (o.a. barium, tin, en vanadium) waarden voor de maximaal toereerbare dagelijkse inname voor landbouwhuisdieren (paarden, koeien, schapen) gerelateerd aan diergezondheid (zie Hoofdstuk 4 voor een verdere toelichting over de mogelijke risicobasis voor niet-gereguleerde metalen).

Als ook dergelijke grenswaarden ontbreken, kan altijd nog teruggevallen worden op een standstillprincipe (of maximaal aanvaardbare accumulatie) voor de bodem (zie Hoofdstuk 4).

2.5.3 Herleiden van een norm voor meststoffen uit bestaande MRL's

Om een MRL in diervoeder of voedingsmiddel te kunnen relateren aan een toelaatbare vracht via meststoffen maar waarbij, op termijn, een MRL overschreden wordt, moet aan twee voorwaarden voldaan worden:

1. Er moet een relatie bestaan tussen een gehalte in de bodem en het doelgewas (voedermiddel dan wel voedingsgewas).
2. Het moet bekend zijn welk deel van de totale belasting van bodem afkomstig is uit meststoffen.

De eerste voorwaarde is daarbij nog de meest kritische. De relatie tussen het gehalte in de bodem en die in het gewas is op dit moment slechts aangetoond voor cadmium, zink en in mindere mate voor koper en lood (voor een overzicht van deze relaties zie (De Vries et al., 2007)). Daarbij geldt dat de kwaliteit van deze relaties veelal beperkt is, dat wil zeggen, de betrouwbaarheid van het model dat afgeleid is van beschikbare data is middelmatig voor de meeste combinaties van metaal en gewas. Het is namelijk niet zo dat alle gewassen metalen in dezelfde mate opnemen en ook verschilt de opname tussen metalen. Zo wordt een metaal als cadmium relatief makkelijk opgenomen door bladgroente als sla en andijvie of stengelgewassen (prei) en veel minder door vruchtgroente als tomaat of komkommer. Mede daarom verschilt de huidige MRL voor cadmium en lood, waarbij die voor fruit lager zijn dan voor andere gewasgroepen.

Op dit moment kunnen we concluderen dat er, m.u.v. cadmium en zink, voor de gereguleerde metalen voor levensmiddelen en diervoeders geen toepasbare modellen zijn (voor NL en de EU) om een MRL te herleiden naar een kritisch gehalte in de bodem en vandaar uit naar een norm in meststoffen. Dat geldt dus zowel voor de gereguleerde metalen, maar meer nog voor niet-gereguleerde metalen waarvoor geldt dat er een groot gebrek aan data is over gehalten in diervoeders en producten voor menselijke consumptie.

Andersom geldt daarmee hetzelfde: indien een norm in meststoffen vastgesteld wordt (op basis van eender wel criterium) kunnen we niet berekenen of, en zo ja op welke termijn er sprake zal zijn van een overschrijding van de MRL (m.u.v. cadmium en zink).

Feit is dat de FPR MRL's hanteert als criterium om risico's van contaminanten te beheersen. Voor anorganische contaminanten bieden MRL's voor Cd en Zn borging van risico's. Voor de overige gereguleerde

en niet-gereguleerde anorganische contaminanten ontbreken waarden voor MRL's evenals modellen om een MRL in diervoeders of levensmiddelen naar een grenswaarde in meststoffen te vertalen. Het criterium van de MRL'S biedt daarom geen borging van risico's voor deze stoffen.

Het feit dat bestaande modellen, m.u.v. cadmium en zink, niet in staat zijn MRL's te herleiden tot normen in meststoffen maakt dat het tweede criterium op dit moment minder of niet van belang is. Voor cadmium is dat nog wel relevant en moet bij de berekening van een gehalte in meststoffen ook nog bekend zijn wat de overige bronnen bijdragen aan de belasting van de bodem. Het is immers de totale belasting die uiteindelijk het gehalte in de bodem bepaalt. Datzelfde geldt ook voor de afvoer van metalen, want uiteindelijk bepaalt het verschil tussen aan- en afvoer van metalen de mate waarin accumulatie optreedt. Zeker voor stoffen als cadmium en zink geldt daarbij dat de vracht die via uitspoeling jaarlijks uit de bovengrond verdwijnt van dezelfde orde van grootte is als die via meststoffen en atmosfeer aangevoerd wordt (Römkens et al., 2018).

Specifiek voor cadmium geldt dan ook dat er op dit moment in Nederland sprake is van een vrijwel neutrale balans, dat wil zeggen op landelijk niveau verandert het gehalte aan cadmium in de bodem niet of nauwelijks, omdat aanvoer vrijwel gelijk is aan afvoer. Daarbij geldt overigens wel dat dit regionaal sterk kan verschillen. Niet alleen omdat de aanvoer kan wisselen per teeltsysteem, maar ook omdat de afvoer verschilt. Dit laatste komt zowel doordat gewasafvoer verschilt, maar ook omdat uitspoeling sterk afhankelijk is van bodemtype. Zo spoelen de meeste metalen incl. cadmium meer uit zandgronden dan uit kleigronden. De balans in zandgronden in Nederland is daarom ook overwegend negatief (wat ertoe leidt dat de gehalten aan cadmium in zandgronden dalen), terwijl die in kleigronden positief is. Overigens is de snelheid waarin het gehalte op regionaal of landelijk niveau daalt of stijgt zeer langzaam. Ook in kleigronden is het daarom niet te verwachten dat op termijn van decennia in Nederland sprake zal zijn van overschrijding van MRL's voor cadmium. Dat geldt niet voor die gebieden waar sprake is van verhoogde gehalten in de bodem zoals de Kempen of het Veenweidegebied. In die gevallen is het echter niet de aanvoer van metalen via dierlijke mest of meststoffen, maar de verhoogde gehalten in de bodem zelf die maken dat een product hogere gehalten aan metalen bevat.

3 Aanvoer van metalen en scenario's voor effecten van FPR

3.1 Data en methoden

3.1.1 Inleiding

De overzichten van gehalten in dit rapport en daarop gebaseerde berekeningen zijn grotendeels gebaseerd op Römken et al. (2016), die met dit rapport zijn geactualiseerd. Daar waar mogelijk zijn nieuwe gegevens (bijvoorbeeld over de samenstelling) gebruikt. Deze studie houdt rekening met het feit dat de indeling in productfunctiecategorieën en bestanddelencategorieën en ook de kwaliteitscriteria (normen) wijzigingen hebben ondergaan en nog steeds ondergaan. Zo zijn er bestanddelencategorieën (CMC's), die eerder aangekondigd waren, opgenomen in 2021 (CMC 12, 13, 14) en zijn in 2022 ook CMC's toegevoegd (11 en 15).

Voor een gedetailleerde beschrijving van methodieken en herkomst van data (voor zover geen nieuwe data beschikbaar zijn) verwijzen we naar Römken et al. (2016).

3.1.2 Mestgebruik en -samenstelling voor de berekeningen

3.1.2.1 Samenstelling en aanwending van mest

De data voor de samenstelling van de meststoffen zijn geactualiseerd t.o.v. de rapportage van Römken et al. (2016). Wijzigingen die doorgevoerd zijn, betreffen onder meer de verandering in de statistiek van meststoffen (zie Bijlage 1).

Terwijl in Römken et al. (2016) gerekend werd met meststoffenstatistieken van CBS, is in dit rapport gerekend met statistieken zoals gegeven in het *National Emission Model for Agriculture* (NEMA) (Van Bruggen et al., 2021). Het gevolg is dat de statistieken voor alle dierlijke mesten en kunstmest en kalk uit één bron komen van 1990 t/m 2019. Alleen de hoeveelheden voor de Overige Anorganische en Overige Organische meststoffen (vleesmeel, beenderenmeel, Bijlage Aa meststoffen) zijn opgezocht in andere bronnen, omdat NEMA die onder één categorie voegt voor N, P₂O₅ en K₂O respectievelijk 'Overige stikstofmeststoffen', 'Overige fosfaatmeststoffen' en 'Overige kalimeststoffen'. Die meststoffen zijn specifiek meegenomen, omdat de meeste van die meststoffen geen EG-meststoffen⁴ zijn, maar vanaf 16 juli 2022 wel via de FPR in het Europees vrijhandelsverkeer worden toegelaten.

Ten opzichte van de studie uit 2016 zijn er relatief weinig nieuwe metingen verricht aan de gehalten aan contaminanten in de belangrijkste bemestingsproducten.

Een uitzondering daarop vormt dierlijke mest, waarvoor in 2017 door Deltares (Deltares, 2018) een vergelijkbare kwaliteitsanalyse (belasting met metalen) is gedaan als eerder in 2008 (Römken & Rietra, 2008) in het kader van de update van de Emissieregistratie. Daarbij zijn in totaal 103 mestmonsters onderzocht (runderdrijfmest (n=44), varkensdrijfmest (n=39) en vleeskuikenmest (n=20)) en is onderscheid gemaakt tussen vier regio's (Noord, Zuid, Oost en West). In 2017 zijn in totaal veertien metalen bepaald in alle monsters (As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, U, V, Zn), terwijl dat in 2008 (As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni en Zn) acht waren. In de monsters van de studie in 2017 is kwik niet geanalyseerd. De reden hiervoor is dat kwik geen prioritair element is voor de Emissieregistratie. Een samenvatting van de gehalten aan metalen die zowel in 1996, 2008 als 2017 gemeten zijn (en gebruikt in de berekening van de aanvoer) staat in Bijlage 5.

⁴ EG Verordening 2003/2003 reguleert uitsluitend minerale meststoffen en kalkmeststoffen en verbiedt het gebruik van nutriënten van plantaardige of dierlijke herkomst.

Een vergelijking met de data uit 2008 toont dat er voor sommige metalen wel verschillen zijn, maar deze zijn niet consistent, de verschillen voor bijvoorbeeld koper zijn niet dezelfde als die voor arseen.

In het algemeen dalen de gehalten aan cadmium, arseen en lood, blijven die van zink en koper ongeveer gelijk en zijn de trends voor chroom en nikkel niet duidelijk, aangezien er mogelijk sprake is van enige contaminatie van de monsters (uit 2017) als gevolg van de gebruikte maalapparatuur.

Voor de belangrijkste metalen die bepalend zijn voor de aanvoer van metalen naar de landbouwgrond (koper en zink) zijn de veranderingen beperkt. Zo neemt bijvoorbeeld het gehalte aan koper in rundveedrijfmest licht af in 2017 t.o.v. 2008, maar voor zink blijft dat gelijk en neemt het gehalte aan zink in vleeskuikenmest toe t.o.v. 2008. De verschillen in de gemeten metaalgehalten tussen de studies uit 2008 en 2017 zijn in het algemeen echter veel kleiner dan de verschillen tussen de mestsoorten. Daarbij bevat varkensdrijfmest met name voor koper en zink hogere gehalten dan rundveedrijfmest en kuikenmest. Ook dit verschil was in 2008 groot.

Voor de onderscheiden minerale meststoffen is op basis van literatuurgegevens een actualisering uitgevoerd en aanvullend op de studie uit 2008. Hierdoor kunnen kleine verschillen ontstaan in de data zoals opgenomen in Bijlage 3 ten opzichte van die in Tabel 3.2 uit het rapport van 2016 (Römkens et al., 2016). Voor de berekening van de vrachten in 2019 zijn de geactualiseerde data gebruikt.

3.1.3 Aanvoer van metalen naar de landbouwbodem

De FPR onderscheidt productfunctiecategorieën (PFC) en bestanddelencategorieën (CMC). Het strikt volgen van deze categorieën schept verwarring, omdat het gebruik in de praktijk anders is. Zo wordt dierlijke mest aangemerkt als een grondstof voor een bestanddelencategorie mits het verwerkt is.⁵ Een toepassing als organische meststof of als organische bodemverbeteraar wordt dan mogelijk, maar dat is niet het standaard gebruik van dierlijke mest in Nederland. Het merendeel van dierlijke mest wordt in Nederland onverwerkt toegepast volgens bepalingen van de MW. In deze studie bepaalt het gebruik de duiding van de bemestingsproducten.

Op basis van het gebruik en de samenstelling van de onderscheiden minerale meststoffen, bodemverbeteraars en dierlijke mest is de totale belasting van de landbouwbodem met metalen (vracht) berekend als het product van de gebruik en het gehalte. Daarbij zijn uitsluitend de gemiddelde waarden gebruikt en is geen onderscheid gemaakt naar regio (data voor dierlijke mest zouden daarvoor gebruikt kunnen worden). Dit is gedaan omdat voor dierlijke mest weliswaar data per regio bekend zijn, maar op basis van deze data kan niet bepaald worden waar deze mest vervolgens aangewend wordt. De huidige situatie is dat een deel van de (dierlijke) mest niet in dezelfde regio wordt aangewend als die waar de productie van mest plaatsvindt. De tabellen in de volgende hoofdstukken geven daarom alleen landelijk gemiddelde waarden weer.

3.2 Bodembelasting met metalen: dalende trend in de periode 1991-2019

De bodembelasting in de periode 1991-2019 is berekend op basis van het gebruik van bemestingsproducten zoals gerapporteerd in Bijlage 1 en de samenstelling van bemestingsproducten conform Bijlage 3. Hierbij is aangenomen dat alleen het gebruik en niet de samenstelling van bemestingsproducten is veranderd over deze periode. In Tabel 8 staan de uitkomsten gerapporteerd.

Voor metalen als koper en zink zijn de trends in gehalten in dierlijke mest gering of afwezig, maar voor metalen als nikkel wijken de gehalten in dierlijke mest in 2018 (Deltares, 2018) af van het onderzoek uit 2008 (Römkens & Rietra, 2008) met een factor 2 à 3, wat resulteert in een hogere aanvoer ten opzichte van

⁵ Ten tijde van het schrijven van deze rapportage was er nog geen uitsluitel hoe CMC 10 met dierlijke bijproducten ingevuld zou worden (november 2021). Voorzien wordt dat verwerkte dierlijke mest opgenomen zal gaan worden in CMC 10. Daarnaast vormt dierlijke mest een grondstof voor compost (CMC 3) en digestaat (CMC 5).

die in de rapportage van Römken et al. (2016). Zo werd bij de studie uit 2016 in 1991 een aanvoer van 76 ton nikkel berekend, terwijl dit op basis van de nieuwe data nu een vracht van 169 ton aan nikkel oplevert voor het jaar 1991. In runderdrijfmest is bijvoorbeeld een gehalte van 13,5 mg Ni/kg droge stof gemeten, terwijl eerder 5,5 mg Ni/kg droge stof is gemeten. Voor nikkel en chroom geldt echter dat bij de voorbehandeling in de analyses in 2016 maalapparatuur is gebruikt van roestvrij staal. Dit heeft mogelijk geleid tot hogere gehalten aan nikkel en chroom die niet afkomstig zijn uit de mest, maar veeleer een (analytisch) artefact zijn (Deltares, 2018). Voor arseen is de aanvoer in 2019 juist een factor 2 lager dan eerder berekend. Ter illustratie zijn de berekende vrachten in de rapportage uit 2016 in Tabel 9 weergegeven.

Omdat het lastig is de absolute vrachten door deze verschillen in samenstelling te vergelijken, staan in Tabel 8 ook de relatieve veranderingen ten opzichte van 1991 vermeld. Het blijkt dan dat de verschillen voor alle metalen tussen de afname zoals gerapporteerd in 2016 en in dit rapport klein zijn (zie Tabel 9): de berekende relatieve verandering over de tijd is vergelijkbaar voor beide studies. *Noot:* de berekende vrachten in Tabel 8 zijn voor alle jaren gebaseerd op de recentste (2018) metingen.

Tabel 8 *Overzicht van veranderingen in de totale vracht aan nutriënten en metalen in de periode 1991-2019.*

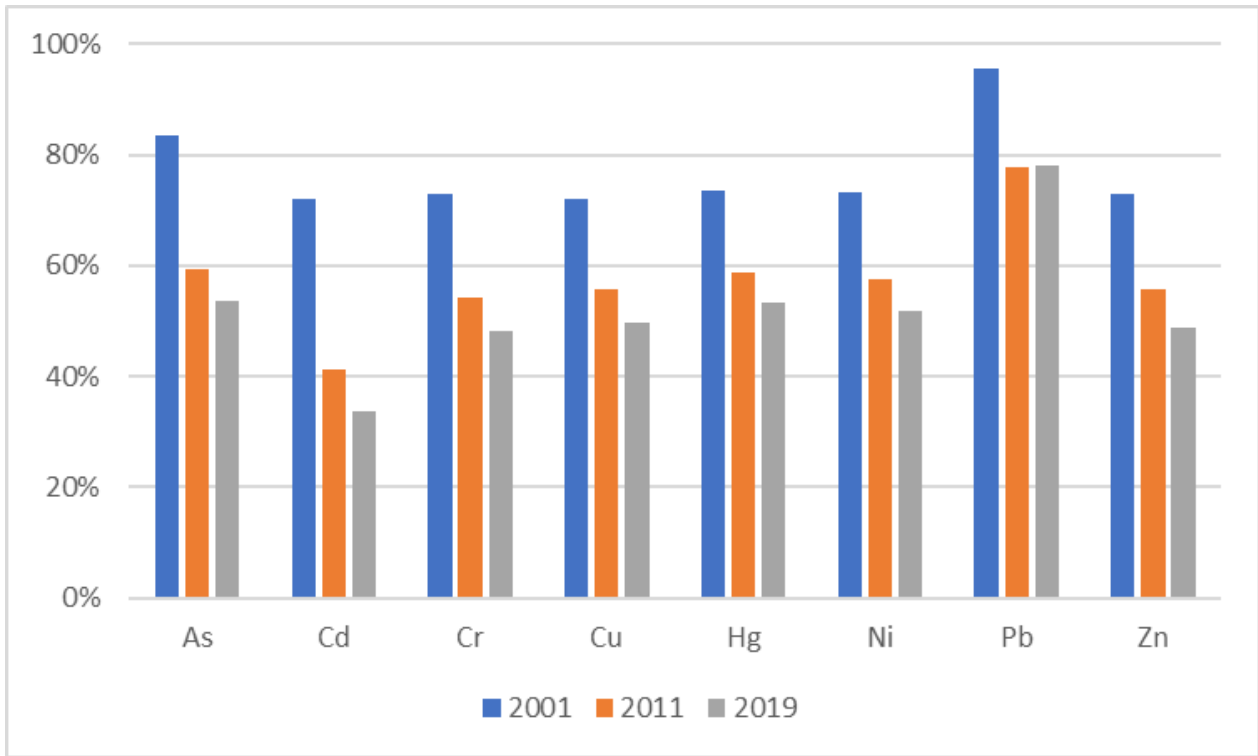
Jaar	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
	Ton							
1991	13	5,1	257	1611	1,5	169	86	3509
2001	11	3,7	187	1162	1,1	123	82	2559
2011	7,6	2,1	139	900	0,9	97	67	1951
2019	6,9	1,7	123	800	0,8	87	67	1713
<i>Afname in de vracht t.o.v. 1991</i>								
2001	16%	28%	27%	28%	26%	27%	4%	27%
2011	41%	59%	46%	44%	41%	43%	22%	44%
2019	46%	66%	52%	50%	47%	48%	22%	51%

Tabel 9 *Vrachten aan metalen zoals gerapporteerd in 2016 (Römken et al., 2016) en veranderingen in 2001 en 2011 ten opzichte van 1991.*

Jaar	P	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
	miljoen kg Ton								
1991	139	24	6	131	2152	1	76	97	3568
2001	102	19	4	104	1558	1	60	94	2635
2011	70	16	3	76	1209	1	49	82	2034
<i>Afname van de vracht</i>									
2001 t.o.v. 1991	27%	19%	26%	21%	28%	25%	20%	3%	26%
2011 t.o.v. 1991	49%	35%	53%	42%	44%	39%	35%	16%	43%

Daarbij is te zien (Figuur 3) dat de afname in de belasting op landelijke schaal in 2019 minder sterk is gedaald ten opzichte van 2011 dan in de periode 1991-2001 en 2001-2011. Daar waar in de periode 1991-2011 nog sprake was van een sterke daling van het mestgebruik en, in mindere mate, een daling van de gehalten in met name dierlijke mest, heeft deze daling maar beperkt doorgezet in de periode 2011-2019.

In relatieve zin is met name de belasting van cadmium (daling van 66% t.o.v. 1991) het sterkst gedaald. Voor de meeste metalen is de daling ruwweg 50% (t.o.v. 1991), met uitzondering van lood (daling van 22%).



Figuur 3 Daling van de vracht aan metalen naar landbouwgrond in de periode 2001-2019 ten opzichte van 1991 op basis van de data (samenstelling en gebruik van meststoffen) uit 2019 (1991 = 100%).

3.2.1 Dalende trend voor koper en zink: reden tot zorg?

Koper en zink zijn, naast zware metalen, ook micronutriënten. Deze metalen zijn daarmee essentieel voor gewassen, dat wil zeggen dat gewassen niet optimaal groeien bij te lage gehalten. Aan de andere kant hebben ze een negatieve impact op bodemgezondheid en gewasgroei wanneer de concentratie te hoog is (Janmaat, 2016). Binnen de normale ranges die in de Nederlandse bodem aanwezig zijn (Mol et al., 2010), is er met uitzondering van gebieden als de Kempen weinig sprake van te hoge gehalten. Veeleer is er discussie over de vraag of de voorraad aan beschikbaar zink en, in mindere mate, koper voldoende is als bron voor optimale plantengroei.

Volgens het *Handboek Bodem en Bemesting* wordt een kopertoestand, zoals geëxtraheerd met 0,43M HNO₃, van minder dan 4,9 mg/kg in de bodem gezien als 'vrij laag' en een gehalte van onder de 2 mg/kg in de bodem als 'laag'. Deze gehalten komen in zandgronden vaak voor: het mediane gehalte aan koper in landbouwgrond is 4,1 mg/kg, terwijl de 25-percentielwaarde 0,8 mg/kg bedraagt (Mol et al., 2010). Indien het kopergehalte lager is dan 4,9 of 2 mg/kg, wordt een kopergift van 3,5 respectievelijk 6 kg Cu/ha geadviseerd, waarbij dit voldoende geacht wordt voor een periode van 4 à 5 jaar. Een gift van 6 kg/ha is overigens een zeer grote gift wanneer we dit vergelijken met de gemiddelde jaarlijkse aanvoer via dierlijke mest. Die varieert tussen 0,15 en 0,3 kg/ha/jaar (gemiddeld 0,25 kg/ha/jr.; (Groenenberg et al., 2006).

De waardering van 'vrij laag' en 'laag' gelden echter slechts met enige zekerheid voor haver en tarwe. Andere gewassen zijn minder gevoelig voor kopergebrek (De Haan & Van Geel, 2021). Volgens de *Adviesbasis Bemesting Grasland en Voedergewassen* (2021) zijn er geen aanwijzingen dat er onder Nederlandse omstandigheden onvoldoende koper beschikbaar is voor optimale gewasgroei.

Voor zink geldt dat er in het *Handboek Bodem en Bemesting* en in de *Adviesbasis Bemesting Grasland en Voedergewassen* geen advies gegeven is voor zinktekort in de bodem. Voor grasgroei is er altijd voldoende zink aanwezig, ofschoon de discussie over mogelijke zinktekorten wel regelmatig in de pers verschijnt (o.a. Eurofins, 2015). Voor diergezondheid is er in uitzonderingsgevallen een tekort en wordt een aanvulling via het voerspoor aangeraden (Commissie bemesting grasland en voedergewassen, 2021).

Een recent overzicht van de gemeten beschikbaarheid van koper en zink in de bodem (Brotsma, 2019) laat zien dat voor zink de beschikbaarheid gedurende de laatste vijftien jaar niet is veranderd. Wel zijn er verschillen in beschikbaarheid tussen bodemtypen en is deze beschikbaarheid, gemeten met 0,01 M CaCl₂, vooral in zeeleiggronden laag. Of dit betekent dat er ook daadwerkelijk sprake is van een zinktekort in deze bodems is niet bekend.

Voor koper laten de data geen trend in beschikbaarheid zien anders dan dat deze in de eerste drie jaar van de monitoring (2007-2009) gemiddeld hoger is dan in de jaren erna (2010-2019). In de periode 2010-2018 is er geen dalende trend zichtbaar. Op dit moment is bovendien onduidelijk in hoeverre een extractie met CaCl₂ maatgevend is voor de plantbeschikbare opneembaarheid en is er geen algemeen geldend advies op basis van deze meting.

3.3 Aandeel van gereguleerde meststoffen aan de belasting van de landbouwbodem

Voor de aanvoer van metalen via meststoffen naar de landbouwbodem geldt dat het aandeel van genormeerde meststoffen in de aanvoer in 2019 klein is (< 6%), met uitzondering van cadmium (26%), arseen (28%) en lood (24%, Tabel 10). Voor die drie metalen geldt wel dat het aandeel in de periode 1991-2019 sterk is gedaald: van 34% (lood) tot 58% (cadmium) in 1991, naar 24% (lood) tot 28% (arsen) in 2019. Deze daling is veroorzaakt door de afname van het gebruik van een aantal minerale meststoffen en niet de gehalten aan metalen in die meststoffen. Voor cadmium is vooral de afname van het gebruik van fosfaat kunstmeststoffen in de periode 1991-2019 verantwoordelijk voor de daling van de aanvoer via EU-meststoffen.

Tabel 10 Aandeel EU-meststoffen van de totale aanvoer van metalen naar de landbouwbodem in de periode 1991-2019 op basis van gemiddelde gehalten.

	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
1991	49%	58%	15%	1%	2%	5%	34%	4%
2001	42%	54%	15%	1%	3%	5%	31%	4%
2011	28%	34%	7%	1%	2%	2%	25%	3%
2019	28%	26%	6%	1%	2%	2%	24%	3%

Voor vrijwel alle metalen in Nederland geldt dat de aanvoer van metalen naar de bodem gedomineerd wordt door het gebruik van dierlijke mest (Tabel 11). Met uitzondering van arseen (25%), lood (31%) en cadmium (50%) geldt dat meer dan 80% van de vracht aan chroom, koper, kwik, nikkel en zink door dierlijke mest bepaald wordt. Als ook nog de bijdrage van co-vergiste mest meegerekend wordt (het deel dat in NL aangewend wordt), neemt de bijdrage nog toe tot 97% voor koper en 91% voor zink en kwik. Naast dierlijke mest is met name compost relevant voor de rest van het aandeel van de vracht aan metalen. Deze bijdrage varieert van minder dan 10% voor chroom, koper, kwik, nikkel en zink tot 31% voor arseen en 38% (in 2019) voor lood.

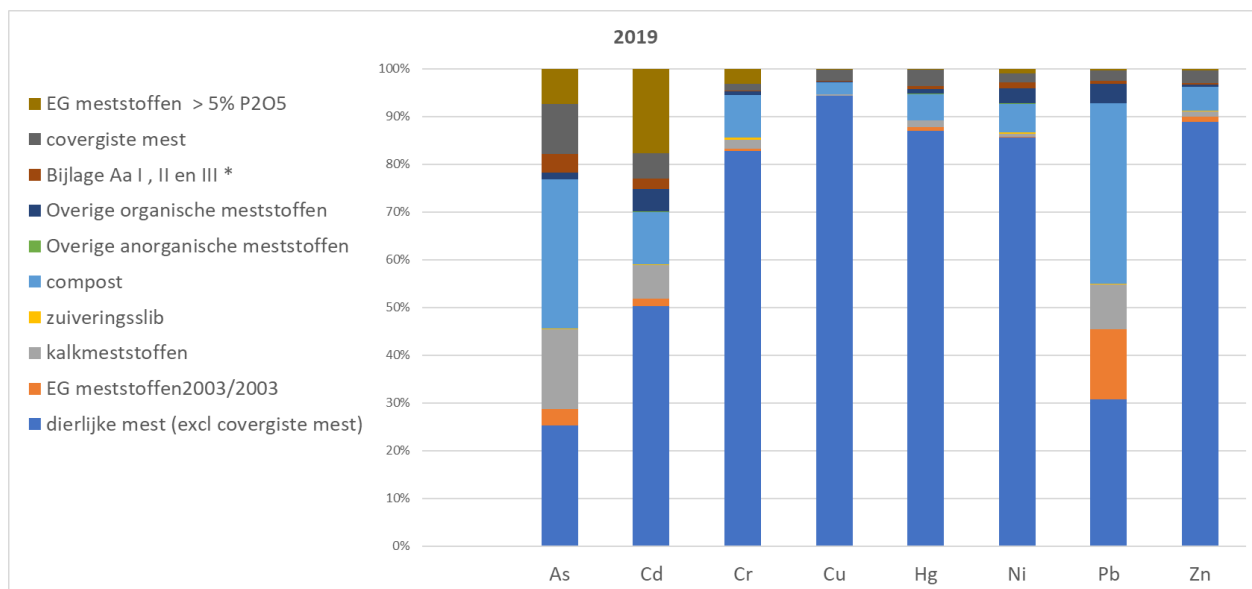
Dat betekent automatisch dat de totale vracht voor metalen als koper en zink vrijwel niet beïnvloed wordt door regulering van de kwaliteit van de gereguleerde meststoffen.

Tabel 11 Aandeel van dierlijke mest aan de belasting van de landbouwbodem (1991-2019) en het aandeel van co-vergiste mest en compost (2019).

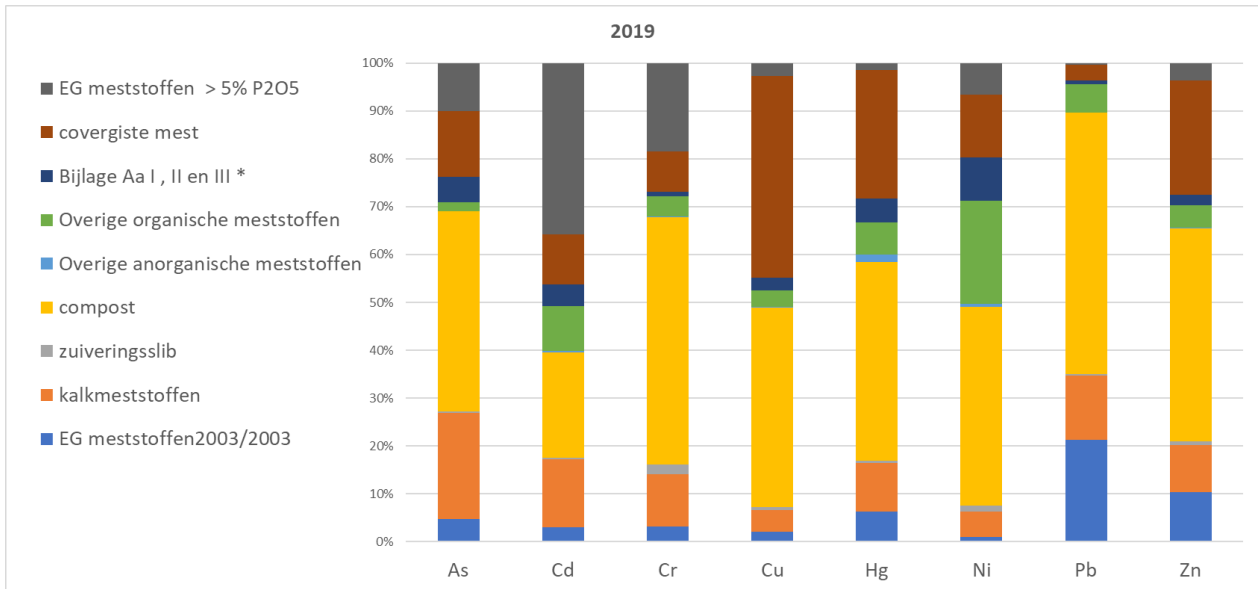
Aandeel	Jaar	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Dierlijke mest	1991	37%	37%	79%	98%	95%	89%	51%	94%
Dierlijke mest	2001	32%	37%	78%	97%	92%	87%	38%	92%
Dierlijke mest	2011	28%	47%	82%	95%	89%	86%	35%	90%
Dierlijke mest	2019	25%	50%	83%	94%	87%	86%	31%	89%
Dierlijke mest incl. co-vergiste mest	2019	36%	56%	84%	97%	91%	87%	33%	91%
Compost	2019	31%	11%	9%	2%	5%	6%	38%	5%

In Figuur 4 is voor alle metalen de verdeling opgenomen van het aandeel van alle andere onderscheiden meststoffen (incl. dierlijke mest, zuiveringsslib en compost) aan de belasting van de landbouwbodem in 2019. Vergelijkbare figuren zijn voor alle metalen en eerdere jaren (1991, 2001, 2011) in Appendix 5 opgenomen.

Vanwege het dominante aandeel van dierlijke mest in de totale vracht, is in Figuur 5 ook het aandeel van alle meststoffen (incl. compost) en zuiveringsslib (excl. dierlijke mest) opgenomen. Hieruit blijkt dat arseen, cadmium en chroom EG-meststoffen (EG/2003/2003) een bescheiden aandeel vormen aan de totale belasting, die oploopt tot 35% (noot: van de vracht excl. mest) voor cadmium. Compost en co-vergiste mest zijn in dat geval de dominante andere bronnen voor de meeste andere metalen.



Figuur 4 Aandeel van de onderscheiden meststoffen incl. dierlijke mest en zuiveringsslib aan de totale vracht van metalen naar de landbouwbodem in 2019.



Figuur 5 Aandeel van de onderscheiden meststoffen exclusief dierlijke mest aan de totale vracht van metalen naar de landbouwbodem in 2019.

3.4 Scenario's voor de berekening van de aanvoer van metalen naar de landbouwbodem

3.4.1 Overzicht van scenario's

Naast het scenario voor de berekening van de aanvoer op basis van vrachten en gehalten in 2019 (scenario 1) zijn drie aanvullende (landelijke) scenario's uitgewerkt. Deze brengen de effecten in beeld op de mogelijke vracht als gevolg van een aantal (deels huidige, deels voorgestelde) wijzigingen in de toegestane gehalten aan contaminanten in meststoffen. Scenario 2, 3 en 4 kunnen daarom als worstcasescenario's beschouwd worden. De aanname is namelijk dat alle in deze scenario's gereguleerde meststoffen contaminanten bevatten met een gehalte conform de norm.

Scenario 1: Aanvoer op basis van huidige gehalten. Hierbij wordt met behulp van de data uit Bijlage 1 en Bijlage 3 de actuele belasting geschat.

Scenario 2: In scenario 2, aangeduid als 'NL-norm', wordt aangenomen dat de gehalten aan metalen voor die meststoffen waarvoor een norm (op dit moment) geldt, gelijk zijn aan de huidige Nederlandse normen zoals gegeven in Hoofdstuk 2. Op dit moment gelden er in Nederland normen voor compost, zuiveringsslib, herwonnen fosfaten en de zogenaamde Overige Meststoffen. Voor meststoffen waar geen normen voor gelden, namelijk de EG-meststoffen en de dierlijke meststoffen, wordt gerekend met de huidige gehalten.

Scenario 3: In scenario 3, aangeduid als 'FPR 2019', wordt aangenomen dat de samenstelling van genormeerde bemestingsproducten gelijk gesteld wordt aan de eisen in EU Verordening 2019/1009 (FPR). Dat geldt dus nog steeds niet voor die bemestingsproducten waar ook na invoering van de FPR geen normen gelden, daarvoor hanteren we de huidige gehalten. Dit laatste geldt onder meer voor de onbewerkte dierlijke mest.

Scenario 4: In scenario 4, aangeduid als 'FPR 2019 VWB' (waarbij VWB staat voor 'verlaagde waarde gevende bestanddelen'), wordt aangenomen dat genormeerde bemestingsproducten in de FPR voor nutriënten, organische stof of kalk op het niveau zitten van de minimale eis ten aanzien van de waarde gevende bestanddelen (zie Tabel 2). Naast voorstellen voor toegestane gehalten aan contaminanten in meststoffen en bodemverbeterende middelen, bevat de FPR ook voorstellen t.a.v. de minimale eisen voor nutriënten. In dit scenario wordt daarom verondersteld dat de gebruikte meststoffen zowel op het niveau van de norm voor metalen (conform scenario 3) liggen én voldoen aan het minimale gehalte aan waarde gevende bestanddelen.

Dit is daarmee een worstcasescenario, want theoretisch kan een meststof als zodanig verhandeld worden, namelijk dat deze net voldoet aan de minimale eisen t.a.v. waarde gevende bestanddelen enerzijds en net voldoet aan de maximaal toegestane eisen t.a.v. contaminanten. In de praktijk van het vrijhandelsverkeer van bemestingsproducten met een CE-markering zal dit een zeer uitzonderlijk scenario zijn, gezien de relatief lage minimale eisen die aan nutriënten en andere waarde gevende bestanddelen gesteld worden. Mogelijk kan dit scenario betekenis krijgen bij de regionale afzet van bemestingsproducten gebaseerd op afvalstoffen.

3.4.2 Resultaten van de scenario's

Uit het verschil tussen de huidige aanvoer (scenario 1) en die gebaseerd op de potentiële aanvoer volgens de huidige Nederlandse normen (scenario 2, Tabel 12) blijkt dat op dit moment het aandeel van genormeerde meststoffen in NL voor cadmium, chroom, koper, kwik, nikkel, lood en zink relatief klein is. De toename van de belasting van de landbouwbodem als de gehalten in alle nu in NL aangewende genormeerde producten gelijk zijn aan die norm (scenario 2), varieert van vrijwel nul voor zink tot een factor 2 voor arseen. Een van de belangrijkste redenen is dat het merendeel van de metalen via dierlijke mest aangevoerd wordt (zie ook Tabel 11). Het absolute gebruik (in ton product per jaar in NL) van genormeerde meststoffen is daarom klein en een toename van de gehalten in die kleine vracht maakt voor de totale aanvoer daarom niet veel uit. De toename tussen de huidige NL-normen en de FPR-normen, respectievelijk scenario 2 en 3, komt doordat veel meer meststoffen een norm hebben met de FPR, met name alle minerale meststoffen.

Tabel 12 Aanvoer van metalen via meststoffen: effect van Nederlandse en FPR-normen voor de aanvoer naar de bodem in 2019 in ton/jaar (data incl. dierlijke mest). De toename t.o.v. scenario 1* (scen. 1) is een factor (-).

	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
1. Actuele aanvoer	7	1,7	123	800	0,8	87	67	1713
2. Aanvoer op basis van huidige NL normen	13	2,2	161	827	1,2	98	106	1733
<i>Toename t.o.v. scen. 1*</i>	<i>1,9</i>	<i>1,3</i>	<i>1,3</i>	<i>1,0</i>	<i>1,6</i>	<i>1,1</i>	<i>1,6</i>	<i>1,0</i>
3. Aanvoer op basis van FPR normen	70	5,3	123 ¹	1491	2,4	206	224	3409
<i>Toename t.o.v. scen. 1*</i>	<i>10,1</i>	<i>3,1</i>	<i>n.v.t.</i>	<i>1,9</i>	<i>3,0</i>	<i>2,4</i>	<i>3,3</i>	<i>2,0</i>
4. Aanvoer op basis van FPR normen voor contaminanten en minimale gehalten aan nutriënten cf Tabel 2	201	13	123 ¹	3114	5,7	496	617	7525
<i>Toename t.o.v. scen. 1*</i>	<i>29,3</i>	<i>7,7</i>	<i>n.v.t.</i>	<i>3,9</i>	<i>7,1</i>	<i>5,7</i>	<i>9,2</i>	<i>4,4</i>

* toename (-): is berekend als de hoeveelheid in het betreffende scenario gedeeld door die in 2019 (een factor).

¹ normen in FPR zijn op basis van Cr (VI) terwijl in NL met Cr-totaal gerekend wordt.

Nieuw in de FPR: Normen voor koper en zink

Nieuw in de FPR t.o.v. het voorstel in 2016 is dat er nu normen voor Cu en Zn opgenomen zijn. Voor Nederland geldt dat de aanvoer van beide metalen naar de landbouwbodem via dierlijke mest vrijwel 100% van de totale vracht omvat. Vergeleken met veel andere landen is de totale belasting van de Nederlandse landbouwbodem met Cu en Zn hoog. Omdat er tegelijkertijd geconstateerd is dat in de Nederlandse oppervlaktewateren sprake is van overschrijding van KRW-normen (vooral Zn), zijn er verschillende acties ondernomen om de hoeveelheid Cu en Zn in dierlijke mest indirect te reguleren, want in de huidige MW zijn er geen normen voor dierlijke mest. Indirecte regulering is onder meer mogelijk door limieten te stellen voor Cu en Zn in diervoeders. Zowel Cu als Zn wordt toegevoegd aan voer voor met name jonge varkens. Daarnaast is handhaving van het omgaan met koperhoudend afval (voetbaden) door het niet te mengen met mest een manier om van dergelijke afvalstromen te reduceren.

Op dit moment is de bijdrage aan de vracht van koper en zink door FPR gereguleerde producten klein. Indien echter, theoretisch, deze meststoffen op het niveau van de toegestane gehalten komen te liggen, wordt de aanvoer van Cu en Zn hoger dan de actuele aanvoer. De mediane Cu-gehalten in de belangrijkste op dit moment gebruikte N-, P-, K-meststoffen (namelijk KAS, TSP en K60) zijn resp. 1,5, 39 en 0,7 mg Cu/kg. De in de FPR opgenomen norm voor anorganische meststoffen voor Cu bedraagt echter 600 mg Cu/kg. Dit is ook het geval voor Zn; de mediane Zn-gehalten in de belangrijkste N-, P-, K-meststoffen zijn resp. 41, 86 en 2 mg/kg, terwijl de in de FPR opgenomen norm voor Zn 1500 mg/kg is. Als alleen al de op dit moment gebruikte N kunstmeststoffen in Nederland op een dergelijk niveau zouden zitten (gebruik in NL: 155 mln. kg N, 27% N: 574 mln. kg KAS), dan bedraagt de aanvoer 344 ton Cu en 861 ton Zn. Dit terwijl de actuele aanvoer via N-kunstmeststoffen voor Cu 1 ton/jaar is en 23 ton/jaar voor Zn.

Indien voor die genormeerde meststoffen de normen zoals vastgesteld in de FPR gehanteerd worden, dan is de toegestane vracht veel hoger dan de huidige vracht: vooral voor arseen (met een factor 10 t.o.v. huidige vracht), terwijl die voor de andere metalen toeneemt met een factor 2 à 3.

Wanneer bemestingsproducten daadwerkelijk gehalten bevatten conform de FPR-normen, dan leidt dit tot een significante stijging van de aanvoer van metalen. Indien alle genormeerde meststoffen gehalten hebben zoals opgenomen in de FPR (scenario 3), dan dragen meststoffen uit de groep PFC 1 het sterkst bij aan de vracht voor As, Cd en Pb (zie Tabel 13, Tabel 14). Ook zou dit leiden tot een vergelijkbare vracht als de huidige vracht via dierlijke mest voor Hg en Ni. De vracht aan Cu en Zn via FPR meststoffen (48%) wordt dan vergelijkbaar met die van dierlijke mest (52%); dit terwijl de actuele bijdrage via dierlijke mest aan de vracht voor Cu en Zn resp. 94 en 89% bedragen (zie Tabel 11 en Figuur 4).

De bijdrage aan zware metalen via de huidige EU-meststoffen (Verordening EG 2003/2003; zie Tabel 10 en Figuur 4) is nu heel gering (2 à 28%) en kan op basis van de FPR-normen 31 à 52% worden (zie Tabel 13). In Bijlage 6 staat de uitsplitsing naar categorieën meststoffen voor alle vier scenario's.

Tabel 13 Aanvoer op basis van FPR-normen (scenario 3) per categorie meststof (ton/jaar). Voor niet-FPR-meststoffen is gerekend met actuele vracht of NL-norm conform de MW.

Item	As	Cd	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Categorieën in FPR							
1 PFC 1 meststof	33 (47%)	3 (50%)	462 (31%)	1 (34%)	77 (37%)	99 (44%)	1160 (34%)
2 PFC 2 kalk	10 (14%)	1 (9%)	75 (5%)	0 (10%)	23 (11%)	30 (13%)	200 (6%)
3 PFC 3 bodemverbeteraar	24 (35%)	1 (23%)	180 (12%)	1 (25%)	30 (15%)	72 (32%)	480 (14%)
4 Zuiveringsslib, geen FPR	0 (0%)	0 (0%)	1 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (0%)	2 (0%)
5 Dierlijke mest, geen norm**	2 (4%)	1 (18%)	773 (52%)	1 (30%)	76 (37%)	22 (10%)	1567 (46%)
som	70	5,3	1491	2,4	206	224	3409
Categorieën in NL wetgeving							
1 EG-meststof***	34 (49%)	3 (52%)	469 (31%)	1 (36%)	84 (41%)	103 (46%)	1180 (35%)
2 Compost	19 (27%)	1 (18%)	143 (10%)	0 (20%)	24 (12%)	57 (26%)	382 (11%)
3 Zuiveringsslib	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (0%)	2 (0%)
4 Overige meststoffen*	14 (19%)	1 (12%)	105 (7%)	0 (14%)	21 (10%)	41 (18%)	278 (8%)
5 Dierlijke mest, geen norm**	2 (4%)	1 (18%)	773 (52%)	1 (30%)	76 (37%)	22 (10%)	1567 (46%)
som	70	5,3	1491	2,4	206	224	3409

* inclusief herwonnen fosfaten. In de berekening wordt aangenomen wordt dat alle "Overige Meststoffen" passen in een categorie PFC in de FPR.

** Gerekend is met de actuele vracht.

*** inclusief kalkmeststoffen (EG/2003/2003).

In het extreemste scenario (4), waarbij de nutriëntengehalten in de genormeerde producten gelijk zijn aan de minimale eisen zoals vastgelegd in de FPR (Tabel 2) en onder de aanname dat de totale aanvoer aan nutriënten gelijk gehouden wordt aan de huidige aanvoer, stijgt de belasting voor alle metalen fors. Deze stijging varieert van een factor 4 voor koper en zink tot maximaal een factor 29 voor arseen.

Voor alle scenario's geldt dus dat de gehalten in dierlijke mest en digestaat niet genormeerd zijn en dus geen rol spelen in de veranderde aanvoer. Tot slot geldt dat die producten die geëxporteerd worden als EU-meststof wel aan de normen van de FPR moeten voldoen, maar deze vallen als zodanig buiten de aanvoer naar de NL-bodem en zijn in deze analyse niet opgenomen.

Zoals gezegd, is de bijdrage van genormeerde bemestingsproducten in scenario 2 klein ten opzichte van het totaal vanwege de grote bijdrage via dierlijke mest. Dat maakt dat het lastig te beoordelen is wat het aandeel van genormeerde meststoffen is en hoe de verandering van die bijdrage is indien normen van de FPR gelden.

In Tabel 14 is daarom de aanvoer van zware metalen berekend, waarbij alleen genormeerde bemestingsproducten zijn opgenomen. De aanvoer van zware metalen via genormeerde bemestingsproducten van de FPR is nu veel lager dan wat de FPR mogelijk maakt door de soepelere

kwaliteitseisen. De aanvoer kan wel een factor 13 (Pb) tot maximaal 88 (Cu) hoger worden voor bemestingsproducten door het volgen van de FPR.

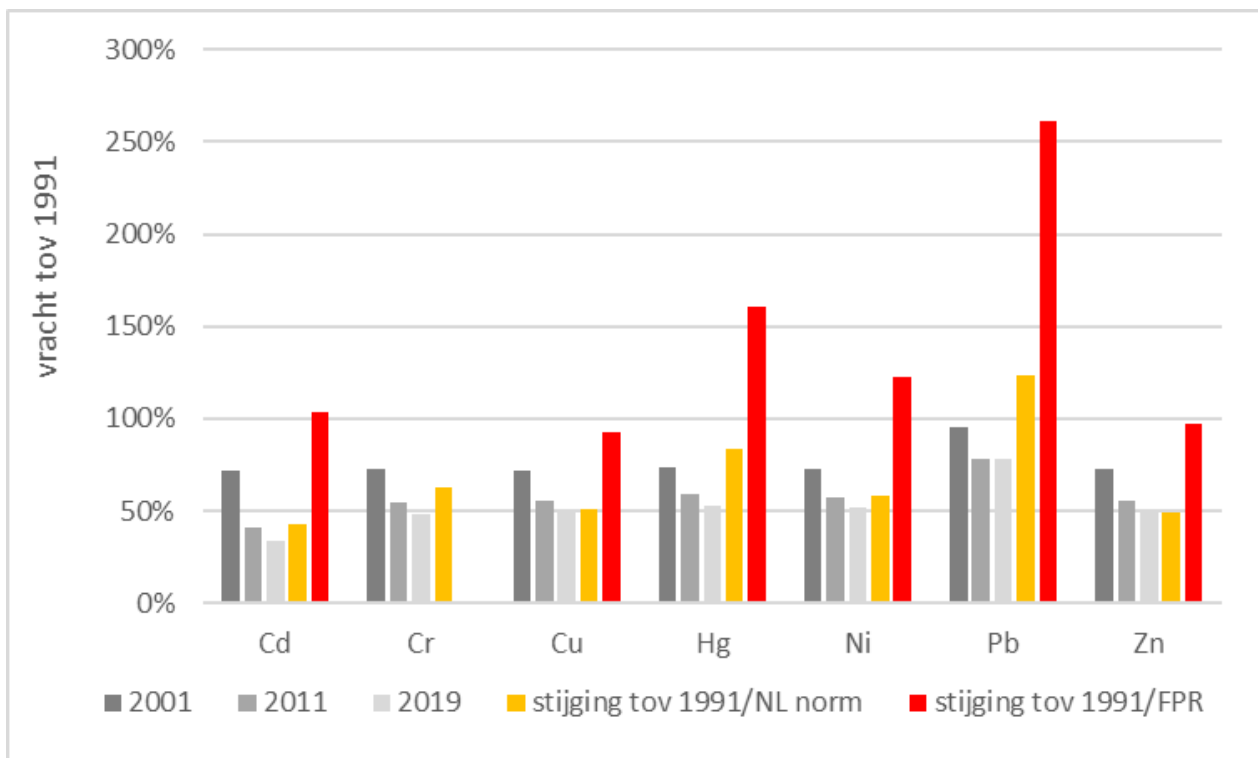
Tabel 14 Aanvoer van metalen via genormeerde meststoffen: aanvoer naar de bodem op basis van meststoffen in 2019 excl. dierlijke mest in ton/jaar.

	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
1. actuele aanvoer	4	0,8	19	27	0,1	11	45	147
2. aanvoer op basis van huidige NL normen	10	1,3	57	54	0,5	22	84	166
3. aanvoer op basis van FPR normen	67	4,3	19 ¹	717	1,7	130	202	1842
4. aanvoer op basis van FPR normen voor contaminanten en nutriënten (minimumgehalten)	198	12	19 ¹	2341	5,0	419	595	5958

¹ normen in FPR zijn op basis van Cr (VI) terwijl in NL met Cr-totaal gerekend wordt.

De aanvoer van zware metalen kan dus veel hoger zijn dan de huidige aanvoer, ook als alle meststoffen voldoen aan de FPR. Dit geeft aan dat het voldoen aan de normen alleen onvoldoende waarborg is om de actuele aanvoer van zware metalen niet te verhogen.

Om aan te geven of er sprake is van een trendbreuk t.o.v. de eerder gesignaleerde daling van de vracht die sinds 1991 is opgetreden in de belasting van de landbouwbodem met zware metalen, is in Figuur 6 de aanvoer volgens de scenario's 2 en 3 als meest realistisch toegevoegd aan de data zoals eerder gepresenteerd in Figuur 3.



Figuur 6 Verandering in de vracht aan metalen in de periode 2001-2019 t.o.v. 1991 en voor scenario 2 (gehalten gelijk NL-norm) en 3 (gehalten FPR-norm).

Uit Figuur 6 blijkt dat invoering van de normen volgens de FPR (scenario 3) leidt tot een duidelijke trendbreuk in de eerdergenoemde daling van de belasting van landbouwgronden. Voor alle metalen ligt de aanvoer in geval van scenario 3 op (voor zink, koper, cadmium en nikkel) of boven (lood, kwik) de vracht in 1991. Voor chroom zijn daarbij voor scenario 3 geen data opgenomen, omdat chroom in de FPR gebaseerd is op data voor Cr (VI) en in NL voor totaal-chroom.

Voor scenario 2 geldt dat dit minder het geval is, hoewel er ook voor kwik, lood en, in mindere mate chroom, sprake is van een trendbreuk en met name de vracht voor lood zelfs boven het niveau van 1991 uitstijgt.

Uiteraard treden deze effecten alleen op indien de gehalten aan metalen in alle gereguleerde meststoffen op het niveau van hetzij de Nederlandse dan wel de FPR-norm komen te liggen. Onder de huidige omstandigheden (gebruik van grondstoffen) is dat niet realistisch. De mate waarin de huidige grondstoffen vervangen worden door nieuwe grondstoffen die vrijkomen door de stimulering van de circulaire economie is op dit moment lastig in te schatten. Dergelijke nieuwe grondstoffen kunnen hoge gehalten bevatten omdat FPR dat toestaat. Afhankelijk van de grootte van de vracht zouden deze grondstoffen een belangrijke bijdrage kunnen vormen aan de totale vracht in de toekomst.

3.5 Gevolgen van invoering van FPR voor de bescherming van mens en milieu

De data in de voorliggende tabellen laten zien dat het invoeren van normen voor meststoffen volgens de FPR kan leiden tot een substantiële toename van de vracht van metalen naar de bodem. Het voert in het kader van deze studie te ver om de effecten van deze invoering van de FPR door te rekenen. In plaats daarvan geven we op basis van expert judgement aan wat de gevolgen zijn voor een aantal relevante te beschermen objecten/milieucompartimenten. We maken daarbij onderscheid tussen effecten op *i.* productkwaliteit incl. diergezondheid, *ii.* Bodemkwaliteit met onderscheid naar de mate van accumulatie als doel op zich, *iii.* Bodemkwaliteit met het oog op het (bodem)ecosysteem en *iv.* Waterkwaliteit (m.n. oppervlaktewaterkwaliteit).

Daarbij hanteren we dezelfde indeling in de vier scenario's voor de aanvoer van metalen naar de landbouwbodem, namelijk die volgens het huidig gebruik (scen. 1), volgens de huidige NL normen (scen. 2), normen volgens de FPR (scen. 3) en normen volgens de FPR met minimum eisen t.a.v. waarde gevende bestanddelen (scen. 4).

Bij elke combinatie van scenario en te beschermen object is daarbij ingeschat wat de kans is dat er een risico ontstaat. Daarbij wordt de volgende indeling gehanteerd: *i.* deze kans wordt klein geacht (groen), *ii.* we zijn onzeker of er een risico ontstaat (geel), *iii.* de kans is (zeer) groot – of het is reeds aangetoond – dat er nu al een risico bestaat (rood) of *iv.* dat dit in de toekomst gaat gebeuren (oranje).

Daarbij moet opgemerkt worden dat een kleuring niet betekent dat de betreffende risico's steeds voor alle metalen geldt. Onder de tabel staat daarom een toelichting voor een aantal combinaties van scenario's en de te beschermen objecten.

Tabel 15 Mogelijke consequenties voor product-, bodem- en waterkwaliteit in geval van keuze van normen voor zware metalen in meststoffen.

Te beschermen object	Scenario			
	Huidige aanvoer	Aanvoer NL-norm	Aanvoer FPR-norm	Aanvoer FPR-norm + minimumeisen WGB
Productkwaliteit				
Bodem (accumulatie)				
Bodem (ecosysteem)				
Waterkwaliteit, m.n. oppervlaktewater				

Toelichting

1. Verwachte effecten op productkwaliteit zijn, voor de genormeerde stoffen, beperkt. Daarbij geldt wel dat er slechts voor een beperkt aantal metalen normen in producten zijn. Ook voor diergezondheid achter we

de kans klein dat, m.u.v. scenario 4 (FRP _ WGB), de inname van metalen tot effecten zal leiden. Mogelijke effecten kunnen ontstaan voor schapen (koper) of paarden (zink).

2. De mate van accumulatie van de meeste metalen is onder de huidige condities vrij gering of zelf nul (voor cadmium), zeker voor zandgronden geldt dat de balans voor een aantal metalen (zink, cadmium, nikkel) negatief is, d.w.z. de afvoer is groter dan de aanvoer. Invoering van de FPR-normen zal voor een aantal metalen leiden tot een toename van de accumulatiesnelheid. Of en zo ja op welke termijn dit leidt tot benaderen of overschrijding van bodemnormen voor landbouw, vergt nadere analyse. De termijn waarop dat mogelijk zal gebeuren, hangt af van zowel teeltsysteem en bodemtype, maar de effecten zullen in kleigronden sneller optreden dan in zandgronden. De combinatie van normen volgens de FPR plus minimumeisen t.a.v. waarde gevende bestanddelen (scen. 4) leidt zeker tot sterkere accumulatie in zowel zand- als kleigronden en mogelijk ook tot overschrijding van eisen t.a.v. landbouwgrond binnen enkele decennia.
3. Kwaliteitscriteria m.b.t. het functioneren van het bodemecosysteem (voor metalen) zijn op dit moment matig onderbouwd in geval van landbouwgrond. Een toename van de accumulatie in geval van scenario 2 en zeker in geval van scenario 3, kan voor metalen als koper leiden tot overschrijding van deze ecosysteemnormen, alhoewel dit zeker enige decennia zal duren. In geval van scenario 4 zullen dergelijke grenswaarden naar verwachting voor een groter aantal metalen (koper, lood, arseen) overschreden worden en op kortere termijn (10-30 jaar).
4. Op dit moment is de belasting van het oppervlaktewater voor stoffen als zink en koper al te hoog. Dit is deels te wijten aan de hoge aanvoer via (niet, of indirect via voederkwaliteit gereguleerde) dierlijke mest (en dus niet of zeer beperkt a.g.v. de genormeerde meststoffen). Invoeren van de FPR-normen kan echter ook de vracht aan beide elementen via kunstmeststoffen sterk doen toenemen, waardoor het aandeel aan deze belasting nog verder zal toenemen. Feitelijk is een afname van de huidige vracht al een vereiste om, op termijn, aan de eisen voor oppervlaktewater te voldoen. Elke verdere toename leidt tot vertraging van het bereiken van doelen m.b.t. oppervlaktewaterkwaliteit.

Noot: Voor al deze consequenties geldt dat de aanname is dat de gehalten aan de meststoffen die in een bepaald scenario gereguleerd worden, ook op het niveau van de betreffende norm voor dat product liggen. Indien de huidige grondstoffen voor meststoffen en productieprocessen ongewijzigd blijven, is deze aanname niet realistisch, d.w.z. dat in dat geval de gehalten onder de normen van de FPR zullen blijven. Indien een deel van de grondstoffen echter vervangen wordt door nieuwe grondstoffen met hogere gehalten aan metalen zullen de gehalten in de resulterende PFC's stijgen. De mate waarin dat zal gaan gebeuren, is moeilijk in te schatten. Deels zijn 'nieuwe' grondstoffen zoals struviet schoon en relatief onbelast, deels kunnen bepaalde grondstoffen ook hogere gehalten bevatten (bijv. in geval van verwerkte dierlijke mest). Dit vergt nadere analyse om tot een duidelijker beeld van de consequenties te komen.

4 Aandachtspunten en toekomstige ontwikkelingen

4.1 Overzicht van aandachtspunten

De volgende zaken zijn niet meegenomen in de scenarioberekeningen van Hoofdstuk 3, maar kunnen wel relevant worden voor de aanvoer van metalen naar de bodem en/of effecten op andere milieucompartimenten (met name water):

1. Nieuwe normen voor koper en zink die in het rapport van 2016 niet opgenomen waren (par. 4.2).
2. Trends in (nieuwe) grondstoffen voor meststofproductie. Voorbeelden hiervan zijn onder meer bokashi, houtassen of meststoffen op basis van verlaagde P-gehalten (par. 4.3).
3. Gebruik van nieuwe grondstoffen voor de productie van meststoffen of als bodemverbeteraar (par. 4.4).
4. Perspectieven van houtas en biochar als grondstof voor bemestingsproducten.
5. Effecten reductie veestapel (par. 4.6).
6. Effecten van beëindigen van de derogatie voor stikstof (par. 4.7).
7. Sterk afwijkende grondslag van de normering tussen de FPR en MW voor chroom (par. 4.7).

Deze aandachtspunten worden in dit Hoofdstuk verder uitgewerkt.

4.2 Nieuwe normen voor koper en zink

Anders dan tijdens de uitvoering van de studie van Römken et al. (2016) staan in de huidige wettekst van de FPR ook normen voor koper en zink voor alle PFC-categorieën. Met name voor dierlijke mest, en in mindere mate voor compost, geldt dat de actuele gehalten in bepaalde bemestingsproducten hoger zijn dan in de meeste anorganische meststoffen. Dierlijke mest is als zodanig echter geen PFC, maar kan als CMC wel toegepast worden voor de productie van PFC, onder andere als grondstof voor compost en digestaat (CMC 3, compost; CMC 5, ander digestaat dan digestaat van verse gewassen; CMC 10, dierlijke bijproducten).

Een complicerende factor wat betreft dierlijke mest is dat de kwaliteit (m.b.t. koper en zink) deels gereguleerd wordt door eisen t.a.v. diervoeding (EG 1334/2003 en herzieningen daarvan). Deze eisen zijn echter niet afgestemd met de uiteindelijke normen voor beide elementen in PFC's. In een aparte analyse gaan we in op de mate waarin verwacht kan worden dat bepaalde mestsoorten kunnen leiden tot normoverschrijding van koper of zink indien dierlijke mest als zodanig (na bewerking) of als grondstof voor een meststof gebruikt wordt. Daartoe gebruiken we onder andere de nieuwe gegevens uit 2018 van metingen van de samenstelling van dierlijke mest.

Aanvullend: in 2016 (Zn) en in 2018 (Cu) zijn verordeningen van kracht geworden voor verlaging van gehalten in diervoeders. Dit zal moeten leiden tot een verlaging van de gehalten in dierlijke mest. Consequenties van deze wijziging zijn op voorhand lastig te berekenen, omdat we op dit moment niet precies weten wat de sturende factoren zijn die de gehalten in mest bepalen. De gehalten in bijv. ruwvoer voor zowel koper als zink zijn zodanig laag – meestal (veel) lager dan de huidige norm voor veevoer – dat deze in veel gevallen niet de hogere waarden kunnen verklaren. Gebruik van additieven, zowel als voeding als – o.a. voor zink – als medicijn (o.a. voor varkens) heeft wellicht een onevenredig grote invloed. Het verlagen van die norm zal dus in eerste instantie niet leiden tot een daling van de gemiddelde gehalten in mest.

Een analyse van de data uit 1996 (Driessen et al., 1996), 2008 (Römken & Rietra, 2008) en 2017 (Deltares, 2018) wijst namelijk uit dat er geen daling heeft plaatsgevonden van de gehalten aan koper en zink in mest wanneer deze uitgedrukt worden in het gehalte per kg P. Voor zowel varkens- als rundveedrijfmest is er zelfs een substantiële stijging opgetreden sinds 1996, met name voor zink in varkensmest en pluimveemest. Ook voor koper zijn met name de gehalten in rundveedrijfmest gestegen t.o.v. 1996. Daarbij moet worden

opgemerkt dat de aantallen monsters in de studies uit 2008 en 2017 aanmerkelijk groter waren dan in 1998 en er in 2008 en 2017 systematischer dan in 1996 monsters verzameld zijn uit alle regio's van Nederland.

Tabel 16 Gemiddelde gehalten aan metalen, uitgedrukt in milligram metaal per kilogram P_2O_5 .

Bron	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Driessen en Roos, 1996							
rundvee	19	11	353	2211	668	648	8211
pluimvee	14	5	199	2454	363	375	9981
varkens	11	8	297	9259	462	308	15604
Romkens en Rietra, 2008							
rundvee	87	13	350	7649	257	267	11898
pluimvee	44	9	227	3461	149	253	11736
varkens	37	7	157	7831	183	110	19117
Deltares, 2018							
rundvee	24	10	(1258)	6482	(877)	166	10960
pluimvee	11	6	(264)	4391	(258)	41	18530
varkens	13	7	(336)	8683	(315)	71	22765

4.3 Trends in (nieuwe) grondstoffen voor meststofproductie

Een van de doelstellingen van de FPR is het verbeteren van hergebruik. Te denken valt aan gebruik van herwonnen fosfaten, mineralenconcentraten, biochar en houtas als meststof of als grondstof voor nieuwe meststoffen. Ook andere grondstoffen zoals steenmelen kunnen door de FPR eenvoudig gebruikt gaan worden als meststof of als grondstof voor meststoffen.

Bodemverbeterende producten hebben in de FPR nauwelijks of geen eisen t.a.v. nutriënten (organische bodemverbeteraars moeten 7,5% organische koolstof (C) bevatten en een drogestofgehalte van 20%). Dat betekent dat relevante grondstoffen zoals steenmelen, houtassen en biochar verwerkt kunnen worden tot bodemverbeterende producten met gehalten aan zware metalen die de productnorm overschrijden. Dergelijke grondstoffen zouden via het huidige protocol voor MW waarschijnlijk niet toegelaten worden. Dit is relevant, omdat grote hoeveelheden steenmelen, houtassen en biochar op de markt zouden kunnen komen.

Zolang stikstof-, kalium- en fosfaatmeststoffen voldoen aan de normen in de FPR maakt het nauwelijks uit of die meststoffen gemaakt zijn uit minerale meststoffen of uit nieuwe producten zoals herwonnen fosfaten, mineralen concentraten, spuitwater, houtassen of biochar. Zoals in voorgaande scenario's te zien was, wordt de totale vracht aan toegestane metalen wel beïnvloed (scenario 3 versus 4) door het gehalte aan nutriënten in meststoffen. Indien nieuwe grondstoffen gebruikt gaan worden, zouden de nutriëntengehalten kunnen dalen, omdat bij het maken van nieuwe producten het verkrijgen van de minimale vereiste nutriëntenconcentraties soms moeilijk is, bijvoorbeeld bij mineralenconcentraten.

De aanvoer van toegestane zware metalen (in kg/ha) naar de bodem wordt door de FPR grotendeels bepaald door de N- en P-gebruiksnormen. De aanvoer van K zal door een agrariër beperkt worden vanwege kosten en noodzaak tot balans in bemesting, omdat via dierlijke mest al veel K wordt aangevoerd. De aanvoer van bodemverbeterende middelen wordt nergens anders door beperkt dan kosten voor een agrariër en de N- en P-gebruiksnormen. Als de bodemverbeterende middelen weinig N en P bevatten, kan het gebruik van specifieke producten in kg per ha hoog zijn. Dit leidt dan direct tot een verhoogde aanvoer van zware metalen. In de onderstaande tabel is de aanvoer berekend bij gebruik van nutriënten via kunstmeststoffen zoals het scenario in Bijlage II van Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet (80 kg fosfaat, 100 kg stikstof, 150 kg kali, 400 kg neutraliserende waarde en 3000 kg organische stof).

Tabel 17 Aanvoer van metalen via FPR-meststoffen gebaseerd op de FPR-normen.

Nutriënt via meststof	Waardegevend bestanddeel ²	meststof	As	Cd	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
kg/ha									
1. N via KAS	100	370	0,01	0,001	0,11	0,0004	0,02	0,04	0,56
2. K via K60	70	117	0,02	0,001	0,18	0,0006	0,03	0,07	0,88
3. P via TSP	80	176	0,01	0,005	0,05	0,0002	0,01	0,02	0,26
4. CaO via kalk	400	741	0,03	0,001	0,19	0,001	0,06	0,08	0,52
5. OS via bodemverbeteraar (bijv. compost)	3000	18276	0,73	0,04	5,48	0,02	1,83	2,19	14,6
aanvoer in MW ¹ conform de huidige normen voor slib			0,03	0,0025	0,15	0,0015	0,06	0,2	0,6

¹ Toegestane vracht van metalen via zuiveringsslib en bemestingsproducten uit Bijlage Aa (genormeerd gehalte x hoeveelheid zuiveringsslib).

² Gebaseerd op een 'standaard' nutriëntengebruik, zoals het scenario in Bijlage II van Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet (80 kg fosfaat, 100 kg stikstof, 150 kg kali 400 kg neutraliserende waarde, en 3000 kg organische stof).

De tabel laat zien dat de aanvoer van zware metalen sterk bepaald wordt door de hoeveelheid van met name bodemverbeterende middelen en dat de vracht aan metalen dienovereenkomstig hoog kan worden.

De hoeveelheid compost en bodemverbeterende middelen worden alleen via de P-gebruiksnorm beperkt: voor compost is dat grofweg 9 à 17 ton compost per ha, afhankelijk van landgebruik en P-gehalte in compost (18,3 ton/ha in bovenstaande tabel).

De tabel laat zien dat bij het maximale gebruik van compost, de aanvoer van zware metalen zeer hoog kan zijn. Ter vergelijking: in de onderste rij van de tabel staat de toegestane aanvoer van zware metalen via zuiveringsslib. Dat is ook de basis voor de normen voor de Overige Meststoffen, vermeld in Bijlage Aa van de Meststoffenwet. De via de FPR en de via P-gebruiksnorm toegestane aanvoer aan zware metalen, kan veel hoger zijn dan de toegestane aanvoer via zuiveringsslib.

Bovenstaande analyse is mogelijk relevant, omdat in de toekomst misschien veel grotere hoeveelheden bodemverbeterende middelen beschikbaar komen via houtassen en biochar en de FPR het gebruik van dergelijke grondstoffen mogelijk stimuleert.

4.4 Gebruik van nieuwe grondstoffen voor de productie van meststoffen of als bodemverbeteraar

In regeling EU2019/1009 zijn drie nieuwe CMC's opgenomen, te weten CMC 12 (*precipitated phosphate salt and derivatives*, o.a. struviet), CMC 13 (*thermal oxidation materials and derivatives*, o.a. houtas) en CMC 14 (*pyrolysis and gasification materials*, o.a. biochar). Het gebruik van deze producten is sterk verschillend. Zo dient CMC 12 vooral als bron voor fosfaat, kan houtas gebruikt worden als vervanger voor kalk- en kalimeststof en is P-arme biochar een bron van koolstof.

Op dit moment is het nog onduidelijk of en zo ja, in welke hoeveelheden en in welke samenstelling deze CMC's daadwerkelijk gebruikt worden om een PFC te produceren die als meststof kan en mag dienen. Wel is globaal bekend wat de samenstelling van CMC's als zodanig is, zowel wat betreft nutriënten, koolstof als ook gehalten aan metalen. Voor dit laatste geldt overigens dat er sprake kan zijn van grote spreiding in gehalten. Zeker voor assen geldt dat hoe fijner de as is (bijv. *fly ash* ten opzichte van *bottom ash*), des te hoger de gehalten aan metalen in de regel zijn (Huygens et al., 2019). Ook voor biochar geldt dat zowel het bronmateriaal als de condities tijdens de pyrolyse van invloed zijn op het uiteindelijke koolstofgehalte.

Hier gaan we na wat de mogelijke invloed is als deze drie CMC's gebruikt worden als vervangers van reguliere mest- en kalkmeststoffen dan wel als bron van koolstof. Meer specifiek rekenen we de volgende scenario's door:

1. Vervanging van de P gift via TSP door struviet. Daarbij is de aanname dat 100% van de huidige TSP-gift vervangen wordt door gebruik van struviet. Op dit moment bedraagt de P-gift via TSP 1 mln. kg P₂O₅.
2. Vervangingen van kalkmeststoffen door houtas. Daarbij wordt uitgegaan van de prognose voor de productie van houtas in 2020 als maximale vervanging. Daarmee hanteren we een productie van 28 tot 73 mln. kg aan houtas (Pels, 2011) en een totaalgebruik van 58 mln. kg aan kalkmeststoffen per jaar.
3. Aanvulling van de bodem-C-voorraad door gebruik van biochar. Daarbij wordt uitgegaan van een verwachte productie van biochar in 2040 van 260 kton.

Tabel 18 Gemiddelde gehalten (in mg/kg ds) aan metalen in TSP (Smolders & Nziguheba, 2005) m.u.v. Hg: (Driessen et al., 1996), kalkmeststoffen (Dittrich & Klose, 2008) en hun vervangers (struviet, houtas, (Huygens et al., 2019) evenals biochar (Huygens et al., 2019).

Product	Droge stof product	Gehalte % product	Werkzaam als	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
TSP	100	39.0	P ₂ O ₅	7,0	20,0	197	31	0.03 ¹	32	4	407
Struviet	57.7	15.1	P ₂ O ₅	1,0	0,3	3	7	<0,01	2	2	23
Kalkmeststof	100	50	NW ²	6,2	0,5	9,8	5,4	0,06	3,6	38	92
Houtas	100	29.2	NW	8,0	0,7	50	59	<0,01	19	14	697
Biochar	100	50-90	Bron C	3,0	1,0	10	12	0,10	11	9	102

¹ data (Driessen et al., 1996) ² Neutraliserende Waarde.

Tabel 19 Effect van gebruik van struviet i.p.v. TSP. Verandering uitgedrukt als percentage t.o.v. huidige vracht (huidig = 100%).

	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Huidige vracht via TSP (kg/jaar)	18	51	505	79	0	82	10	1044
Nieuwe vracht struviet (kg/jaar)	4	1	11	27	0	8	8	88
Verandering (%)	21%	2%	2%	34%	0%	9%	75%	8%
Totaalincl. dierlijke mest (ton/jaar)	7	1,7	123	800	0,8	87	67	1713
Totale nieuwe belasting (ton/jaar)	7	1,6	123	800	0,8	87	67	1712
Verandering (%)	100%	97%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Vracht via minerale meststoffen (kg/jaar)	4	0,8	19,0	27,0	0,1	11,0	45	147
Totale nieuwe belasting via minerale meststoffen	4	0,7	18,5	26,9	0,1	10,9	45	146
Verandering (%)	100%	94%	97%	100%	100%	99%	100%	99%

Tabel 20 Effect van gebruik van houtas als (gedeeltelijke) vervanger van kalkmeststoffen.

Jaarlijkse vracht via kalkmeststoffen en effect van vervanging door houtas (in kg/jaar)								
	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Huidige vracht via CaO	361	30	571	314	3	210	2204	5330
Nieuwe vracht CaO	259	22	410	226	2	151	1583	3827
Vracht houtas bij 28 kton	224	20	1400	1652	0	532	392	19516
Totaal nieuw (28 ton houtas)	483	41	1810	1878	2	683	1975	23343
Verandering bij 28 kton (huidig = 100%)	134%	137%	317%	597%	72%	325%	90%	438%
Verandering bij 73 kton (huidig = 100%)	234%	241%	711%	1442%	72%	732%	118%	1026%
Effect gebruik houtas op totale vracht aan metalen (in ton/jaar)								
	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Totaal incl. dierlijke mest	7,0	1,7	123	800	0,8	87,0	67,0	1713,0
Totale nieuwe belasting	7,1	1,7	124,2	802	0,8	87,5	66,8	1731,0
Verandering (huidig is 100%)	102%	101%	101%	100%	100%	101%	100%	101%
Alleen mineraal	4,0	0,8	19,0	27,0	0,1	11,0	45,0	147,0
Totale nieuwe belasting	4,1	0,8	20,2	28,6	0,1	11,5	44,8	165,0
Verandering bij 28 kton (huidig = 100%)	103%	101%	107%	106%	99%	104%	99%	112%
Verandering bij 73 kton (huidig = 100%)	112%	105%	118%	116%	99%	112%	101%	134%

Tabel 21 Toename van de vracht (in ton/jaar) bij aanwending van biochar als bron van koolstof.

Jaarlijkse extra vracht via biochar								
	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Extra vracht via biochar	0,8	0,3	2,6	3,1	0,0	2,9	2,3	26,5
Effect op de totale jaarlijkse vracht aan metalen via meststoffen								
	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Huidige totale vracht	7	1,7	123	800	0,8	87	67	1713
Nieuwe vracht	7,8	2,0	125,6	803,1	0,8	89,9	69,3	1739,5
Verandering (huidig = 100%)	111%	115%	102%	100%	103%	103%	103%	102%

De data in Tabel 19 tot en met Tabel 21 laten zien dat de effecten van het gebruik van de nieuwe CMC's als vervanger van bestaande producten beperkt zijn. Voor struviet geldt zelfs dat de vracht vrijwel ongewijzigd blijft of zelfs daalt (-6% voor cadmium, -3% voor chroom). Daar staat tegenover dat de extra aanvoer van koolstof in de vorm van biochar kan leiden tot een toename van de meeste elementen die varieert van 2% voor chroom en zink tot 11% (arsen) resp. 15% (cadmium). Voor metalen die via biochar aangewend worden, is vastgesteld dat de chemische beschikbaarheid (extractie met 0,43 N HNO₃) lager is dan in de uitgangproducten (Regelink et al., 2017). Vergeleken met het uitgangsmateriaal (slib) bijvoorbeeld was de chemische beschikbaarheid in biochar gemaakt van slib tot 80% (voor koper) lager. Dit effect varieert per metaal; zo neemt de beschikbaarheid voor chroom en arsen na het verwerken van slib tot biochar niet af.

Voor houtas ten slotte neemt vooral de vracht aan zink (+12%) en in mindere mate die van koper en chroom (beide p.m. 6%) toe. Uiteraard is de stijging navenant groter indien in plaats van 28 kton 70 kton wordt aangewend. Voor houtas gebruiken we hier de mediane waarde van metalen in bodem-as zoals gerapporteerd door JRC (Huygens et al., 2019). Uit het overzicht van de daarin gerapporteerde gehalten blijkt dat de verschillen in metaalgehalten zeer sterk variëren; zo varieert het gehalte aan zink (10 percentiel - 90 percentiel) in bodemas tussen 160 en 1500 mg kg⁻¹.

Houtas kan gebruikt worden als vervanger voor kalkmeststoffen. Als we de normen op basis van de waarde gevende bestanddelen voor CaO toepassen op houtas (zie Tabel 6), dan ligt het gehalte aan Zn ruim boven de norm (ruim 2000), waar de norm 600 mg/kg CaO bedraagt. Ook voor alle andere metalen, m.u.v. lood, ligt het gehalte omgerekend naar neutraliserende waarden ongeveer op het niveau van de norm. Op dit moment is er echter nog niet veel onderzoek verricht naar de mate waarin metalen uit houtas na aanwending in de bodem beschikbaar zijn voor planten of kunnen uitspoelen naar het grondwater. Net zoals is vastgesteld bij biochar, is het mogelijk dat bij verbranding van biomassa metalen minder beschikbaar worden. Dit dient nader onderzocht te worden als houtas inderdaad op grotere schaal gebruikt gaat worden als grond- of hulpstof in meststoffen.

Voor houtas geldt dat het eventueel ook als K meststof aangewend kan worden. Dat zou betekenen dat daardoor de vrucht via de reguliere K-meststoffen lager kan worden. Omdat echter K-meststoffen relatief zeer schone meststoffen zijn vergeleken met houtas of andere minerale meststoffen, is de afname van de K-gift en de daaruit volgende afname van de aanvoer van metalen zeer gering. Zo neemt de zinkvrucht bij vervanging van K-meststoffen door houtas af met 7 tot 17 kg indien 28 of 73 kton houtas ook al K meststof wordt beschouwd. Dit zijn verwaarloosbare correcties op de totale aanvoer van metalen.

4.5 Perspectieven van houtas en biochar als grondstof voor bemestingsproducten

In paragraaf 4.4 is het gebruik van nieuwe grondstoffen in bestaande meststoffen besproken. De FPR, in combinatie met het beschikbaar komen van andere reststromen, kan echter ook leiden tot een gebruik van andere hoeveelheden aan meststoffen, bijvoorbeeld meer bodemverbeteraars. Als nieuwe CMC's zijn voorgesteld: CMC 13 "van thermische oxidatie materialen en derivaten" met o.a. houtas⁶ en CMC 14 "van pyrolyse en vergassing verkregen materialen" met o.a. biochar.⁷ Het kunnen daarmee grondstoffen zijn voor meststoffen, bijvoorbeeld organische meststoffen, organo-minerale meststoffen, kalkmeststoffen en bodemverbeteraars of groeimedia. Als bijkomende voorwaarden voor CMC 13 en 14 zijn limieten gesteld op PAK's en dioxines, Cr, Tl, Cl, V, en bij CMC 14 ook PCB's, chloride en thallium, $C_{org} < 50\%$ en $H/C < 0,7$. De CMC's zijn voorgesteld na het zogenaamde STUBIAS-onderzoek door JRC (Huygens et al., 2019). Huygens et al. (2019) stellen in hun conclusies dat biochars en houtassen sterk variëren en dat het nut voor landbouw met name zit in de fosforrijke biochars, terwijl de P-arme biochars andere nutriënten biedt, of gebruikt kunnen worden in kalkmeststoffen, bodemverbeteraars, groeimedia of biostimulanten.

Houtas en biochar mogen verhandeld worden als grondstof voor PFC's indien ook het eindproduct voldoet aan de eisen van de FPR (naast de eisen als CMC). Dat kan leiden tot een verandering ten opzichte van de huidige Nederlandse situatie waarin houtas en biochar geen erkende meststoffen zijn (Schöll & Brinkmann, 2019); beide zijn momenteel niet opgenomen in Bijlage Aa van Regeling MW. In het algemeen geldt dat er in Europa nog weinig landen of producenten van houtassen en biochar zijn.

Bovendien is het gebruik van houtachtige biograndstoffen aan grote veranderingen onderhevig. Enerzijds is er een grote toename van het gebruik als bijstook en meestook. Anderzijds is er een voornemen om bijstook en meestook te stoppen, waardoor de inzet uit houtige biograndstoffen zal dalen van 6 miljoen ton per jaar (2028) met een energieproductie van 48 PJ, tot vrijwel nul in 2034 (Strengers, 2020). Dit laatste is exclusief afvalverbrandingsinstallaties (Figuur 3.1) op basis van SDE-subsidies.

De scenario's voor de beschikbaarheid van houtige biomassa voor energie voor de toekomst hebben daarom een zeer grote bandbreedte (Strengers, 2020). Terwijl de as bij bijstook en meestook in kolencentrales geen houtas of biochar oplevert, kan de houtige biomassa uit bioconversie-installaties wel resulteren in houtas of biochar. De hoeveelheid houtas uit de huidige houtige biomassa is geschat op 73 kton per jaar en wordt nu gebruikt buiten de landbouw ((Schöll & Brinkmann, 2019): gegeven wordt een range van 36-118 kton per jaar in Tabel 2.6). Een vergelijkbare hoeveelheid wordt komende jaren verwacht bij nog te realiseren

⁶ [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=PI_COM:C\(2021\)4751](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=PI_COM:C(2021)4751)

⁷ [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/ALL/?uri=PI_COM:Ares\(2021\)44211](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/ALL/?uri=PI_COM:Ares(2021)44211)

installaties: 74 (37-111 kton/jaar). Van de geproduceerde assen is grofweg de helft bodemas (Schöll & Brinkmann, 2019): 76 kton/jaar bodemas en 76 kton/jaar vliegass.

Als voorgestelde grondstoffen voor meststoffen vallen houtas en biochar (CMC 13 en 14) op ten opzichte van andere grondstoffen doordat ze deels aanzienlijk hogere gehalten hebben aan zware metalen vergeleken met de meeste (organo-)minerale meststoffen (zie Tabel 22). Het is overigens een bekend feit dat vooral vliegass daarbij hogere gehalten bevat dan bodemas. Voor gebruik als grondstof (CMC) is bodemas daarom een reëlere optie dan vliegass en voldoen deze (op basis van de mediane waarden) aan de normen voor organo-minerale meststoffen. Wel is er sprake van grote spreiding tussen typen houtas en liggen de maximale waarden voor arseen, cadmium, nikkel en zink boven de normen voor een aantal relevante PFC's. Een producent kan er door middel van mengen met andere, schonere grondstoffen wel voor zorgen dat een resulterende PFC wel aan de norm voldoet, omdat voor deze CMC's geen normen voor metalen bestaan. Desalniettemin kunnen door de toevoeging van CMC 13 en 14 aan de FPR nieuwe meststoffen geproduceerd worden met hogere gehalten aan zware metalen dan nu het geval is.

Aangenomen kan worden dat biochar uit vergelijkbare bronnen gemaakt wordt als houtassen, maar dat minder koolstof verloren is gegaan bij conversie waardoor de zware metaalgehalten in het product biochar lager zijn dan in houtas.

Tabel 22 Samenstelling bodem- en vliegassen (mg/kg ds; Huygens et al., 2019; Tabel 31 daarin) als grondstof voor meststoffen. Daarnaast staan data van een standaard K-meststof en de normen organo-minerale meststof (PFC1) volgens de FPR. Noot: gegevens van de zuur-neutraliserende waarde in genoemde grondstoffen zijn niet bepaald.

	Bodem en bedassen			Vliegassen			K meststof	Norm voor PFC 1B Organo-Minerale meststof ¹
	min	mediaan	Max	Min	Mediaan	Max	Mediaan	
K ₂ O (%)	2,8	5,2	9,2	1,3	5,3	28,9	60	> 2
P ₂ O ₅ (%)	0,2	0,7	0,9	0	2,4	4,8	0,01	> 2
As	3	8	72	4	21	215	0,5	40
Cd	0,1	0,7	15	1,6	10	75	0	3 / 60 ²
Cr ³	15	50	360	12	96	464	0,6	2 ³
Cu	28	59	530	48	130	894	0,7	600
Hg	0	0	0,8	0	0,5	2,5	0,01	1
Ni	3	19	65	11	50	122	0,6	50
Pb	6	14	116	10	105	709	0,3	120
Zn	106	697	2900	388	2700	16500	2,3	1500

¹ Deze normen zijn ook van toepassing voor PFC 1C1 (Anorganische macronutriënten meststof 1C I m.u.v. nikkel (100 mg/kg voor PFC 1C I)).

² 3 mg kg⁻¹ Cd voor meststoffen met P₂O₅ < 5%, 60 mg Cd kg⁻¹ P₂O₅ indien P₂O₅ > 5%.

³ Norm voor Cr is uitgedrukt Cr (VI), gehalten als chroom totaal.

In de eerdere scenario's is uitgegaan van de bestaande meststoffen in Nederland. De combinatie van twee factoren, de potentiële groei van het gebruik van houtachtige biomassa voor energietoepassingen en het vanaf 2022 toestaan van houtas en biochar in meststoffen, maakt gebruik van CMC 13 en 14 in meststoffen (PFC 1) of andere PFC's mogelijk. Gebruik in PFC 1 ligt het meest voor de hand, omdat de mediane K₂O-gehalte van 5,2 à 5,3% voldoende is voor PFC 1 (minimaal 2% van een nutriënt). Houtas kan ook als onderdeel van kalkmeststoffen (PFC 2), bodemverbetersaars (PFC 3) of groeimedium (PFC 4) gebruikt worden.

Gebruik in meststoffen of kalkmeststoffen, als we rekenen met de maximale gehalten, is impliciet al meegenomen in de eerdere scenario's en het is niet te verwachten dat in Nederland meer P-meststoffen gebruikt zullen gaan worden door het stelsel van fosfaatgebruiksnormen. In het eerder gebruikte scenario is uitgegaan van een worstcasescenario waarin de PFC's een maximumgehalte hebben aan contaminanten en een minimumgehalte aan nutriënten.

Het gevolg van het gebruik van houtassen in meststoffen of kalkmeststoffen op de vracht aan metalen in de landbouw, op basis van bestaande gehalten in houtassen, is berekend in Tabel 23. Daarbij is aangenomen dat de nutriënten die door houtas geleverd worden niet meer via enkelvoudige meststoffen aangevoerd hoeven te worden. Aangenomen is dat de hoeveelheid bodemas die in de komende jaren geproduceerd wordt, 73 mln. kg bedraagt (range: 36-110 mln. kg) en dat deze in de landbouw gebruikt gaat worden (Schöll & Brinkmann, 2019). Daarbij hanteren we een neutraliserende waarde van 26% voor bodem- en bedassen (Schöll & Brinkmann, 2019).

Tabel 23 Effect van gebruik van houtas op de verandering in de aanvoer van metalen (ton/jaar) rekening houdend met vervanging van P en K in houtas.

Aanvoer	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Totaal huidig	6.9	1.7	123	800	0.8	87	67	1713
Na vervanging door houtas	7.2	1.7	126	804	0.8	88	66	1761
Toename of Afname in % van huidig	5%	0%	3%	1%	0%	1%	-1%	3%
Alleen mineraal huidig	4.0	0.8	19.0	27.0	0.1	11.0	45.0	147.0
Na vervanging door houtas	4.3	0.8	22.1	31.2	0.1	12.2	44.5	195.5
Toename of Afname in % van huidig	9%	0%	16%	16%	1%	11%	-1%	33%

Om enig inzicht in de mogelijke effecten op de aanvoer van metalen op veldschaal (in gram per hectare) te krijgen, maken we een aantal aannames ten aanzien van het gebruik van houtas. Om een substantieel deel van de kalkgift te vervangen (stel 50%), is een zodanig grote hoeveelheid houtas per hectare nodig dat dit geen reële aanname is. Dat zou bovendien leiden tot een navenant grote aanvoer van P en K, waardoor die vrachten weer gecorrigeerd moeten worden. Hier nemen we daarom aan dat houtas min of meer evenredig gebruikt wordt als hulpstof in bestaande kalkproducten. Ervan uitgaande dat 50-75% van het landbouwareaal bekalkt wordt, levert dit een jaarlijkse vracht op van 49 tot 73 kg product houtas per hectare. Wanneer we deze hoeveelheid omrekenen naar een equivalent voor aanvoer van P en K en een reductie van de gift aan CaO, is het effect op de aanvoer van metalen zeer beperkt. Uiteindelijk zal het gebruik van houtas, indien op deze manier aangewend, voor de meeste metalen niet of nauwelijks leiden tot een significante verhoging van de jaarlijkse vracht. Alleen voor zink wordt in dat geval een verhoging van de jaarlijkse vracht van 30 tot 50 gram zink per hectare berekend. Gegeven de aanvoer via dierlijke mest van zink die in de orde van grootte van 500 tot 1500 gram per hectare per jaar ligt, is dit een zeer beperkte stijging.

Onder invloed van een veel hogere beschikbaarheid van houtige biomassa voor energie kan ook veel meer houtassen en biochar geproduceerd worden ten behoeve van bodemverbeteraars. In zo'n scenario zou de aanvoer van zware metalen hoger kunnen zijn dan in de eerder beschreven worstcasescenario's. Echter, ook in dat geval moet de fosfaataanvoer via deze bodemverbeteraars voldoen aan de fosfaatgebruiksnormen. Hierdoor zal een hoger gebruik van bodemverbeteraars gecompenseerd moeten worden door een lager gebruik aan fosfaathoudende meststoffen. Het is niet te verwachten dat in Nederland, door gebruik in relatief hoog renderende teelten, fosfaathoudende meststoffen vervangen zullen worden door bodemverbeteraars. Het gebruik van grote hoeveelheden biochar wordt niet voorzien in de landbouw vanwege de kostprijs voor agrariërs.

4.6 Reductie van de veestapel: effecten op aanvoer van metalen

Al eerder is getoond dat dierlijke mest voor metalen als koper en zink meer dan 97% van de totale vracht bepaalt. Dierlijke mest wordt in eerste instantie aangewend als bron voor fosfaat. In deze paragraaf wordt onderzocht in welke mate de aanvoer van metalen naar de bodem verandert indien de veestapel in de

toekomst krimpt. Een krimpende veestapel betekent immers direct een verminderde mestproductie. Aangezien er voor fosfaat een tendens bestaat richting een situatie waarin het overschot aan P nul is, zal een boer daarom bij een verminderd aanbod van P in dierlijke mest dit willen compenseren via P uit andere bronnen ingeval de krimp groter is dan de export van mest of het mestoverschot. Indien zo'n keuze nu gemaakt moet worden, zal dat in veel gevallen betekenen dat het gebruik van kunstmest-P zal toenemen.

Hier berekenen we daarom als voorbeeld de effecten op de aanvoer van metalen indien er een reductie plaatsvindt van 10, 20 of 30% van de rundvee- of varkensdrijfmest (of een combinatie van deze). Daarbij onderscheiden we het scenario dat er geen compensatie voor P plaatsvindt (ofwel de totale vracht van P naar de landbouwbodem neemt dienovereenkomstig af) of dat deze afname volledig gecompenseerd wordt door gebruik van kunstmest-P. In dat laatste geval hanteren we twee soorten kunstmest, namelijk TSP- en NPK-meststoffen die beide op dit moment het meest gebruikt zijn. Daarbij gebruiken we voor de samenstelling van zowel dierlijke mest als kunstmest dezelfde data als die eerder gebruikt zijn voor de berekening van de huidige aanvoer. In Tabel 24 staat de verandering van de totale vracht zonder rekening te houden met compensatie voor de afname in P-aanvoer naar de landbouw. We nemen aan dat de gebruiksruijmtte voor fosfaat ongewijzigd blijft.

Tabel 24 *Relatieve vracht aan metalen (t.o.v. 2019) indien de P-productie met 10, 20 of 30% afneemt voor rundveedrijfmest, varkensdrijfmest of beide. Zonder compensatie van P.*

Reductie		As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
10%	Rund	97%	96%	92%	93%	92%	92%	97%	95%
20%		94%	91%	85%	86%	85%	84%	94%	89%
30%		91%	87%	77%	79%	77%	77%	91%	84%
10%	Varken	100%	99%	99%	97%	99%	99%	100%	96%
20%		99%	98%	99%	95%	97%	98%	99%	93%
30%		99%	97%	98%	92%	96%	97%	99%	89%
10%	Beide	97%	95%	92%	90%	91%	91%	97%	91%
20%		93%	89%	83%	81%	82%	83%	93%	82%
30%		90%	84%	75%	71%	73%	74%	90%	73%

Indien er geen P wordt gecompenseerd bij afname van de productie neemt de totale vracht aan metalen af. De mate waarin varieert per element en de gekozen mestsoort. Voor arseen en lood is het effect bijvoorbeeld relatief klein, maximaal 10% reductie t.o.v. de huidige vracht, zelfs in het extreemste scenario waarbij 30% minder rundvee- en varkensmest geproduceerd wordt. Voor koper en zink is het effect groter indien de hoeveelheid rundveemest afneemt. Dat is deels het gevolg van de grotere productie van P in rundveedrijfmest. Een reductie van 10% P-productie voor runderen komt overeen met ruwweg 9 miljoen kilo P₂O₅, terwijl 10% P-reductie voor varkens ongeveer 3 miljoen kilo P₂O₅ oplevert. In geval van het extreemste scenario levert dit een vrachtreductie t.o.v. 2019 op van circa 30% voor beide metalen.

Indien er wel compensatie optreedt waarbij kunstmest ingezet wordt om de 10, 20 of 30% minder mestproductie te compenseren, zal hierdoor een extra vracht aan metalen gaan ontstaan. De omvang van deze extra vracht is uiteraard direct gekoppeld aan de kwaliteit van de gekozen meststof. In Tabel 25 staan de relatieve veranderingen in de vracht indien P aangevoerd wordt via NPK-mengmeststoffen, terwijl in Tabel 26 de verandering staat indien TSP gebruikt wordt.

Tabel 25 Relatieve vracht aan metalen (t.o.v. 2019) indien de P-productie met 10, 20 of 30% afneemt voor rundveedrijfmest, varkensdrijfmest of beide. Met compensatie voor P via kunstmest (NPK).

	reductie	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Rund	10%	102%	108%	95%	93%	93%	93%	97%	95%
	20%	105%	116%	89%	86%	85%	86%	94%	90%
	30%	107%	124%	84%	80%	78%	79%	92%	85%
Varken	10%	101%	103%	100%	97%	99%	99%	100%	96%
	20%	102%	105%	100%	95%	97%	99%	99%	93%
	30%	103%	108%	100%	92%	96%	98%	99%	89%
Beide	10%	103%	111%	95%	91%	91%	92%	97%	91%
	20%	107%	121%	89%	81%	83%	85%	94%	83%
	30%	110%	132%	84%	72%	74%	77%	91%	74%

Tabel 26 Relatieve vracht aan metalen (t.o.v. 2019) indien de P-productie met 10, 20 of 30% afneemt voor rundveedrijfmest, varkensdrijfmest of beide. Met compensatie voor P via kunstmest (TSP).

	reductie	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Rund	10%	99%	123%	95%	93%	92%	93%	97%	95%
	20%	99%	145%	91%	86%	85%	86%	94%	90%
	30%	98%	168%	86%	79%	77%	79%	91%	85%
Varken	10%	100%	107%	100%	97%	99%	99%	100%	96%
	20%	100%	114%	100%	95%	97%	99%	99%	93%
	30%	101%	122%	101%	92%	96%	98%	99%	89%
Beide	10%	100%	130%	96%	90%	91%	92%	97%	92%
	20%	99%	160%	91%	81%	82%	84%	94%	83%
	30%	99%	189%	87%	71%	73%	77%	91%	75%

Tabel 25 en Tabel 26 leiden tot de volgende conclusies:

1. Compensatie van P in dierlijke mest via kunstmest heeft weinig effect op de vracht (t.o.v. niet compenseren) van vrijwel alle metalen, m.u.v. cadmium. Omdat de gehalten in de meeste kunstmestsoorten laag tot zeer laag zijn, betekent de aanvoer van P via kunstmest dat er weinig extra metalen aangevoerd worden. De totale aanvoer van P kan dus gehandhaafd blijven zonder dat dit leidt tot een significante toename van de vracht aan metalen (t.o.v. een situatie zonder compensatie; in absolute getallen neemt de vracht aan metalen (m.u.v. Cd) af, voor arseen blijft de vracht ongeveer gelijk).
2. De vracht aan cadmium zal toenemen en de mate waarin is afhankelijk van de gekozen meststof. Zeker in geval van TSP verdubbelt de vracht aan Cd ten opzichte van de huidige vracht (bij 30% reductie van zowel rundvee- als varkensdrijfmest). In geval van NPK-meststoffen is deze stijging beperkt. In geval van het extreemste scenario (hier opgenomen) stijgt de vracht van 1,7 naar 2,3 ton/jaar. In principe is een stijging van de aanvoer van metalen als cadmium naar de landbouwbodem ongewenst, maar deze stijging is beperkt en zal naar verwachting niet leiden tot een overschrijding van productnormen. De verandering van de vracht ligt in dezelfde orde van grootte als die uit scenario 2 (waarbij de meststoffen die nu gebruikt worden op het niveau van de norm conform de Meststoffenwet ligt).

4.7 Effecten van beëindigen derogatie op aanvoer van metalen via mest

Zoals uit Hoofdstuk 3 blijkt, vormt de aanvoer via dierlijke mest voor metalen als koper en zink vrijwel 100% van de bijdrage aan de vracht aan zware metalen naar de bodem. Omdat in Nederland dierlijke mest gebruikt wordt als P- en N-meststof, hebben wijzigingen in de aanvoer van N en P door veranderingen in het gebruik van dierlijke mest gevolgen voor de aanvoer van metalen.

Hier berekenen we de effecten op de aanvoer van N en P als de derogatie voor de aanvoer van N via dierlijke mest niet meer geldt.

Op dit moment heeft Nederland derogatie van de regel in de Nitraatrichtlijn die stelt dat er maximaal 170 kg N/ha via dierlijke mest gebruikt mag worden. In Nederland mag, bij meer dan 80% grasland per bedrijf en na aanvragen van derogatie, 230 kg N/ha (zuidelijk) tot 250 kg N/ha (rest) gebruikt worden op grasland. Verder geldt bij derogatie onder meer de aanvullende eis dat er geen minerale P-meststof aangewend mag worden. Als Nederland geen derogatie meer zou aanvragen of zou krijgen, zal de vracht aan dierlijke mest op derogatiebedrijven dalen tot 170 kg N/ha. Dat leidt daarmee automatisch ook tot een daling van de vracht aan zware metalen via dierlijke mest met eenzelfde percentage. Als de gebruiksnormen niet veranderen, zal de verminderde aanvoer via dierlijke mest waarschijnlijk aangevuld worden door vervanging van dierlijke mest door minerale meststoffen of door nieuwe bemestingsproducten. De netto verandering van de vracht aan zware metalen is dus een functie van de verkleinde vracht via dierlijke mest en de extra aanvoer via minerale meststoffen. Voor koper en zink is de verwachting dat in dat geval de aanvoer daalt, omdat de gehalten van deze metalen, per kilogram N in dierlijke mest, veel hoger zijn dan die per kilogram N in minerale meststoffen. Voor cadmium geldt voor minerale N-meststoffen hetzelfde, maar voor cadmium in minerale P meststoffen is dat niet het geval vanwege de hogere gehalten aan cadmium per kilogram P in minerale meststoffen ten opzichte van dierlijke mest.

In paragraaf 4.4 is voor verschillende scenario's de aanvoer aan zware metalen berekend. Daarbij is uitgegaan van een afname van de hoeveelheid dierlijke mest van 10 tot 30%, waarbij deze afname is gecompenseerd door gebruik van minerale meststoffen. Volgens de CDM (CDM advies "Milieueffecten bij geen derogatie van de Nitraatrichtlijn" 12-2-2002) zijn er drie mogelijke reacties van graasdierhouders als de derogatie wegvalt:

1. Vermindering van de stikstofexcretie.
2. Verkleining van de veestapel wat leidt tot een lagere mestproductie.
3. Verhoging van de mestafzet in akkerbouw na mestverwerking.

Uiteindelijk leidt alleen optie (2) tot een daadwerkelijke vermindering van de vracht van dierlijke mest naar de Nederlandse bodem.

In Tabel 27 is verandering in de aanvoer van de hoeveelheid N en P uit dierlijke mest berekend voor Nederland indien de derogatie vervalt. Dit onder de aanname dat de totale oppervlakte die nu onder de derogatie valt 839.000 ha is. Verder nemen we aan dat de N-werkzaamheid dierlijke mest 49% is en die in minerale meststoffen 100%. Voor P hanteren we voor zowel dierlijke mest als kunstmeststoffen een werkzaamheid van 100%.

De norm voor de aanvoer van N via dierlijke mest in de zuidelijke en centrale zand- en lössbodems is 230 kg N/ha, terwijl die voor de klei- en veengronden en de rest van Nederland 250 kg N/ha bedraagt. Dit komt neer op een totale gemiddelde aanvoer van stikstof via dierlijke mest in 2017 van 245 kg N/ha (Lukacs et al., 2019). De werkzaamheid van de 245 kg N/ha dierlijke mest varieert per mestsoort (gemiddeld 49%; Tabel 3.3 (Lukacs et al., 2019)), wat resulteert in een netto aanvoer van werkzame N via dierlijke mest van 120 kg N/ha. Wanneer daar de bijdrage uit kunstmest bijgeteld wordt, bedraagt de totale aanvoer 255 kg N/ha aan werkzame stikstof.

Indiende de derogatie vervalt, daalt de aanvoer van werkzame stikstof uit dierlijke mest naar 83 kg N/ha en zal het verschil (37 kg N/ha) extra aangevoerd worden met minerale mest. Deze aanvoer stijgt dan naar 172 kg N/ha. Vanwege de werkingscoëfficiënt van 100% in minerale N-meststoffen daalt daardoor de totale N-aanvoer naar de landbouw (grasland) van 319 naar 287 mln. kg N/jaar (-10%). Omdat de werkingscoëfficiënt voor P in dierlijke mest 100% is, verandert de totale aanvoer van P naar de landbouwbodem niet, maar daalt het aandeel van P uit dierlijke meststoffen met 32% (-21 mln. kg).

In onderstaande tabel is berekend dat optie (2) uiteindelijk leidt tot een vermindering van 18% van de hoeveelheid dierlijke mest uitgedrukt als kg N of P₂O₅. De hoeveelheid minerale mest neemt logischerwijs toe met 31 mln. kg voor N en met 21 mln. kg voor P.

Tabel 27 Effect van beëindiging van derogatie op aanwending van dierlijke mest en minerale mest waarbij werkzaam N en P gelijk blijft.

	Totaal N (kg N/ha)	Werkzaam N (kg N/ha)	Totaal P (kg P/ha)	Totaal N (mln. kg)	Totaal P ₂ O ₅ (mln. kg)	berekening
Gebruik mest op derogatie bedrijven 2017 ¹						
Dierlijke mest	245	120	77	206	65	A ₁
Minerale mest	135	135	0	113	0	A ₂
Gebruik mest op dezelfde bedrijven als derogatie vervalt						
Dierlijke mest	170	83	53	143	44	a ₁
Minerale mest	172	172	25	144	21	a ₂
Verschil (= effect derogatie)						
Dierlijke mest				-63	-21	a ₁ -A ₁
Minerale mest				+31	+21	a ₂ -A ₂
Gebruik mest op rest van bedrijven 2017 (= niet-derogatie bedrijven) ²						
Dierlijke mest				47	52	B ₁ - A ₁
Minerale mest				111	13	B ₂ - A ₂
Totale gebruik mest Nederland 2017 ²						
Dierlijke mest totaal: alle gras- en bouwland				366	118	B ₁
Minerale mest totaal: alle gras- en bouwland				224	13	B ₂
Effect afschaffen derogatie						
Effect derogatie (%) op gebruik dierlijke mest 2017				-17%	-17%	(a ₁ -A ₁)/B ₁
Effect derogatie (%) op gebruik minerale mest 2017				28%	161%	(a ₂ -A ₂)/B ₂

¹ (Lukacs et al., 2019).

² Totaal min de cijfers voor derogatiebedrijven in deze tabel. Totaal uit Tabel 17 en 19 (van Bruggen et al., 2021)

Voor de aanvoer van zware metalen betekent dit dat er netto via dierlijke mest 75 kg N minder aangevoerd wordt, dit komt overeen met p.m. 25 kg P/ha. Dit wordt gecompenseerd met 37 kg N/ha via N meststoffen en met 25 kg P via minerale P meststoffen. In Tabel 28 staan de veranderingen in berekende vrachten per hectare. Daarbij rekenen we de verandering in dierlijke mest uit op basis van de verandering in P. Netto betekent dit een verlaging van de vracht met 25 kg P als dierlijke mest en een toename van de vracht via 25 kg aan minerale meststoffen voor P plus 37 kg N via minerale N-meststoffen. De keuze van de meststoffen, zowel dierlijke als minerale, is daarbij van belang, aangezien de gehalten aan metalen als zink en koper in verschillende dierlijke meststoffen kunnen variëren. Hier gebruiken we voor minerale meststoffen de gemiddelde gehalten in minerale meststoffen. Voor dierlijke mest maken we nog onderscheid tussen rundveedrijfmest en varkensdrijfmest.

Tabel 28 Verandering in de vracht aan metalen (in gram/ha) indien derogatie vervalt, maar N- en P-gift gelijk blijven.

Verandering	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
-25 kg P ha rund	-1,4	-0,6	-73	-377	-51	-10	-637
-25 kg P ha varken	-0,8	-0,4	-20	-505	-18	-4,1	-1324
+25 kg P mineraal	0,0	2,0	29	3,9	6,0	0,7	71
+37 kg N mineraal	0,0	0,0	0,1	0,2	0,0	2,9	5,6
Netto verandering							
Rund	-1,4	1,4	-44	-373	-45	-6,1	-560
Varken	-0,7	1,6	9,4	-501	-12	-0,6	-1247

De data in Tabel 28 laten zien dat het vervangen van dierlijke mest door kunstmest voor koper en zink leidt tot een forse verlaging van de vracht. Vanwege de hogere gehalten in varkensdrijfmest is dit effect groter

indien minder varkensmest wordt aangewend dan in het geval van rundveemest. Voor lood, nikkel en arseen zijn de effecten klein. Alleen voor cadmium betekent deze wijziging een toename van de belasting van de bodem met 1,4 tot 1,6 gram per hectare. Dit is een forse stijging en zou betekenen dat er gemiddeld een verschuiving optreedt van de huidige situatie in Nederland. Nu is sprake van evenwicht of zelfs een netto daling in de aanvoer van cadmium naar de landbouwbodem (Römkens et al., 2018). Een toename van de vracht met p.m. 1,5 gram per hectare zou leiden tot een situatie waarbij er, op basis van 839000 ha die nu onder de derogatie valt, p.m. 1260 kg extra aan de bodem wordt toegevoegd. Daarbij moet wel het voorbehoud gemaakt worden dat in dit geval TSP wordt gebruikt als vervanger van dierlijke mest (met daarin wel reële waarden voor cadmium in TSP). De gehalten aan cadmium in andere fosfaatmeststoffen, o.a. N-/P-meststoffen, zijn per kg P ongeveer de helft van die in TSP. Dit is daarmee voor cadmium een worstcasescenario.

4.8 Normering voor chroom: verschil tussen Meststoffenwet en FPR

In EU2019/1009 staan normen voor chroom opgenomen voor alle meststoffen. In tegenstelling tot de huidige normen in de Meststoffenwet zijn deze echter op basis van chroom (VI) daar waar dat in de Meststoffenwet gebeurt op basis van totaalchroom. De normen in de FPR zijn daarbij afgeleid van of overeenkomstig de al langer bestaande Duitse normen (DüMV, 2012) herzien in 2019).

De twee belangrijkste valenties voor chroom zijn chroom (III) en chroom (VI). Samen vormen zij de hoeveelheid totaalchroom in de bodem. Chroom (VI) is daarbij mobiel en zeer toxisch voor mens en dier, daar waar chroom (III) immobiel is en veel minder tot niet-toxisch.

Onder normale omstandigheden in de bodem (en in veel meststoffen of bodemverbeteraars) vormt chroom (III) het merendeel van de totale chroomgehalten. Alleen onder zeer sterk oxiderende omstandigheden kan Cr (VI) aanwezig zijn, maar in verreweg de meeste omstandigheden zal dit chroom (VI) omgezet worden in het stabiele chroom (III). Ook laten recente studies zien dat het accuraat meten van chroom (VI) in bijvoorbeeld fosfaat meststoffen complex is en niet zelden tot foutieve interpretaties leidt (Vogel et al., 2020).

Op dit moment zijn er daarom slechts weinig data beschikbaar die inzicht geven in de hoeveelheid chroom (VI) in bemestingsproducten of bodems.

Een van de nadelen van een norm voor chroom op basis van chroom (VI) is dat een product daardoor potentieel zeer hoge toegestane totaalgehalten aan chroom kan hebben, waardoor de vracht aan chroom naar de bodem sterk kan stijgen. Dit kan bijvoorbeeld een rol spelen indien nieuwe grondstoffen voor meststoffen of compost gebruikt worden met verhoogde chroomtotaalgehalten, maar lage chroom (VI) gehalten.

Een norm op basis van chroomtotaal is daarmee meer beschermend, in die zin dat de totale potentiële vracht beperkt blijft. In verreweg de meeste gevallen zullen producten die aan de norm voor chroomtotaal voldoen ook aan de norm voor chroom (VI) voldoen. Materialen met hoge gehalten aan chroom (VI) zijn vrijwel altijd industrieel vervaardigd (o.a. verf en geïmpregneerd hout) en vallen niet onder de toegestane bronmaterialen voor meststoffen. Daarnaast bevat vooral afval uit de leerlooierijen verhoogde gehalten aan chroom (III). Indien dit materiaal gebruikt wordt voor het maken van compost of zelfs als voer voor kippen, kan dit leiden tot te hoge blootstelling aan chroom (VI). Voor zover bekend, is dit in Nederland niet aan de orde en ligt het gemiddelde gehalte aan chroomtotaal in gft (23 mg/kg; Bijlage 3) of groencompost (17 mg/kg, Bijlage 3) ruim beneden de norm in de Meststoffenwet (50 mg kg⁻¹).

5 Conclusies

5.1 Algemeen

Wat is de grondslag van FPR?

De FPR-normen zijn gebaseerd op (*best*) *practice* en gestoeld op eerder afgeleide normen voor o.a. compost en kalkmeststoffen. De huidige normen in de FPR kennen daarmee geen of een beperkte (voor Cd) risicobasis voor gereguleerde metalen. Daarnaast wordt in de FPR gestreefd om normen voor niet-gereguleerde metalen op een dusdanig niveau te reguleren dat dit niet leidt tot een overschrijding van 'grenswaarden in levensmiddelen of diervoeders'. Deze grenswaarden in levensmiddelen of diervoeders zijn daarmee de facto MRL's die sturend zouden moeten zijn voor de hoogte van acceptabele gehalten in meststoffen. Voor niet-gereguleerde metalen biedt het concept van MRL's geen basis voor de afleiding van normen ter bescherming van mens en milieu (zie par. 5.2).

Wat is de grondslag van de Meststoffenwet in NL?

Deze is gebaseerd op een maximaal aanvaardbare vracht gerelateerd aan minimale accumulatie in de bodem en afgeleid van bestaande normen voor de aanvoer via zuiveringsslib. De huidige normen in de MW kennen daarmee een beperkte risicobasis, namelijk het voorkomen van ongewenste mate van accumulatie.

Wat zijn nieuwe eisen, wat voegt de FPR toe?

De normen in de FPR hebben grotendeels betrekking op iets andere productgroepen en zijn meer dan de MW gebaseerd op gehalten en niet op basis van waarde gevende bestanddelen. Het principe van MRL's is geïntroduceerd zonder daarbij een concrete invulling te geven (zie ook hierna).

Wat regelt de FPR niet en de MW wel?

De MW reguleert op basis van een vracht die, voor NL, enigszins gerelateerd is aan het voorkomen van accumulatie. De FPR reguleert uitsluitend op basis van gehalte zonder de vracht te begrenzen.

5.2 Maximale Residu Limieten (MRL's)

Zijn de voorgestelde normen voor metalen in de FPR of de Meststoffenwet gebaseerd op risico's voor mens en milieu en dan specifiek gekoppeld aan MRL's?

Nee, met uitzondering van cadmium zijn deze normen grotendeels gebaseerd op *best practice* (gestuurd door de huidige kennis van gehalten in meststoffen) en, in NL, op een maximale toegestane vracht met als doel om accumulatie te voorkomen (zie par. 2.5).

Zijn er op dit moment MRL's die de basis vormen voor de afleiding van de normen voor metalen?

Nee, op dit moment zijn de huidige normen voor PFC's niet gerelateerd aan bestaande MRL's, ook niet voor die metalen waar wel MRL's voor bestaan (Hg, Pb). Alleen voor cadmium is, bij de afleiding van de norm voor Cd in P-meststoffen, een analyse gemaakt van de consequentie van die keuze voor de accumulatie in de bodem. Op basis van die kennis is aannemelijk gemaakt dat bij de norm van 60 mg Cd/kg P₂O₅ accumulatie op EU-niveau beperkt blijft en niet zal leiden tot overschrijding van de MRL in levensmiddelen (op EU-niveau).

Bestaan er MRL's voor metalen die gebruikt kunnen worden als grondslag voor een norm?

Alleen voor cadmium, kwik en lood bestaan er MRL's in voedingsmiddelen en diervoeder. Voor de overige metalen bestaan die niet (zie par. 2.5.3).

Bestaan er MRL'S voor niet-gereguleerde metalen die als grondslag voor een risicobeoordeling gebruikt kunnen worden?

Nee, voor andere metalen dan de genoemde bestaan geen MRL's in levensmiddelen of diervoeders.

5.3 Huidige situatie in Nederland

Is er op dit moment sprake van risico's voor mens en milieu op basis van de huidige kwaliteit van de bodem met inachtneming van de huidige belasting met metalen?

Op dit moment is er voor de gemiddelde landbouwbodem geen sprake van onaanvaardbare gehalten in de bodem in relatie tot gewaskwaliteit en/of bodemleven als gevolg van mestgebruik. Wel is er sprake van een regionaal (te) hoge emissie vanuit de bodem naar het oppervlaktewater, met als gevolg dat normen in het watersysteem op regionale schaal overschreden worden voor meerdere metalen (o.a. zink). *Noot:* alleen in gebieden met een historische belasting, niet gerelateerd aan landbouw, overschrijden gehalten aan onder meer cadmium, zink, koper en lood op regionale schaal (met name in de Kempen, Veenweidegebied en uiterwaarden van rivieren) de geadviseerde kwaliteitscriteria (LAC-waarden). Regionaal kan dit leiden tot overschrijding van normen in voeding of effecten op diergezondheid (zie par. 3.4).

Indien de huidige vracht in stand blijft, is er dan op termijn sprake van risico's voor mens en milieu?

De gehalten in de bodem blijven onder de norm, maar er zijn op dit moment risico's voor de waterkwaliteit met de huidige aanvoer (zie par. 3.5). Bij ongewijzigd beleid zullen de ernst en omvang van dat risico toenemen en ontstaan er lokaal ook risico's voor het bodemecosysteem. De termijn waarop dat zal gebeuren, varieert van 0 (waterkwaliteit) tot decennia voor gevoelige bodems.

Wat is de belangrijkste oorzaak van de dalende trend in de belasting van Nederlandse landbouwbodems met metalen sinds 1991?

De hoofdoorzaak is de daling in het gebruik van fosfaat aangevoerd via dierlijke mest en, deels, via minerale meststoffen (zie par. 3.2).

Wat is het aandeel van EU-meststoffen en andere producten aan de totale belasting van de landbouwbodem in NL op dit moment?

Op dit moment varieert die van p.m. 25% voor arseen, cadmium en lood tot minder dan 10% voor de overige gereguleerde metalen.

5.4 Consequentie van invoering van de FPR voor de belasting van de bodem en risico's voor mens en milieu

Biedt de FPR afdoende borging van bescherming van risico's voor mens, (landbouw)huisdier, gewas en milieu?

De FPR stelt lage eisen aan waarde gevende bestanddelen die, gekoppeld aan de eisen voor metalen, in beginsel de vracht kan doen toenemen. Potentieel varieert deze toename bij onveranderd gebruik van bemestingsproducten van een 10 keer zo hoge vracht voor arseen tot een 2 à 3 keer zo hoge vracht voor de andere metalen (zie par. 3.4.2 Resultaten van de scenario's). Het is niet waarschijnlijk dat huidige bemestingsproducten bij invoering van de FPR de vracht wezenlijk doen veranderen. Het gebruik van nieuwe bemestingsproducten, gestimuleerd door de Europese Commissie, kan wel leiden tot een hogere vracht, omdat de FPR dat toelaat. Bij de productie van deze nieuwe bemestingsproducten is de FPR namelijk sturend.

Een kwalitatieve inschatting van de daaruit voortkomende risico's suggereert dat dit tot potentiële risico's leidt voor de bodemkwaliteit (accumulatie), het bodemecosysteem (zie par. 3.5) en de waterkwaliteit. Risico's voor productkwaliteit van gereguleerde metalen (met name cadmium en lood) zijn in eerste instantie niet te verwachten.

De mate waarin de kwaliteit van gereguleerde meststoffen zal veranderen (toenemen), is afhankelijk van de ontwikkeling van het gebruik van reststromen als grondstof voor meststoffen. Meer recycling van (organische) reststromen kan leiden tot gemiddeld hogere gehalten in PFC's. Met name bodemverbeteraars (PFC 3A) die als doel hebben organische stof te leveren of bemestingsproducten met lage nutriëntengehalten, kunnen (theoretisch) ingezet worden wat zo tot een toename in de vracht van metalen

kan leiden (zie par. 4.3 Trends in (nieuwe) grondstoffen voor meststofproductie). Uiteraard geldt dat er ook schone 'nieuwe' circulaire grondstoffen zijn die niet tot een toename van de vracht aan metalen leiden.

Leidt invoering van de normen volgens de FPR tot een trendbreuk als het gaat om de belasting van de bodem met metalen?

Het antwoord is nee als de samenstelling en het gebruik van de meststoffen niet veranderen. Het antwoord is ja als de samenstelling afgestemd wordt op FPR en het gebruik wijzigt. Indien de gehalten in gereguleerde meststoffen op het niveau van de norm van de FPR uitkomen (extreme worstcase), neemt de vracht zelfs weer toe tot boven het niveau van 1991. Dat komt voor de meeste metalen neer op een verdubbeling van de huidige vracht. De kans dat dit gebeurt, achten we zeer klein.

Leidt invoering van de normen van de FPR in Nederland dan ook tot risico's voor mens en milieu?

Niet noodzakelijk en niet in alle milieucompartimenten. De mate waarin dat zou kunnen gebeuren, hangt grotendeels af van de mate waarin producenten van meststoffen hun huidige procedé handhaven dan wel aanpassen, waardoor hun bemestingsproducten minder schoon zijn. Deels hangt dat af van de mate waarin we nieuwe grondstoffen (voortkomend uit het streven van een meer circulair gebruik van wat nu nog afvalmateriaal is) gaan gebruiken als grondstof voor een meststof. Het is, gebaseerd op expert judgement, niet aannemelijk dat alle in Nederland gebruikte EU-meststoffen binnen afzienbare tijd gehalten bevatten op het niveau van de norm. Ook is het niet aannemelijk dat op korte tot middellange termijn (0-25 jaar) normen in de bodem overschreden worden. Daarnaast is er geen verwachting dat bestaande MRL's (voor Hg, Pb en Cd) in producten overschreden worden in diezelfde termijn. Indien de huidige vracht aan metalen gehandhaafd blijft (en zeker indien die toeneemt), is er echter wel sprake van overschrijding van normen in het oppervlaktewater (volgens de Water Framework Directive). Gezien het grote aandeel (> 95%) van dierlijke mest in de aanvoer van de probleemstoffen voor de WFD (koper en zink), is een substantiële reductie van het mestgebruik de enige manier om te komen tot een wezenlijke afname van de huidige belasting van de bodem en daarmee, op termijn, een reductie van de belasting van het oppervlaktewater te bewerkstelligen.

Literatuur

- Agrimatie. (2021). *Use of limefertilizers in Dutch agriculture* Wageningen UR.
- Amlinger, F., Favoino, E., Pollak, M., Peyr, S., Centemero, M., & Caima, V. (2004). Heavy metals and organic compounds from wastes used as organic fertilisers. *Study on behalf of the European Commission, Directorate-General Environment, ENV. A, 2.*
- Bazan, G., Koelemeijer, R., & van Dam, D. (2020). *Decarbonisation options for the Dutch starch industry* (Vol. 3656).
- Boerenbond. (2021). *Bloedmeel*. Retrieved 25-05-2021 from <https://boerenbond.nl/dcm-bloedmeel-organische-stikstof-moestuilmeststoffen-5413448127645-bbs.html>
- Boysen, P. (1992). *Schwermetalle und andere Schadstoffe in Düngemitteln - Literaturoberwertung und Analysen* -. Retrieved from <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3207.pdf>
- Brolsma, K. (2019). *Plantbeschikbaar koper en zink in de Nederlandse landbouwbodem (2007 t/m 2018)*. E. R. Development.
- Centraal Veevoeder Bureau (CVB). (2012). *Tabellenboek veevoeder, voedernormen landbouwhuisdieren en voederwaarde veevoerders*.
- Commissie bemesting grasland en voedergewassen. (2021). *Bemestingsadvies*. W. L. Research.
- Crown-Van-Gelder. (2020). *Sustainability facts and figures 2020*.
- de Graaff, L., & Naber, N. (2016). *Potentie struviet voor Nederlandse landbouw. Studie naar de potentie van struvietwinning bij Nederlandse aardappelbedrijven*. CE.
- de Haan, J., & van Geel, W. (2021). *Handboek bodem en bemesting*. <https://www.handboekbodemenbemesting.nl/nl/handboekbodemenbemesting.htm>
- de Haan, S. & Lubbers, J. (1984). *Huisvuilcompost en zuiveringslib als organische meststoffen voorboulantgewassen op zware rivierkleigrond in de Bommelerwaard, in vergelijking met stalmeest, groenbemesting en turfmoest.*, rapportnr 15-84. Instituut voor Bodemvruchtbaarheid.
- de Vries, W., Römkens P., & J.C., V. (2004). *Prediction of the long term accumulation and leaching of zinc in Dutch agricultural soils: a risk assessment study*.
- de Vries, W., Römkens, P. F., & Schütze, G. (2007). Critical soil concentrations of cadmium, lead, and mercury in view of health effects on humans and animals. *Reviews of environmental contamination and toxicology*, 91-130.
- Delahaye, R., Fong, P.K.N., van Eerdt, M.M., van der Hoek, K.W. & Olsthoorn, C.S.M. (2003). *Emissie van zeven zware metalen naar landbouwgrond*.
- Deltares. (2018). *Zware metalen in dierlijke mest in 2017. project 11202236-002*.
- Dittrich, B., & Klose, R. (2008). *Schwermetalle in Düngemitteln, Bestimmung und Bewertung von schwermetallen in Düngemitteln, Bodemhilfsstoffen un Kultursubstraten*.
- Driessen, J. J. M., Roos, A. H., Bannink, H., Booiman - Hagens, G. M., & Brouwer, G. (1996). *Zware metalen, organische microverontreinigingen en nutriënten in dierlijke mest, compost, zuiveringslib, grond en kunstmeststoffen*. RIKILT-DLO.
- DüMV. (2012). *Verordnung über das Inverkehrbringen von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln* Retrieved 08-09-2021 from https://www.gesetze-im-internet.de/d_mv_2012/
- ECN. (2017). *Phyllis database*.
- ECN. (2021). *Database Phyllis2*. Retrieved 25-05-2021 from <https://www.ecn.nl/phyllis2/>
- Ehlert, P. A. I. v. D., T. A. Oenema, O. (2013). *Opname van struviet als categorie in het Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet: advies* (Werkdocument / Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu;332, Issue. Alterra. <http://edepot.wur.nl/262471>
- Energie und Umweltschutz Consult GmbH (EUC). (2012). *Stoffliche bewertung von REA-gips. Projekt: "Gipsdepot Jänschwalde II: Verkippung, Zwischenlagerung und Rückgewinnung von REA-Gips*. Vattenfall Europe Mining AG.
- Eurofins. (2015). *Zink tekort toenemend probleem in Nederland*. Retrieved 13-10-2021 from <https://www.eurofins-agro.com/nl-nl/zinktekort-toenemend-probleem-in-nederland>

- Faber M., M.H.M.M. Montforts (2022). Organic contaminants in fertilising products and components materials. Wageningen, The Statutory Research Tasks Unit for Nature and the Environment (WOT Natuur & Milieu), [WOT-technical report 220](#)
- Fragstein, P. V., Pertl, W., & Vogtmann, H. (1988). Verwitterungsverhalten silikatischer Gesteinsmehle unter Laborbedingungen. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, 151(2), 141-146.
- Groenenberg, J., Römkens, P. F. A. M., & De Vries, W. (2006). *Prediction of the long term accumulation and leaching of copper in Dutch agricultural soils: a risk assessment study* (1566-7197).
- Heuzé, V. T., G. (2016). Blood meal. Feedipedia, a programme by INRA, CIRAD, AFZ and FAO. <http://www.feedipedia.org/node/221> Last updated on March 31, 2016, 10:31.
- Hoeksma, P., de Buissonjé, F.E., Ehlert, P.A.I. & Horrevorts, J.H. (2011). *Mineralenconcentraten uit dierlijke mest: monitoring in het kader van de pilot mineralenconcentraten*. (Vol. 481). Wageningen UR Livestock Research.
- Hoeksma, P., Schmitt, H., de Rijk, S., de Buissonjé, F., & Sefeedpari, P. (2021). *Effluent van mestverwerkingsinstallaties*.
- Huygens, D., Orveillon, G., Lugato, E., Tavazzi, S., Comero, S., Jones, A., . . . Saveyn, H. (2020). Technical proposals for the safe use of processed manure above the threshold established for Nitrate Vulnerable Zones by the Nitrates Directive (91/676/EEC). *JRC121636.[Google Scholar]*, 170.
- Huygens, D., Saveyn, H., Tonini, D., Eder, P., & Delgado Sancho, L. (2019). Technical proposals for selected new fertilising materials under the Fertilising Products Regulation (Regulation (EU) 2019/1009). *FeHPO CaHPO*, 4.
- Hydroseeding. (2016). *Samenstelling papiercellulose*. www.hydroseeding.eu (bekeken op 1 mei 2016).
- IRS. (1999). *Jaarverslag 1999*. Instituut voor Rationele Suikerproductie, Bergen op Zoom.
- Janmaat, L. (2016). *Getrouwd met koper?* Ekoland.
- Janssen, J., Hotsma, P., & Bonnier, I. P. (1999). Milieutoets meststoffen.
- Keurcompost. (2014). *Keurcompost kwaliteit*. Retrieved 05-06-2021 from https://keurcompost.nl/wp-content/uploads/images/Gemiddelden-kwaliteit-Keurcompost-groen-en-gft_2014_incl-productbasis-1.pdf
- Kratz, S., Schick, J., & Schnug, E. (2016). Trace elements in rock phosphates and P containing mineral and organo-mineral fertilizers sold in Germany. *Science of the Total Environment*, 542, 1013-1019.
- Lukacs, S., Blokland, P., Prins, H., Vrijhoef, A., Fraters, D., & Daatselaar, C. (2019). *Agricultural practices and water quality on farms registered for derogation in 2017* (2019-0026).
- Luske, B., & Blonk, H. (2009). *Milieueffecten van dierlijke bijproducten*. Blonk Milieu Advies Gouda, the Netherlands.
- McLaughlin, M. J., Smolders, E., Degryse, F., & Rietra, R. (2011). *Uptake of metals from soil into vegetables*. In *Dealing with contaminated sites* (pp. 325-367). Springer, Dordrecht.
- Mol, G., Van Gaans, P., Spijker, J., Van der Veer, G., Klaver, G., & Roskam, G. (2010). *Geochemische atlas van Nederland* (1566-7197).
- Möller, K. S., U. (2015). Chemical characterization of commercial organic fertilizers. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 61, 989-1012.
- Pels, J. (2011). Recycling of ashes from biomass combustion. Quantity and composition of ashes and options for recycling of materials; Hergebruik van assen uit biomassaverbranding. Hoeveelheden en samenstelling van de assen en opties voor materiaalhergebruik.
- Prins, U. (2005). Verzelfstandiging van de biologische landbouw op het gebied van mest, voer en stro. *LBI, rapport LV57*.
- Regelink, I., Ehlert, P., & Römkens, P. (2017). *Perspectieven voor de afzet van (fosfaat-verarmd) zuiveringsslib naar de landbouw* (1566-7197).
- Rietra, R. P. J. J., Mol, G., Rietjens, I. M. C. M., & Romkens, P. F. A. M. (2017). *Cadmium in soil, crops and resultant dietary exposure* (No. 2784). Wageningen Environmental Research.
- Römkens, P., Rietra, R., Kros J., Voogd J.C., & De Vries, W. (2018). *Impact of cadmium levels in fertilisers on cadmium accumulation in soil and uptake by food crops* (2889).
- Römkens, P., Rietra, R., & Ehlert, P. (2016). Impact assessment of the proposal for a new European fertilizer regulation: analysis of the flow of heavy metals to agricultural land and impact on free marketing of domestic fertilizers. *Alterra-rapport-Wageningen University and Research Centre*(2766).
- Römkens, P. F. A. M., & Rietra, R. P. J. J. (2008). *Zware metalen en nutriënten in dierlijke mest in 2008: gehalten aan Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, As, N en P in runder-, varkens-en kippenmest* (1566-7197).
- Schils, R. (2016). *30 vragen en antwoorden over zwavel*.

-
- Schöll, L., & Brinkmann, A. (2019). *Naar een eenduidige visie op het hergebruik van houtas in compost* (1741.N.18).
- Smolders, E., & Nziguheba, G. (2005). *Trace elements in mineral fertilizers used in Europe (EU15). Report to Nipera. Contract 040603-c-KUL.*
- Statline, C. (2021). Goederensoorten naar land; minerale brandstoffen en chemie. *Centraal Bureau voor de Statistiek URL: <http://statline.cbs.nl/StatWeb/publication>.*
- Strengers, B. E., H.; Hekkenberg, M. (2020). *Advies uitfasering houtige biograndstoffen voor warmtetoepassingen* (4303).
- Triferto. (n.d.). *Meststoffen*. Retrieved 25-05-2021 from <https://www.triferto.eu/nl/home>.
- van Bruggen, C., Bannink, A., Groenestein, C., Huijsmans, J., Lagerwerf, L., Luesink, H., . . . van der Zee, T. (2021). *Emissies naar lucht uit de landbouw berekend met NEMA voor 1990-2019* (2352-2739).
- Verhagen, A., Van den Akker, J. J., Diemont, W., Schrijver, R. A., Wosten, H., Blok, C., . . . Verweij, P. (2010). Peatlands and carbon flows. Outlook and importance for the Netherlands.
- Vogel, C., Hoffmann, M. C., Krüger, O., Murzin, V., Caliebe, W., & Adam, C. (2020). Chromium (VI) in phosphorus fertilizers determined with the diffusive gradients in thin-films (DGT) technique. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(19), 24320-24328.
- Wijsman, J. (2012). *Land-en tuinbouwcijfers 2012* (2012-056).
- Zijderlaan. (2016). *Website handelshuis dat gips verkoopt onder de naam Agrigips <http://www.zijderlaan.nl/handel/agriqyps> (bekeken op 5 januari 2015).*

Verantwoording

WOT-technical report: 219

BAPS-projectnummer: WOT-04-008-031.01

Dit onderzoek is begeleid door Phillip Ehlert (WENR) en Harm Smit van het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselveiligheid. De onderzoeksmethoden en onderzoeksanpak zijn beoordeeld door dr. J. van Wensem, Coördinerend adviseur duurzame leefomgeving bij Rijkswaterstaat.

De auteurs willen iedereen bedanken voor hun constructieve bijdrage aan dit rapport.

Akkoord Extern contactpersoon

functie: Senior Beleidsmedewerker Mest en Milieu, ministerie van LNV

naam: Harm Smit

datum: 14 april 2022

Akkoord Intern contactpersoon

naam: Erwin van Boekel

datum: 14 april 2022

Bijlage 1 Meststoffengebruik

Tabel B1 Hoeveelheden meststoffen zoals gebruikt voor landelijke balans in verschillende jaren en scenario's.

NL-hoofd indeling*	NL-indeling	Naam	Eenheid mln. kg	1991	2001	2011	2019	Referentie
EG	Minerale meststof	Kaliumchloride 40%	K ₂ O	4	1	1	2	¹
EG	Minerale meststof	Kaliumchloride 60%	K ₂ O	42	17	11	20	¹
EG	Minerale meststof	patentkali 30%	K ₂ O	8	6	1,8	3	¹
EG	Minerale meststof	Kaliumsulfaat	K ₂ O	3	8	2,3	6	¹
EG	Minerale meststof	overige enkelvoudige K meststoffen	K ₂ O		0,39	0,14	5	¹
EG	Minerale meststof	Tripelsuperfosfaat	P ₂ O ₅	14	7	3	1	¹
EG	Minerale meststof	NPK, NP, PK en NK meststoffen	P ₂ O ₅	61	45	12	8	¹
EG	Minerale meststof	Kalkammonsalpeter	N	250	222	151	112	¹
EG	Minerale meststof	Stikstofmagnesia	N	49	10		1	¹
EG	Minerale meststof	Ureum	N			22,5	28	¹
EG	Minerale meststof	Ammoniumsulfaat	N			4,8	1	¹
EG	Minerale meststof	Ammoniumsulfaatsalpeter	N			1,8	0,0	¹
EG	Minerale meststof	Overige enkelvoudige stikstofmeststoffen	N		23		13	¹
EG	Minerale meststof	Kalkmeststoffen	CaO	92	53	53	58	²
EG	Minerale meststof	Kieseriet	Product	21	21	7	11,5	³
EG	Minerale meststof	Gips	Product	1	1	1		
Compost		GFT compost	Product	0	3,2	3,2	5,5	¹
Compost		Groencompost	Product	2,0	2,0	2,0	0	¹
Zuiveringsslib		AWZI zuiveringsslib	ds	5,0	1,4	0,8	0,24	¹
DM	Dierlijke mest	Graasdierenmest	P ₂ O ₅	161	115	92	88	¹
DM	Dierlijke mest	Pluimveemest	P ₂ O ₅	2	1	1	0,1	¹
DM	Dierlijke mest	Varkens	P ₂ O ₅	63	45	32	27	¹
DM	Dierlijke mest	overige dierlijke mest	P ₂ O ₅	8	6	5	0	¹
DM	Dierlijke mest	Mineralenconcentraat	Product			94	3,6	¹
DM	Digestaat	zie Tabel B5,2	N			8	10	¹
OM		Vleesmeel van gemengde pap	Product	22	22	22	22	⁴
OM		Bloedmeel	Product	2	2	2	2	⁴
OM	Overige	Verenmeel	Product	9	9	9	9	⁴
OM	Organische meststoffen	Varkensmeel	Product	2	2	2	2	⁴
OM		Veenproducten	C	59	59	59	59	⁵
OM		Gesteentemelen	Product			1	1	[*]
OM	Bijlage Aa I,1	Schuimaarde	CaO	107	83	68	28	²
OM	Bijlage Aa I,3	kalkslib van drinkwaterbereiding	CaO	31	17	13	13	⁶
OM	Bijlage Aa I,8	Vinasse	Product	90	90	90	94,5	⁷
OM	Bijlage Aa I,11	Ingedikt-onteiwit aardappelvruchtwater	Product		2,7	2,7	2,7	⁸
OM	Bijlage Aa I,19	stabilisator papiercellulose	ds		1,1	1,1	1,6	⁹
OM	Bijlage Aa, III&I,20/21	Rookgasontzwevelinggips	Product	3	3	3	3	¹⁰
OM	Herwonnen fosfaten	Struviet	P ₂ O ₅			0,5	0,8	¹¹

Referenties: 1 (Van Bruggen et al., 2021); 2 (Agrimatie, 2021); 3 (Statline, 2021); 4 (Luske & Blonk, 2009); 5 (Verhagen et al., 2010); 6 (Wijsman, 2012); 7 (Prins, 2005); 8 (Bazan et al., 2020); 9 (Crown-Van-Gelder, 2020); 10 (Schils, 2016); 11 (De Graaff & Naber, 2016). *inschatting auteurs. EU meststof volgt EG.2003/2003.

Bijlage 2 Overzicht van wijzigingen in de normen (EU/2019/1009) voor metalen t.o.v. de ontwerptekst van 2016

In onderstaande tabel staan de normen voor zware metalen in de huidige FPR met daarnaast de voorstellen uit de ontwerptekst voor de FPR die in 2016 is gehanteerd, voor zover destijds opgenomen (o.a. voor Cu en Zn waren er in 2016 geen voorstellen).

Tabel B1 Productfunctiecategorieën (PFC) van voorgestelde bemestingsproducten met hun maximumeisen voor zware metalen en arseen (mg/kg DS) uit EU/2019/1009 en de ontwerptekst uit 2016 (tussen haakjes).

PFC	Indeling	Cu	Zn	As	Cd	CrVI	Hg	Ni	Pb
1	Meststof								
1A	Organische meststof ¹	300 (-)	800 (-)	40 (-)	1,5	2	1	50	120
1B	Organo-minerale meststof	600 (-)	1500 (-)	40 (-)	3/60 ²	2	1	50	120
1C	Anorganische meststof ³								
1(C)(I)	Anorganische macronutriënten meststof ⁴	600 (-)	1500 (-)	40 (60)	3/60 ²	2	1 (2)	100 (120)	120 (150)
1(C)(II)	Anorganische micronutriënt-meststof (in mg/kg micronutriënt)			1000	200		100	2000	600
2	Kalkmeststof	300 (-)	800 (-)	40 (120)	2 (3)	2	1 (2)	90	120 (200)
3	Bodemverbeteraar								
3A	Organische bodemverbeteraar	300 (-)	800 (-)	40 (-)	2 (3)	2	1	50	120
3B	Anorganische bodemverbeteraar	300 (-)	800 (-)	40 (-)	1,5	2	1	100	120 (150)
4	Groeimedium	200 (-)	500 (-)	40 (-)	1.5 (3)	2	1	50 (100)	120 (150)
5	Remmer								
5A	Nitrificatieremmer								
5B	Denitrificatieremmer								
5C	Ureaseremmer								
6	Biostimulant voor planten								
6A	Microbiële biostimulant voor planten								
6B	Niet-microbiële biostimulant voor planten								
7	Bemestings-productenblend								

Bijlage 3 Samenstelling meststoffen

Tabel B2 Samenstelling meststoffen zoals gebruikt voor berekeningen van de aanvoer op landelijke schaal (in 2019).

NL hoofd indeling	NL indeling	Stof	FPR indeling	Opm.	DS	OS	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	NW	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	Tl	V	Cl ⁻	ΣPCDD	ΣPCB	som van PAK's	Referenties
					% product										mg/kg ds										
EG	Minerale meststof	kaliumchloride 40%	1(C)(I)(a)(i)		100,0			40,0			0,6	0,01	1,7	17,1	0,01	0,4	0,0	4,6	0,1						7
EG	Minerale meststof	kaliumchloride 60%	1(C)(I)(a)(i)		100,0			60,0			0,5	0,0	0,6	0,7	0,01	0,6	0,3	2,3	0,1						7
EG	Minerale meststof	patentkali 30%	1(C)(I)(a)(i)		100,0			30,0			0,5	0,0	7,8	3,5	0,01	3,4	0,3	3,1							3 & 7 (voor Cd, Hg, Pb, gebaseerd op het gemiddelde van de kalimeststof met het hoogste gehalte aan zware metaal)
EG	Minerale meststof	Kaliumsulfaat	1(C)(I)(a)(i)		100,0			30,0		0,2	0,02	2,1	1,9	0,01	0,4	0,1	10,0	0,0							7 & 25 (voor K)
EG	Minerale meststof	Overige enkelvoudige K meststof	1(C)(I)(a)(i) a)		100,0			40,0		0,5	0,01	0,6	0,7	0,01	0,6	0,3	2,3	0,1							
EG	Minerale meststof	tripelsuperfosfaat	1(C)(I)(a)(i)		100,0			39,0		7,0	20,0	197,0	31,0	0,02	32,0	4,0	407,0								24 & 7 (voor Hg)
EG	Minerale meststof	NPK meststoffen (1)	1(C)(I)(a)(i)		100,0		7,0	14,0	28,0	3,0	2,3	30,7	39,0	0,02	12,7	1,5	111,0	0,1	26,0						20 & 25 (voor N, P, K) & 7 (voor Hg)
EG	Minerale meststof	NPK meststoffen (2)	1(C)(I)(a)(i)		100,0		18,3	11,7	11,3	7,2	3,7	49,7	16,6	0,02	10,9	2,5	86,4								24 & 7 (voor Hg)
EG	Minerale meststof	kalkammonsalpeter	1(C)(I)(a)(i)		100,0		27,0			0,4	0,05	0,9	1,5	0,01	0,0	21,2	40,9	0,0							7 & 25 (voor N)
EG	Minerale meststof	Ureum	1(C)(I)(a)(i)		100,0		46,0			0,1	0,01	0,6	0,8	0,01	0,3	0,4	3,7	0,0							7 & 25 (voor N)
EG	Minerale meststof	ammoniumsulfaat	1(C)(I)(a)(i)		100,0		8,0			0,2	0,01	0,8	0,8	0,01	0,3	0,1	0,4	0,0							7 & 25 (voor N)
EG	Minerale meststof	ammoniumsulfaatsalpeter	1(C)(I)(a)(i)		100,0		26,0			0,3	0,01	1,0	2,5	0,01	0,4	0,1	4,7	0,1							7 & 25 (voor N)
EG	Minerale meststof	Kalkmeststoffen	2		100,0				50,0	6,2	0,52	9,8	5,4	0,06	3,6	38,0	91,9	0,2							7 & 25 (voor NW)
EG	Minerale meststof	Kieseriet	1(C)(I)(a)(i)		100,0					3,3	0,05	4,2	0,6	0,01	1,1	0,0	5,7	0,0							7
EG	Minerale meststof	Gips	1(C)(I)(a)(i)		75,0			0,3		1,0	0,01	1,0	5,0	0,01	3,0	12,0	2,0								26

Tabel B3 Vervolg. Samenstelling meststoffen zoals gebruikt voor berekeningen van de aanvoer op landelijke schaal (in 2019).

NL hoofd indeling	NL indeling	Stof	FPR indeling	Opm.	DS	OS	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	NW	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	Tl	V	Cl-	ΣPCDD	ΣPCB	som van PAK's	Referenties
					% product										mg/kg ds										
DM	Dierlijke meststof	Runderdrijfmest	-		9,0	7,1	0,4	0,2	0,6		0,4	0,15	18,9	112,0	0,12	13,5	4,0	184,0		1,4					6 & 1 (voor OS) & 23 (voor Hg)
DM	Dierlijke meststof	Pluimveemest	-		73,3	41,6	2,7	1,3	1,9		0,2	0,12	5,3	81,0	0,04	4,9	0,6	366,0		1,2					6 & 1 (voor OS) & 23 (voor Hg)
DM	Dierlijke meststof	Varkendrijfmest	-		5,7	7,9	0,4	0,2	0,3		0,5	0,28	13,7	325,0	0,17	12,8	3,3	992,0		3,1					6 & 1 (voor OS) & 23 (voor Hg)
DM	Dierlijke meststof	Overige dierlijke mest	-	b)	9,0	7,1	0,4	0,2	0,6		0,4	0,15	18,9	112,0	0,12	13,5	4,0	184,0		1,4					
DM	Dierlijke meststof	Mineralenconcentraat	-		3,5	1,4	0,8	0,02	1,0		<3.19	<0.78	1,4	9,3	<0.35	13,3	<0.38	23,5							13 (voor DS, OS) & 14 (voor nutriënten en metalen)
DM	Digestaat	Digestaat	CMC4, CMC5		11,0	7,0	0,8	0,4	0,6		5,1	0,64	13,0	139,0	0,20	12,0	11,0	328,0							22
Compost	Compost	GFT compost	3(A)		66,1	21,7	0,8	0,4	0,7		4,5	0,39	23,0	40,0	0,09	11,0	53,0	179,0							19
Compost	Compost	Groencompost	3(A)		59,4	18,5	0,5	0,3	0,7		5,2	0,42	20,0	25,0	0,09	10,8	31,0	134,0							19
Zuiverings slib	Zuiveringsslib	AWZI zuiveringsslib	-		6,5	3,3	0,2	0,2	0,1		1,9	0,3	61,0	50,5	0,1	23,0	22,5	144,5							8
OM	OOM	veesmeel van gemengde PAP	1(A)(I); CMC11		94,6		9,4	12			0,1	0,03	5,6	8,3	0,02	2,1	7,4	150	0,0						7 & 28 (voor droge stof en N)
OM	OOM	Bloedmeel	1(A)(I); CMC11		93,8		14,0	0,5	0,4				1,0	6,0		3,4	4,5	24,0							12 (voor nutriënten, Cu en Zn) & 2 (voor N) & 9 (voor Cr, Ni en Pb)
OM	OOM	Verenmeel	1(A)(I); CMC11		92,7	86,9	10,2	0,8	1,8		<2.1	<0.2	2,2	22,8	<0.05	1,8	<1.1	120,0	<0.1						21
OM	OOM	Varkensmeel	1(A)(I); CMC11	c)	94,6		9,4	12			0,1	0,03	5,6	8,3	0,02	2,1	7,4	150	0,0						
OM	OOM	Veenproducten	3(A)		51,5	50,1	0,5	0,1	0,0		0,6	0,63	6,1	9,8	0,05	21,8	21,0	39,0							4
OM	OAM	Gesteentemelen	3(B)					0,5	2,4		1,0	3,00	54,5	50,0	1,50	71,5	1,5	93,5		145,5					11
OM	Bijlage Aa. I.1	Schuimaarde	2; CMC6		68,0	9,0				28,0	2,5	0,59	11,8	17,6	0,01	1,5	4,4	69,1							16
OM	Bijlage Aa. I.3	kalkslib van drinkwaterbereiding	2							50,0	2,9	0,68	3,7	22,0	0,00	24,0	9,2	67,0							5 & 25 (voor NW) & 7 (voor As)
OM	Bijlage Aa. I.8	Vinasse	1(A)(I); CMC6		66,3	51,7	3,9	0,5	5,8		<2.8	<0.3	1,0	8,7	0,07	7,9	<1.4	32,3	<0.1						21
OM	Bijlage Aa. I.11	ingedikt onteiwit aardappelvruchtwater	I(A)(II)		56,8	38,7	2,6	1,5	8,9		<3.5	<0.4	<8.8	16,8	<0.09	<0.9	<1.8	125,0	<0.2						21
OM	Bijlage Aa. I.19	stabilisator papiercellulose	-		84,7	55,6	0,2	0,2	<0.1		<3.0	0,17	<10	16,0	0,08	<3.0	15,0	110,0							15
OM	Bijlage Aa. I.22 OF II.1 OF II.2	Spuiwater	??		18,7	0,2	3,5				<2.0	<0.2	1,3	2,7	0,10	1,6	<1.0	8,3							18

NL hoofd indeling	NL indeling	Stof	FPR indeling	Opm.	DS	OS	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	NW	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	Tl	V	Cl-	ΣPCDD	ΣPCB	som van PAK's	Referenties
OM	Bijlage Aa.III & I.20/21	Rookgasontzwavelinggips	1(C)(I)(a)(ii)		92,0						0,78	0,01	0,85	0,01	0,11	0,97	0,01	65,2	0,01						7 & 27 (voor droge stof)
OM	Herwonnen fosfaten	herwonnen fosfaat	CMC12		57,7		2,9	15,1	0,2		1,0	0,30	3,0	7,0	0,00	2,0	2,0	23,0							17
OM	-	houtas: bodemas	CMC13		100,0			0,7	5,1		8,0	0,70	50,0	59,0	0,00	19,0	14,0	697,0		19,0					10
OM	-	Biochar	CMC14		100,0						3,0	1,00	10,0	12,0	0,10	11,0	9,0	102,0		3,0				10,5	17

Gebaseerd op kaliumchloride 40%; b) Gebaseerd op runderdrijfmest; c) Gebaseerd op vleesmeel.

Referenties behorend bij tabel Bijlage B3.

Referentienummer	Referentie
1	(Commissie bemesting grasland en voedergewassen, 2021)
2	(Boerenbond, 2021)
3	(Boysen, 1992)
4	(De Haan en Lubbers, 1984)
5	(Delahaye, 2003)
6	(Deltares, 2018)
7	(Dittrich & Klose, 2008)
8	(Driessen et al., 1996)
9	(ECN, 2021)
10	(ECN, 2017) via (Huygens et al., 2019)
11	(Fragstein et al., 1988)
12	(Heuzé, 2016)
13	(Hoeksma, 2011)
14	(Hoeksma et al., 2021)
15	(Hydroseeding, 2016)
16	(IRS, 1999)
17	(Huygens et al., 2019)
18	(Huygens et al., 2020)
19	(Keurcompost, 2014)
20	(Kratz et al., 2016)
21	(Möller, 2015)
22	(Römkens et al., 2016)
23	(Römkens & Rietra, 2008)
24	(Smolders & Nziguheba, 2005)
25	(Triferto, n.d.)
26	(Zijderlaan, 2016) zoals gerapporteerd in (Römkens et al., 2016) (originele bron gewijzigd)
27	(Energie und Umweltschutz Consult GmbH (EUC), 2012)
28	(Centraal Veevoeder Bureau (CVB), 2012)

Bijlage 4 Normen voor zuiveringsslib

Tabel B3 overzicht van normen voor metalen en geselecteerde organische contaminanten in zuiveringsslib.

Table 3.14 Comparison of standards for sewage sludge in Denmark (DK), Belgium Flanders (VLG), Germany (DE), the Netherlands (NL) and current standards for Sewage sludge by the EU (86/278). For comparison some values have been calculated ^d (between brackets). Parameters that cannot be compared are omitted ^e.

Contaminant	DK ^e	VLG ^e	DE ^e	NL	UK	EU
Maximum dosage of sewage sludge in tonnes dry matter per hectare per year						
	7		1.6	2 ^c		
Maximum dosage of contaminants in kg ha ⁻¹ yr ⁻¹						
Cd	(0.0056)	0.012	(0.016)	(0.0025)	0.15	0.15
Cr	(0.7)	0.500	(1.5)	(0.15)		
Cu	(7)	0.750	(1.3)	(0.15)	7.5	12
Hg	(0.0056)	0.010	(0.013)	(0.0015)	0.1	0.1
Ni	(0.21)	0.100	(0.3)	(0.06)	3	3
Pb	(0.84)	0.600	(1.5)	(0.2)	15	15
Zn	(28)	1.8	(4.1)	(0.6)	15	30
As	(0.175)	0.3		(0.03)		
PAH	(0.021)	0.00136 - 0.0046 ^b				
PCB		Σ 0.0016 ^c	0.0008 ^a			
limit values for contaminants in mg kg ⁻¹ dm						
Cd	0.8	6	10	1.25		20 – 40
Cr	100	250	900	75	25	
Cu	1000	375	800	75		1000 – 1750
Hg	0.8	5	8	0.75		16 – 25
Ni	30	50	200	30		300 – 400
Pb	120	300	900	100		750 – 1200
Zn	4000	900	2500	300		2500 – 4000
As	25	150		15		
PAH	3	0.68 – 2.3 ^b				
PCB		Σ 0.8 ^c	0.2 ^a			

^a given per congener or as a sum of congeners (Σ) in ng/kg.

^b the range of limit values for different PAHs.

^c grassland (1 tonnes ha⁻¹ yr⁻¹) and arable land (2 tonnes dry matter ha⁻¹ yr⁻¹). Here 2 tons dry matter ha⁻¹ yr⁻¹ are applied.

^d calculated on the basis of a maximum dosage of sewage sludge and the limit values.

^e not all parameters are given, as no comparison can be made, for: Denmark (LAS, DEHP, NPE), Germany (AOX, PCB, PCDD/F) and Flanders (table 2.4).

Bijlage 5 Overzicht van gemeten gehalten aan zware metalen in mest in 1996, 2008 en 2017

Tabel 3.1 Gemiddelde en mediaan (in mg/kg droge stof) van de metalen voor de verschillende mesttypen.

	Rundveemest		Varkensmest		Vleeskuikenmest	
	Gemid.	Mediaan	Gemid.	Mediaan	Gemid.	Mediaan
Arseen	0,59	0,41	0,67	0,5	0,27	0,21
Barium	26,7	21,5	31,0	29,9	22,4	16,0
Cadmium	0,20	0,15	0,28	0,28	0,13	0,12
Kobalt	3,06	2,62	2,57	2,27	0,83	0,72
Chroom	23,4	18,9	18,4	13,7	6,03	5,26
Koper	131	112	476	325	110	81,0
Molybdeen	5,86	5,77	5,74	5,70	3,58	3,06
Nikkel	15,4	13,5	14,4	12,8	5,98	4,88
Lood	4,26	3,97	9,81	3,28	1,12	0,60
Antimoon	0,12	0,10	0,16	0,12	0,05	0,03
Seleen	0,91	0,72	1,92	2,05	0,73	0,70
Uranium	0,16	0,11	0,52	0,32	0,30	0,20
Vanadium	1,99	1,43	3,14	3,14	1,48	1,21
Zink	312	184	1010	992	405	366

Tabel 3.2 Overzicht van mediane gehalten (mg/kg) As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb en Zn voor de verschillende mesttypen in 1996, 2008 en 2017 (1996: Driessen en Roos, 1996; 2008: Römken en Rietra, 2008; 2017: dit onderzoek).

in mg/kg	Rundveemest			Varkensmest			Vleeskuikenmest		
	1996	2008	2017	1996	2008	2017	1996	2008	2017
Arseen	0,3-0,5	1,6	0,4	0,6-0,9	1,85	0,5	0,4-0,6	<1,1	0,2
Cadmium	0,19-0,24	0,25	0,15	0,30-0,62	0,35	0,28	0,18-0,19	<0,21	0,12
Chroom	6,2-8,4	<6,4	18,9	14-19	8,1	13,7	5,7-8,1	3,9	5,3
Koper	42	135	112,2	397	404	325,4	138	78	81,0
Nikkel	19-17	4,5	13,5	21-24	9,2	12,8	8,4-16	3,3	4,9
Lood	8,0-18,0	<4,8	4,0	14-22	<5,6	3,3	10-18	<6,3	0,6
Zink	156	198	184	564	952	992	307-386	266	366

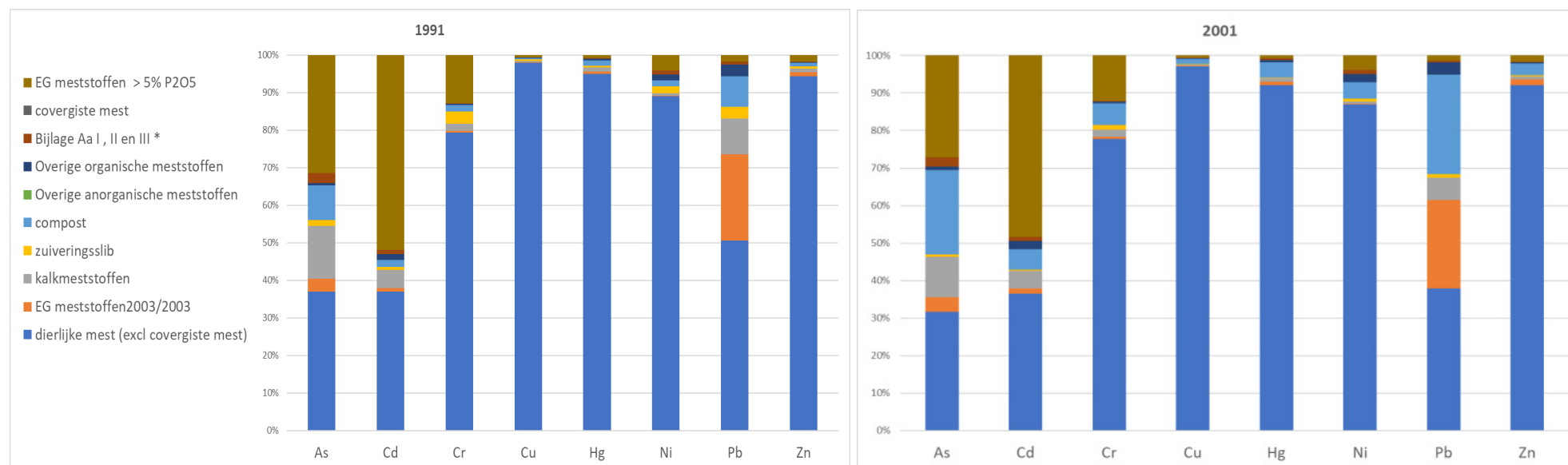
Bron: (Deltares, 2018) Tabel 3.1 en Tabel 3.2 daarin.

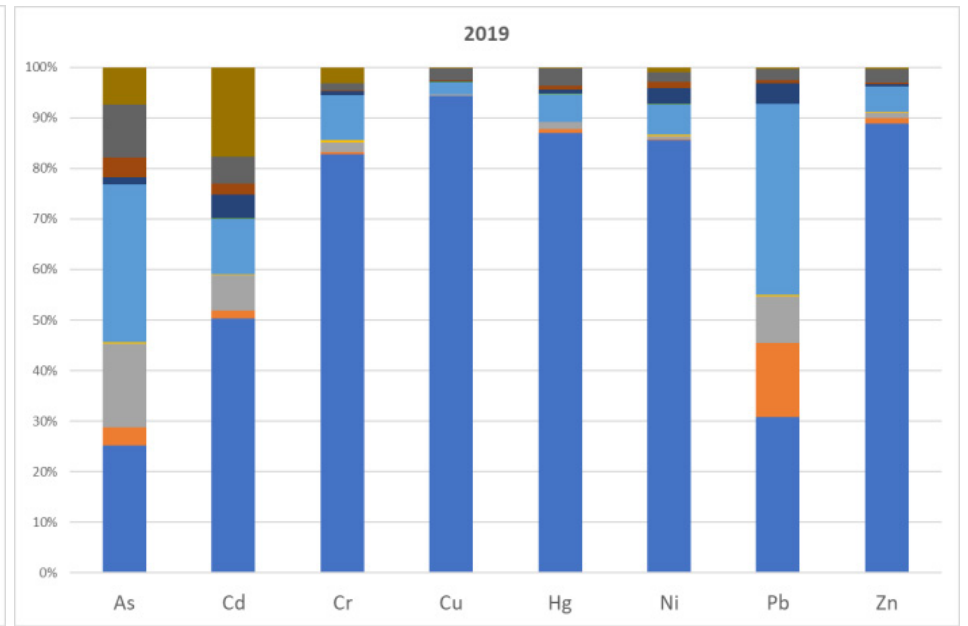
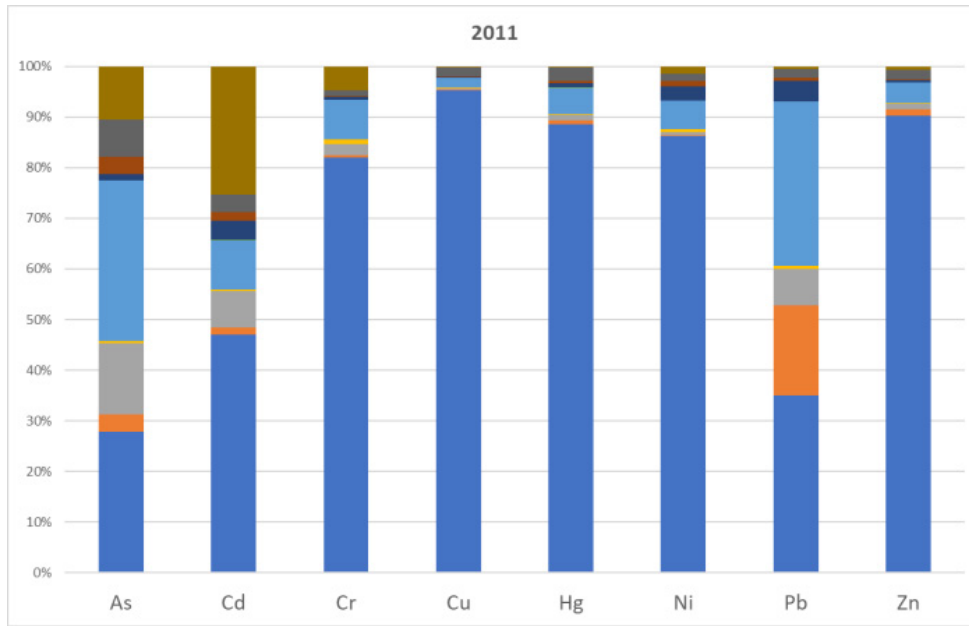
Bijlage 6 Scenario 1 t/m 4

Tabel B6 Bijdrage en aandeel aan categorieën meststoffen in vracht zware metalen bij scenario 1 t/m 4: op basis van categorieën uit de FPR en categorieën in bestaande NL-wetgeving.

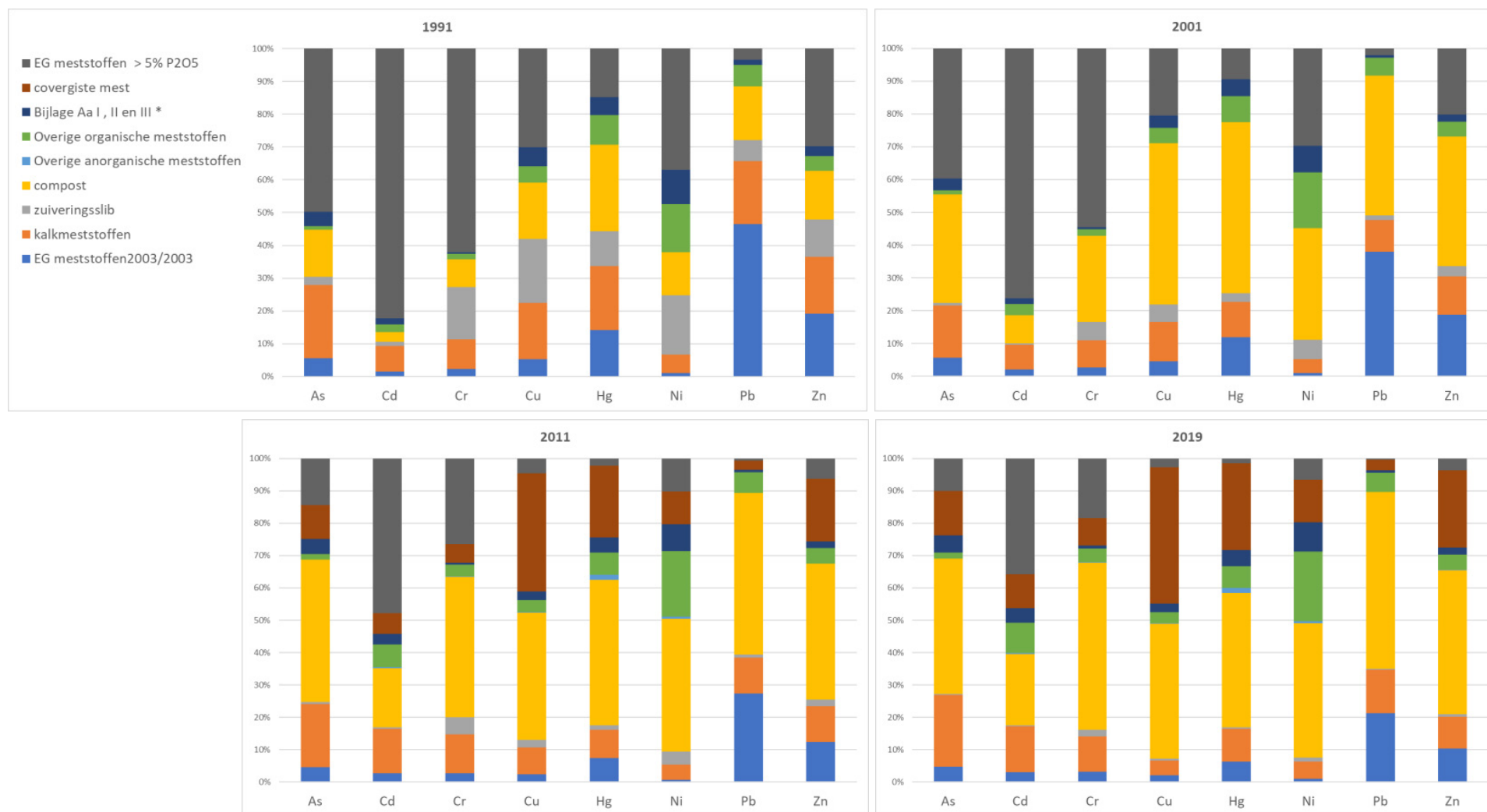
Categorie	As	Cd	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
scenario 1: actuele gehalten meststoffen							
1 PFC 1 meststof	1 (1%)	0 (7%)	3 (0%)	0 (1%)	2 (1%)	10 (5%)	34 (1%)
2 PFC 2 kalk	1 (2%)	0 (3%)	3 (0%)	0 (0%)	1 (1%)	6 (3%)	21 (1%)
3 PFC 3 bodemverbeteraar	2 (3%)	0 (5%)	20 (1%)	0 (2%)	8 (4%)	28 (12%)	90 (3%)
4 Zuiveringsslib	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (0%)
5 Dierlijke mest, **	2 (4%)	1 (18%)	773 (52%)	1 (30%)	76 (37%)	22 (10%)	1567 (46%)
1 EG-meststof***	2 (2%)	0 (8%)	3 (0%)	0 (1%)	2 (1%)	16 (7%)	41 (1%)
2 Compost	2 (3%)	0 (4%)	19 (1%)	0 (2%)	5 (3%)	25 (11%)	86 (3%)
3 Zuiveringsslib	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (0%)
4 Overige meststoffen*	1 (1%)	0 (3%)	4 (0%)	0 (1%)	4 (2%)	3 (2%)	19 (1%)
5 Dierlijke mest**	2 (4%)	1 (18%)	773 (52%)	1 (30%)	76 (37%)	22 (10%)	1567 (46%)
som	7	2	800	1	87	67	1713
scenario 2: NL-normen (Overige meststoffen, compost en zuiveringsslib) en verder actuele gehalten meststoffen							
1 PFC 1 meststof	5 (7%)	1 (15%)	31 (2%)	0 (12%)	13 (6%)	49 (22%)	65 (2%)
2 PFC 2 kalk	4 (6%)	0 (6%)	16 (1%)	0 (7%)	7 (3%)	26 (12%)	76 (2%)
3 PFC 3 bodemverbeteraar	1 (2%)	0 (2%)	6 (0%)	0 (3%)	2 (1%)	8 (4%)	25 (1%)
4 Zuiveringsslib	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (0%)
5 Dierlijke mest**	2 (4%)	1 (18%)	773 (52%)	1 (30%)	76 (37%)	22 (10%)	1567 (46%)
1 EG-meststof***	2 (2%)	0 (8%)	3 (0%)	0 (1%)	2 (1%)	16 (7%)	41 (1%)
2 Compost	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (0%)	2 (0%)
3 Zuiveringsslib	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
4 Overige meststoffen*	9 (12%)	1 (16%)	50 (3%)	1 (21%)	20 (10%)	67 (30%)	124 (4%)
5 Dierlijke mest**	2 (4%)	1 (18%)	773 (52%)	1 (30%)	76 (37%)	22 (10%)	1567 (46%)
som	13	2	827	1	98	106	1733
scenario 3: FPR-normen							
1 PFC 1 meststof	33 (47%)	3 (50%)	462 (31%)	1 (34%)	77 (37%)	99 (44%)	1160 (34%)
2 PFC 2 kalk	10 (14%)	1 (9%)	75 (5%)	0 (10%)	23 (11%)	30 (13%)	200 (6%)
3 PFC 3 bodemverbeteraar	24 (35%)	1 (23%)	180 (12%)	1 (25%)	30 (15%)	72 (32%)	480 (14%)
4 Zuiveringsslib	0 (0%)	0 (0%)	1 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (0%)	2 (0%)
5 Dierlijke mest**	2 (4%)	1 (18%)	773 (52%)	1 (30%)	76 (37%)	22 (10%)	1567 (46%)
1 EG-meststof***	34 (49%)	3 (52%)	469 (31%)	1 (36%)	84 (41%)	103 (46%)	1180 (35%)
2 Compost	19 (27%)	1 (18%)	143 (10%)	0 (20%)	24 (12%)	57 (26%)	382 (11%)
3 Zuiveringsslib	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (0%)	2 (0%)
4 Overige meststoffen*	14 (19%)	1 (12%)	105 (7%)	0 (14%)	21 (10%)	41 (18%)	278 (8%)
5 Dierlijke mest**	2 (4%)	1 (18%)	773 (52%)	1 (30%)	76 (37%)	22 (10%)	1567 (46%)
som	70	5	1491	2	206	224	3409
scenario 4: FPR-normen voor zware metalen en voor minimale gehalten aan nutriënten uit FPR							
1 PFC 1 meststof	125 (180%)	9 (162%)	1792 (120%)	3 (130%)	298 (145%)	376 (168%)	4494 (132%)
2 PFC 2 kalk	29 (42%)	1 (28%)	220 (15%)	1 (31%)	66 (32%)	88 (39%)	587 (17%)
3 PFC 3 bodemverbeteraar	44 (63%)	2 (41%)	329 (22%)	1 (46%)	55 (27%)	132 (59%)	877 (26%)
4 Zuiveringsslib	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
5 Dierlijke mest*	2 (4%)	1 (18%)	773 (52%)	1 (30%)	76 (37%)	22 (10%)	1567 (46%)
1 EG-meststof***	133 (192%)	9 (172%)	1844 (124%)	3 (139%)	328 (159%)	400 (179%)	4636 (136%)
2 Compost	28 (40%)	1 (26%)	207 (14%)	1 (29%)	35 (17%)	83 (37%)	553 (16%)
3 Zuiveringsslib	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
4 Overige meststoffen*	37 (54%)	2 (33%)	290 (19%)	1 (39%)	57 (27%)	112 (50%)	770 (23%)
5 Dierlijke mest**	2 (4%)	1 (18%)	773 (52%)	1 (30%)	76 (37%)	22 (10%)	1567 (46%)
som	201	13	3114	6	496	617	7525

Bijlage 7 Aandeel van de onderscheiden bemestingsproducten aan de belasting gedurende 1991-2019 incl. dierlijke mest





Bijlage 8 Aandeel van de onderscheiden bemestingsproducten aan de belasting gedurende 1991-2019 excl. dierlijke mest



Verschenen Technical reports van de Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu

200	J.J.T.I. Boesten, M.M.S. ter Horst (2021). <i>Manual for PEARLNEQ v6.</i>	213	During, R., R.I. van Dam, J.L.M. Donders, J.Y. Frissel, K. van Assche (2022). <i>Veerkracht in de relatie mens-natuur; De cursus omgaan met tegenslag gaat morgenavond wederom niet door (Herman Finkers)</i>
201	Arets, E.J.M.M., J.W.H van der Kolk, G.M. Hengeveld, J.P. Lesschen, H. Kramer, P.J. Kuikman & M.J. Schelhaas (2021). <i>Greenhouse gas reporting of the LULUCF sector in the Netherlands. Methodological background, update 2021.</i>	214	Sanders, M.E., G.W.W. Wamelink, R. Jochem, H.A.M. Meeuwsen, D.J.J. Walvoort, R.M.A. Wegman, H.D. Roelofsen, R.J.H.G. Henkens (2022). <i>Milieucondities en ruimtelijke samenhang natuurgebieden; Technische achtergronden indicatoren digitale Balans van de Leefomgeving 2020.</i>
202	M.E. Sanders, H.A.M Meeuwsen, H.D. Roelofsen, R.J.H.G. Henkens (2021). <i>Voortgang natuurnetwerk en areaal beschermd natuurgebied. Technische achtergronden bij de digitale Balans van de Leefomgeving 2020.</i>	215	Chouchane H., A. Jellema, N.B.P. Polman, P.C. Roebeling (2022). <i>Scoping study on the ability of circular economy to enhance biodiversity; Identifying knowledge gaps and research questions.</i>
203	Bruggen, C. van, A. Bannink, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, L.A. Lagerwerf, H.H. Luesink, M.B.H. Ros, G.L. Velthof, J. Vonk en T. van der Zee (2021). <i>Emissies naar lucht uit de landbouw berekend met NEMA voor 1990-2019.</i>	216	Bakker, G. (2022). <i>Hydrofysische gegevens van de bodem; Uitbreiding gegevens in 2021 en overdracht naar de Basisregistratie Ondergrond.</i>
204	Ijsseldijk, L.L., van Schalkwijk, L., M.J.L. Kik & A. Gröne (2021). <i>Postmortaal onderzoek van bruinvissen (Phocoena phocoena) uit Nederlandse wateren, 2020. Biologische gegevens, gezondheidsstatus en doodsoorzaken.</i>	217	Arets, E.J.M.M., S.A. van Baren, H. Kramer, J.P. Lesschen & M.J. Schelhaas (2022). <i>Greenhouse gas reporting of the LULUCF sector in the Netherlands; Methodological background, update 2022.</i>
205	Kros, J., J.C.H. Voogd, J. van Os, L.J.J. Jeurissen (2021). <i>INITIATOR Versie 5 - Status A; Beschrijving van de kwaliteitseisen ter verkrijging van het kwaliteitsniveau Status A.</i>	218	Schalkwijk, L. van, M.J.L. Kik, A. Gröne & L.L. Ijsseldijk (2022). <i>Postmortaal onderzoek van bruinvissen (Phocoena phocoena) uit Nederlandse wateren, 2021; Biologische gegevens, gezondheidsstatus en doodsoorzaken.</i>
206	Waenink, R., D.J. van der Hoek, B. de Knecht & J. Schütt (2021). <i>Aanbevelingen voor verbetering van de landelijke analyse van effect herstelmaatregelen op biodiversiteit; Verdiepende analyse in zes natuurgebieden.</i>	219	Ehlert, P.A.I., R.P.J.J. Rietra, P.F.A.M. Römken, L. Timmermans & L. Veenemans (2022). <i>Effectbeoordeling van invoering van Verordening EU/2019/1009 op de aanvoer van zware metalen in Nederland.</i>
207	Kamphorst, D.A., J.L.M. Donders, T.A. de Boer & J.G. Nuesink (2021). <i>Maatschappelijk debat naar aanleiding van het PAS-arrest en de mogelijke invloed op het natuurbeleid; Discours- en sociale media analyse naar aanleiding van het PAS arrest.</i>	220	Faber M. & M.H.M.M. Montforts (2022). <i>Organic contaminants in fertilising products and components materials.</i>
208	Schöll, L. van, R. Postma, P.A.I. Ehlert, L. Veenemans, D.W. Bussink (2022). <i>Opties voor opname van plant-biostimulanten in de Nederlandse Meststoffenwet; WP-2 Implementatie van VO-EU 2019/1009 in de Meststoffenwet.</i>	222	Meeuwsen, H.A.M. & G.W.W. Wamelink (2022). <i>Neerschaling beheertypenkaarten; Methode zoals gebruikt bij ex-anteanalyse Natuurpact.</i>
209	Koffijberg K., P. de Boer, S.C.V. Geelhoed, J. Nienhuis, H. Schekkerman, K. Oosterbeek, J. Postma (2021). <i>Broedsucces van kustbroedvogels in de Waddenzee in 2019.</i>	224	Bruggen, C. van, A. Bannink, A. Bleeker, D.W. Bussink, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, J. Kros, L.A. Lagerwerf, H.H. Luesink, M.B.H. Ros, M.W. van Schijndel, G.L. Velthof en T. van der Zee (2022). <i>Emissies naar lucht uit de landbouw berekend met NEMA voor 1990-2020.</i>
211	Kuiters, A.T., G.A. de Groot, D.R. Lammertsma, H.A.H. Jansman & J. Bovenschen (2021). <i>Status van de Nederlandse otterpopulatie: genetische variatie, mortaliteit en infrastructurele knelpunten in 2020.</i>		
212	Glorius, S.T. & A. Meijboom (2021). <i>Ontwikkeling van enkele droogvallende mosselbanken in de Nederlandse Waddenzee; Periode 1995 tot en met 2020.</i>		



Thema Agromilieu

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu
Postbus 47
6700 AA Wageningen
T 0317 48 54 71
E info.wnm@wur.nl
wur.nl/wotnatuurenmilieu

ISSN 2352-2739

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.200 medewerkers (6.400 fte) en 13.200 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

