

Recycling van micronutriënten in Nederland: koper en zink in de kringloop

Rapportage in het kader van het TKI-project Micronutriënten in de kringloop (LWV20.249)

F.J. de Ruijter



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Recycling van micronutriënten in Nederland: koper en zink in de kringloop

Rapportage in het kader van het TKI-project Micronutriënten in de kringloop (LWV20.249)

F.J. de Ruijter

Dit onderzoek is uitgevoerd door de Stichting Wageningen Research (WR), business unit Agrosysteemkunde, als onderdeel van het TKI-project "Micronutriënten in de kringloop" (LWV20.249). Deze activiteit is mede gefinancierd uit de Toeslag voor Topconsortia voor Kennis en Innovatie (TKI's) van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat.

WR is een onderdeel van Wageningen University & Research, samenwerkingsverband tussen Wageningen University en de Stichting Wageningen Research.

Wageningen, december 2023

Rapport WPR-1277

De Ruijter, F.J., 2023. *Recycling van micronutriënten in Nederland: koper en zink in de kringloop; Rapportage in het kader van het TKI-project Micronutriënten in de kringloop (LWV20.249)*. Wageningen Research, Rapport WPR-1277. 22 blz.; 4 fig.; 1 tab.; 25 ref.

Gereviewd door: P.F.A.M. Römken, Senior onderzoeker (Wageningen Environmental Research)

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/643931>

Koper en zink zijn essentiële micronutriënten die nodig zijn voor de groei van plant en dier, maar kunnen in te hoge concentraties schadelijk zijn. In Nederland is er sprake van accumulatie van koper en zink, voornamelijk door aanvoer via dierlijke mest. Zuiveringsslib van aardappel- en bietenverwerkende industrie wordt niet in de landbouw gebruikt, o.a. vanwege normen voor zware metalen. Vergelijking tussen slib en dierlijke mest laat zien dat bij bemesting volgens fosfaatnormen er bij slib minder koper en zink wordt aangevoerd. Het verdient daarom aanbeveling externe inputs van koper en zink in het landbouwsysteem te beperken, en voor bemesting in een circulair landbouwsysteem te kijken naar de verhouding van metalen ten opzichte van fosfaat.

Trefwoorden: circulaire landbouw, micronutriënten, koper, zink

© 2023 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Postbus 16, 6700 AA Wageningen; T 0317 48 07 00; www.wur.nl/plant-research

KvK: 09098104 te Arnhem
VAT NL no. 8113.83.696.B07

Stichting Wageningen Research. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Stichting Wageningen Research.

Stichting Wageningen Research is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Rapport WPR-1277

Foto omslag: detail schilderij 'De Verbinding'

Micronutriënten in de Kringloop - consortium





Inhoud

Woord vooraf		7
1	Inleiding	9
2	Balansen van koper en zink	10
	2.1 Nationale balans	10
	2.2 Balans voedingsmiddelenindustrie	12
	2.2.1 Verlaging concentraties zware metalen in aangevoerde producten	13
	2.2.2 Verlaging concentraties in zuiveringsslib	14
	2.3 Gebruik van dierlijke mest of zuiveringsslib op perceelsniveau	14
3	Discussie en conclusies	16
Literatuur		17
Bijlage 1	Verkenning effect van bemesting op zware metalen in suikerbiet en aardappel	19



Woord vooraf

Dit document is onderdeel van het PPS project Micronutriënten in de Kringloop en zoomt in op het onderdeel zware metalen bij recycling van micronutriënten in Nederland. Aandacht gaat hierbij vooral uit naar de stromen en balansen van de metalen koper en zink – twee elementen die essentieel zijn voor gewas en dier, maar waarvan accumulatie ongewenst is. Dit document geeft een overzicht van stromen en balansen op verschillende schaalniveaus, en plaatst dit in het perspectief van sluiten van kringlopen.

1 Inleiding

Zware metalen zijn in te hoge concentraties schadelijk voor de gezondheid van mens, dier en plant. Tot de zware metalen worden ook koper, mangaan en zink gerekend. Deze metalen zijn in overdosering toxisch, maar het zijn ook micronutriënten die essentieel zijn voor groei en gezondheid. Voor de mens is het risico op koper en zink toxiciteit via voedingsgewassen klein, en er zijn daarom geen normen voor maximale gehalten in levensmiddelen, in tegenstelling tot de metalen cadmium en lood (EU, 2006).

Er is verschillende wet- en regelgeving van kracht om emissies van zware metalen uit industrie, verkeer en vervoer en landbouw te beperken. Voor het project Micronutriënten in de Kringloop wordt voornamelijk gekeken naar kringlopen met de landbouw, en daarbij is regelgeving rondom meststoffen van belang zoals de Nederlandse Meststoffenwet en de recentelijk in werking getreden EU verordening EC/2019/1009 betreffende het op de markt aanbieden van EU-bemestingsproducten.

Koper en zink spelen een belangrijke rol bij de gezondheid en groei van vee. Van de hoeveelheid toegediend koper en zink wordt slechts een deel door de dieren opgenomen, het overgrote deel (>90-95%) wordt via urine en feces uitgescheiden en komt via de mest op het land terecht. Om accumulatie in de bodem en uitspoeling te beperken zijn daarom maximale gehalten aan koper en zink in veevoer opgesteld (EFSA, 2014, 2016). In dierlijke mest namen de gehalten aan koper en zink nog toe tussen 1996 en 2007 (Romkens en Rietra, 2008), maar tussen 2007 en 2017 bleven deze gelijk of daalden ze (Klein en Roskam, 2018). Van de verschillende mestsoorten heeft varkensmest de hoogste gehalten aan koper en zink, waarbij gehalten tussen regio's in Nederland verschillen.

Voor landbouwbodems in Nederland is toediening van dierlijke mest veruit (>80-90%) de belangrijkste aanvoerpost van koper en zink, met nog kleine bijdragen uit depositie en kunstmest. Op landelijke schaal is de bijdrage van andere bronnen zoals organische bodemverbeteraars en bestrijdingsmiddelen klein (Renaud et al., 2005).

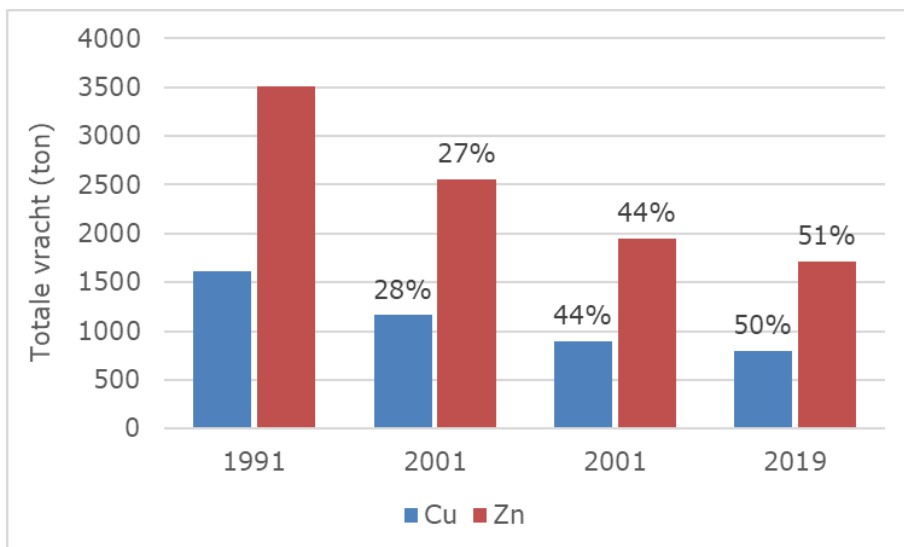
Slib van industriële waterzuiveringsinstallaties (IWZIs) van aardappel- en bietenverwerkende industrie wordt vrijwel niet gebruikt in de landbouw vanwege strenge normen in de Nederlandse Meststoffenwet voor gehalten aan zware metalen, naast certificeringsschema's die het gebruik van zuiveringsslib in het algemeen uitsluiten. Koper en zink in zuiveringsslib van aardappel- en bietenverwerkende industrie zijn afkomstig uit de akkerbouwgewassen zelf en uit aanhangende grond. Doordat de metalen worden geconcentreerd in het slib kunnen normoverschrijdingen ontstaan, zonder dat er daarbij externe inputs in het landbouwsysteem zijn.

Om inzicht te krijgen in mogelijke maatregelen om koper en zink accumulatie in landbouwgronden te beperken kunnen op verschillende schaalniveaus de stromen van deze metalen bekeken worden: waar komen ze het Nederlandse landbouwsysteem binnen, hoe gaan ze rond, waar hopen ze op en waar verlaten ze het landbouwsysteem weer?

2 Balansen van koper en zink

2.1 Nationale balans

In Nederland is de totale jaarlijkse belasting van landbouwgronden met koper en zink sinds 1991 afgenomen en ongeveer gehalveerd (Figuur 1). Omdat het landbouwareaal in de periode 1991-2019 met ongeveer 10% is gekrompen (<https://www.clo.nl/indicatoren/nl2119-agrarisch-grondgebruik->) is de relatieve afname per hectare iets beperkter.



Figuur 1 Totale vrucht (ton) aan koper (Cu) en zink (Zn) naar Nederlandse bodem, met percentage afname ten opzichte van 1991 (bron: Ehlert et al., 2022).

Veruit de belangrijkste aanvoerpost van koper en zink naar de Nederlandse bodem is via dierlijke mest. Zuiveringsslib wordt vrijwel niet gebruikt¹, en ook organische bodemverbetersaars hebben op de totale aanvoer een verwaarloosbare bijdrage (Ehlert et al., 2022; Renaud et al., 2015). De daling in de aanvoer van koper en zink is vooral toe te schrijven aan een lager gebruik van dierlijke mest in Nederland, samenhangend met een lagere fosfaataanvoer vanwege strengere fosfaatnormen. Gehalten aan zware metalen in dierlijke mest zijn gemeten in 1996, 2008 en 2017. Voor koper en zink was er in 2008 een (sterke) stijging ten opzichte van 1998. Verlaging van de toegestane hoeveelheden aan Cu en Zn in diervoeding gaven dus geen verlaging van de gehalten in mest, wat verklaard kan worden door het gebruik van alternatieve bronnen voor zink (water) en het gebruik van koperhoudende hoefontsmettingsmiddelen (Romkens en Rietra, 2008; Romkens et al., 2016). Tussen 2008 en 2017 stegen de gehalten niet verder en was er sprake van gelijkblijvende of dalende gehalten (Klein en Roskam, 2018).

De belasting van de bodem is de som van alle aanvoerbronnen minus afvoer via gewasopname en uitspoeling. De bestaande voorraad in de bodem is het resultaat van historisch landgebruik, en veranderingen zijn afhankelijk van de balans tussen aan- en afvoer. Landbouwkundig gezien is het gehalte in de bodem belangrijk om kwaliteitseisen voor producten niet te overschrijden en/of geen negatieve effecten

¹ Zuiveringsslib wordt vrijwel niet gebruikt vanwege de strenge normen in de Nederlandse Meststoffenwet voor gehalten aan zware metalen. Dit geldt voor rioolzuiveringsslib, en in het verlengde daarvan wordt zuiveringsslib van aardappel- en bietenverwerkende industrie ook vrijwel niet gebruikt. Zuiveringsslib in het algemeen wordt uitgesloten bij certificering volgens VVAK of Planetproof (BO Akkerbouw, 2023; www.planetproof.eu), terwijl in GlobalG.A.P. expliciet zuiveringsslib van humane oorsprong wordt uitgesloten (GlobalG.A.P., 2023).

voor diergezondheid te hebben. Milieukundig gezien is een goed functioneren van het bodemecosysteem belangrijk, en uitspoeling in relatie tot waterkwaliteit (Romkens et al., 2016).

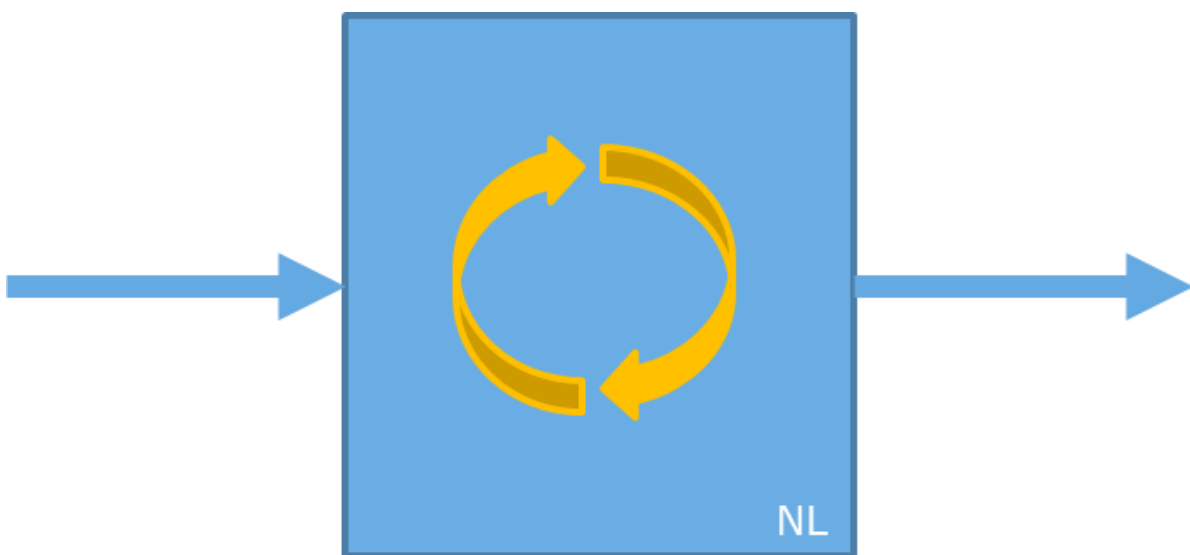
In een modelstudie berekenden Groenenberg et al. (2006) accumulatie van koper voor vrijwel alle typen landbouwgrond in Nederland. Accumulatie was hoger op bouwland dan op grasland vanwege een hogere aanvoer met mest en een lagere afvoer via het gewas; bij koper is uitspoeling een vrij onbelangrijke post op de balans. Koper concentraties in de bodem werden vergeleken met kritische concentraties met ecotoxiciteit voor bodemorganismen (PNEC: predicted no effect concentration). Huidige concentraties maar ook die na 100 jaar accumulatie bleven binnen deze kritische concentraties.

Een vergelijkbare modelstudie werd gedaan voor zink (De Vries et al., 2004), waarbij huidige concentraties in de bodem de PNEC zelden overschreden. Bij gelijkblijvende overschotten wordt in meer dan de helft van de rekenplots de PNEC in de bodem overschreden na ca 250 jaar voor grasland en 650 jaar voor bouwland, met variatie tussen grondsoorten. In vergelijking met koper is deze periode langer omdat zink relatief meer uitspoelt naar grond- en oppervlaktewater dan koper, vooral op zandgrond. Ook zijn er bij zink ecologische risico's bij overschrijding van de oppervlaktewaternormen, maar niet bij koper (Bonten et al., 2010).

Kort samengevat is er in de Nederlandse landbouwbodems dus sprake van accumulatie van koper en zink doordat er meer wordt aangevoerd dan dat er met geoogst gewas wordt afgevoerd. Deze accumulatie kan nog meer dan een eeuw doorgaan voordat in de bodem kritische concentraties met ecotoxiciteit worden bereikt. Voor zink zullen vanwege uitspoeling eerder kritische concentraties in het oppervlaktewater bereikt worden, vooral bij zandgronden.

Ondanks de lange termijnen waarop kritische concentraties bereikt worden is het verstandig om verdergaande accumulatie te beperken. In een systeem waar in toenemende mate circulariteit wordt nagestreefd is het belangrijk om onderscheid te maken tussen inputs, outputs en interne stromen van het systeem (Figuur 2). Verreweg de belangrijkste input van koper en zink naar de Nederlandse bodem is dierlijke mest. De koper en zink in mest komt voornamelijk uit ruwvoer, voedingsconcentraten en minerale supplementen voor vee. Ook kan er koper uit voetbaden in de mest terecht gekomen zijn. Ruwvoer wordt op Nederlandse bodem geteeld en kan beschouwd worden als interne kringloop; voedingsconcentraten en minerale supplementen worden grotendeels geïmporteerd en zijn daarmee een externe input. Andere belangrijke externe inputs zijn depositie en minerale meststoffen.

De belangrijkste output van koper en zink uit het systeem is via de afvoer van geoogste producten. Daarnaast verdwijnt er koper en vooral zink via uitspoeling naar het oppervlaktewater, waarbij de mate van uitspoeling beperkt dient te blijven in verband met waterkwaliteitsdoelstellingen (Bonten et al., 2009).



Figuur 2 Nederland als systeem met input en output, en interne stromen.

De huidige wetgeving richt zich op normen voor maximale gehalten in veevoer en in de verschillende meststoffen en bodemverbeteraars. Voor gehalten aan koper en zink in dierlijke mest zijn echter geen normen, evenmin als voor de aanvoer van koper en zink via dierlijke mest. Impliciet wordt deze aanvoer gereguleerd via de stikstof- en fosfaatnormen, en daarmee zijn de relatieve gehalten aan koper en zink ten opzichte van stikstof en (vooral) fosfaat belangrijk.

2.2 Balans voedingsmiddelenindustrie

Binnen de verwerkende industrie zoals van Cosun en AVEBE worden suikerbieten en aardappelen verwerkt tot suiker, aardappelzetmeel en andere aardappelproducten. Vanuit de binnenkomende grondstoffen ontstaan verschillende productstromen zoals aardappel- en bietengrond (afkomstig van de akker), hoofdproduct, bijproducten en stromen die momenteel nog als afval bestempeld worden. In deze processen worden vrijwel geen andere inputs gebruikt.

De verwerking van suikerbieten tot verschillende productstromen op industriële niveau is beschreven door De Groot (2022). Naast de bieten worden er beperkt andere inputs gebruikt: kalk bij de zuivering van ruwsap, ijzerchloride in de waterzuivering en ijzeroxide in de biovergisting. In 2022 zijn in alle deelstromen analyses gedaan van de inhoud aan micronutriënten in een beperkt aantal monsters, en op basis hiervan is een indicatieve micronutriëntenbalans gemaakt voor de suikerbietenverwerking in Nederland als geheel (Tabel 1).

Tabel 1 Micronutriëntenbalans Nederlandse suikerbieten verwerking; aan- en afvoer (kg) van de fabrieken. (bron: De Groot, 2022).

	Mg	Fe	Cu	Zn	B	Mn	Mo
Aanvoer bieten	1831200	106820	5799	47306	14802	36624	687
Aanvoer grond	135000	2850	38	75	345	1275	38
Totaal aanvoer	1966200	109670	5836	47381	15147	37899	725
Afvoer grond	135000	2850	38	75	345	1275	38
Afvoer betacal	297000	43725	4455	13365	3135	25575	495
Afvoer bietenpunten	21420	38310	154	347	246	1657	3
Afvoer perspulp	550000	194750	1625	9250	10875	14500	50
Afvoer digestaat droog	25600	89600	138	880	368	2240	29
Afvoer digestaat nat	31500	4800	8	90	915	120	38
Afvoer melasse	10080	2340	432	7380	1314	4140	36
Afvoer zuiveringsslib	9300	48000	5	200	200	6400	20
Totaal afvoer	1079900	424375	6853	31587	17398	55907	708
Balans	886300	-314705	-1017	15795	-2251	-18008	17

Het merendeel van de micronutriënten in de diverse productstromen die ontstaan bij de suikerbieten verwerking wordt hergebruikt in de landbouw, deels direct als meststof en deels indirect via veevoer. De stromen bietengrond en natte fractie digestaat worden deels hergebruikt, zuiveringsslib wordt niet hergebruikt.

Voor hergebruik van zuiveringsslib kunnen koper en zink belemmerend zijn wanneer de gehalten de grenswaarden voor zware metalen overschrijden. Naast koper en zink kunnen in de praktijk concentraties aan de zware metalen cadmium, kwik en lood belemmerend zijn. Slib van industriële waterzuiveringsinstallaties (IWZI's) wordt daardoor deels afgezet als meststof, en deels verbrand (CLO, 2018).

De aanvoer aan zware metalen naar fabrieken binnen de voedingsmiddelenindustrie bestaat volledig uit aanvoer via de grondstoffen suikerbiet of aardappel met aanhangende grond. Knelpunt voor hergebruik van de deelstroom zuiveringsslib ontstaat doordat elementen in deze stroom geconcentreerd worden en gehalten aan zware metalen boven normen uit kunnen komen.

Denkrichtingen voor eventuele oplossingen om gehalten aan zware metalen te verlagen liggen in op het niveau van 1) perceel/teelt, en 2) fabriek en waterzuivering:

1. Verlaging van de concentraties zware metalen in aangevoerd producten zoals suikerbieten en aardappels vraagt zoeken naar mogelijkheden op teeltniveau (Hoofdstuk 2.2.1).
2. Verlaging van de concentraties zware metalen in het zuiveringsslib (Hoofdstuk 2.2.2):
 - a. Specifieke verwijdering van een deel van de zware metalen ergens in het zuiveringsproces of uit het zuiveringsslib.
 - b. Verhoging van de hoeveelheid drogestof in het zuiveringsslib.

Een andere denkrichting om hergebruik van zuiveringsslib mogelijk te maken richt zich op de vergelijking met dierlijke mest, en te kijken naar de vracht aan zware metalen wanneer de dosering als meststof bepaald wordt door de P inhoud (Hoofdstuk 2.3).

2.2.1 Verlaging concentraties zware metalen in aangevoerde producten

Aangezien alle zware metalen in de verwerking van suikerbieten en aardappelen afkomstig zijn uit de akkerbouwgewassen zelf en uit aanhangende grond, is het voor de hand liggend om te kijken of er op teeltniveau mogelijkheden zijn om zware metalen in bodem en gewas te verlagen. Bij de teelt nemen gewassen zware metalen op uit de bodem, wat vooral gestuurd wordt door de totale voorraad in de bodem en de beschikbaarheid daarvan voor opname. Een eerste streven kan zijn om de totale bodemvoorraad aan zware metalen te verlagen, en dus te richten op een negatieve balans tussen aanvoer via meststoffen en afvoer via geoogst product.

Verkennde berekeningen hiervoor zijn gedaan op gewasniveau voor de teelt van suikerbieten en zetmeelaardappelen (Bijlage 1). Uitgangspunten hierbij waren:

- P-bemesting:
 - Aanvoer van 40 kg P₂O₅/ha per jaar, gebaseerd op de fosfaatgebruiksnorm bouwland (RVO, 2023).
 - Alle aanvoer van P via dierlijke mest; runderdrijfmest of varkensdrijfmest.
- N-bemesting:
 - Aanvoer volgens advies (CBAV, 2023) en een gemiddeld N-mineraal in de bodem.
 - Berekening van werkzame deel uit dierlijke mest.
 - Aanvulling met kunstmest.
- Gewasafvoer op basis van gemiddelde opbrengst.

Gehalten aan zware metalen in dierlijke mest en gewas zijn afgeleid uit de (beperkt) beschikbare bronnen.

Deze bemesting leidt bij beide gewassen tot een licht negatieve balans voor cadmium, maar positieve balansen voor koper en zink. Dit betekent dat bij gebruik van dierlijke mest de Cu en Zn gehalten in de bodem op termijn toenemen.

Wanneer gestopt zou worden met het gebruik van dierlijke mest dan wordt de balans voor Cu wel negatief (verlaging bodemvoorraad), die voor Zn is licht positief. Voor Cd gaat de balans richting een evenwicht omdat er meer Cd-houdende fosfaatkunstmest aangevoerd gaat worden. In plaats hiervan zouden circulaire fosfaatmeststoffen gebruikt kunnen worden.

Omdat de bodemvoorraad zware metalen niet of slechts zeer langzaam afneemt bij stoppen met gebruik van dierlijke mest, biedt deze optie geen oplossing voor het verlagen van de aanvoer van zware metalen naar de fabriek.

2.2.2 Verlaging concentraties in zuiveringslib

Om te voldoen aan normwaarden voor concentraties zware metalen in het zuiveringslib kan gekeken worden naar opties om de gehalten in het slib te verlagen:

- Specifieke verwijdering van een deel van de zware metalen:
 - Ergens in het zuiveringsproces.
 - Uit het zuiveringslib.
- Verhoging van de hoeveelheid drogestof in het zuiveringslib.

Verwijdering van een deel van de zware metalen kan een optie zijn om het zuiveringslib geschikt te maken voor hergebruik in de landbouw. In onderzoek naar verwijdering van zware metalen wordt een te lage verwijderingsgraad soms genoemd als beperking van de toepasbaarheid, maar mogelijk is een beperkte verwijderingsgraad voor het doel van verlaging van gehalten in zuiveringslib wel voldoende.

Verwijdering van metalen uit zuiveringslib door middel van elektrolyse is onderzocht onder labomstandigheden door De Jong en Schmal (1989). Zij vonden dat zo'n 50% van de meeste metalen verwijderd kon worden. Het onderzoek heeft geen vervolg gekregen, deels omdat ze naar RWZI slib keken met toch al slechte perspectieven van landbouwkundig gebruik en deels doordat voor praktijktoepassing de apparatuur verder ontwikkeld moet worden.

Verwijdering van zware metalen uit slib via phyto-remediatie met planten of paddenstoelen is onderzocht door Laan (2019). Cadmium werd door paddenstoelen redelijk verwijderd, maar verwijderingspercentages van Cu en Zn bleven zeer laag, o.a. door een lage biobeschikbaarheid van de metalen. Voor een afdoende verwijdering zou de biobeschikbaarheid verhoogd moeten worden, waarbij geldt dat voor koper nauwelijks soorten zijn die zowel tolerant voor koper zijn en deze ook in voldoende mate accumuleren (Laan, 2019).

Verhoging van de hoeveelheid drogestof in het zuiveringslib doet de gehalten aan zware metalen dalen. Dit zou bereikt kunnen worden via een suboptimale vergisting, wat vanuit duurzaamheidsoogpunt geen logische en zelfs ongewenste route is.

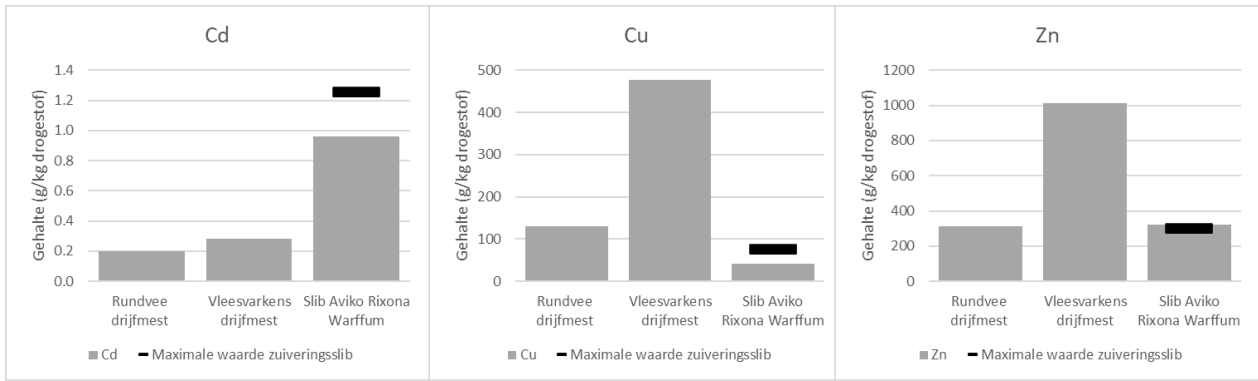
Tenslotte zou bekeken kunnen worden of gronddeeltjes, en dan specifiek lutum, beter tegengehouden kunnen worden zodat deze minder in het zuiveringslib terecht komen, tezamen met adsorbeerde metalen.

Ook verlaging van de concentraties in zuiveringslib lijken weinig perspectief te hebben voor het mogelijk maken van hergebruik van zuiveringslib.

2.3 Gebruik van dierlijke mest of zuiveringslib op perceelsniveau

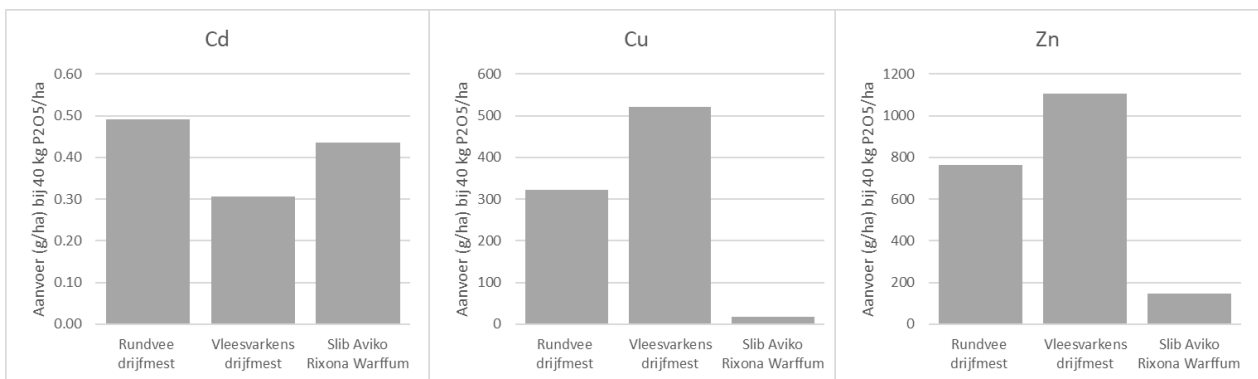
Aanvoer van zware metalen op perceelsniveau is niet alleen afhankelijk van de gehalten in meststof, maar ook van de hoeveelheid die wordt toegediend. De aanvoer van organische producten op een perceel wordt vrijwel volledig bepaald door de P inhoud en de fosfaatgebruiksnormen. Het is daarom goed om te kijken naar mogelijke vrachten aan metalen bij bemesting met organische producten, in aanvulling op de gehalten per eenheid drogestof.

Figuur 3 geeft een overzicht van gehalten Cd, Cu en Zn in rundveedrijfmest en vleesvarkensdrijfmest (CBAV, 2023) en in zuiveringslib van de IWZI van Aviko Rixona Warffum (meerjarig gemiddelde, aerobe biomassa na anaerobe voorbehandeling) (Raap, 2023). Tevens zijn de maximaal toegestane waarden in zuiveringslib weergegeven, zoals beschreven in Bijlage II behorende bij het Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet (UBWM, 2023). Voor gehalten zware metalen in dierlijke mest zijn er geen normen in de huidige Meststoffenwet. Het Cd gehalte in het zuiveringslib van deze IWZI is hoger dan die in runderdrijfmest en varkensdrijfmest, maar onder de maximale waarde uit de UBWM. Voor Cu en Zn komen de gehalten van dit IWZI zuiveringslib overeen met die van runderdrijfmest, maar zijn ze beduidend lager dan die van varkensdrijfmest.



Figuur 3 Gehalten aan Cd, Cu en Zn in dierlijke mest en zuiveringslib, met de wettelijk maximaal toegestane waarden voor zuiveringslib.

Wanneer de vracht aan zware metalen berekend wordt bij een fosfaatgift van 40 kg P₂O₅/ha dan komt de aanvoer aan Cd via het zuiveringslib overeen met die via dierlijke mest, maar is de aanvoer van Cu en Zn zeer veel lager (Figuur 4). Circulair gebruik van IWZI zuiveringslib van dergelijke verwerkende industrie kan daardoor bijdragen aan verlaging van de aanvoer aan Cu en Zn in de Nederlandse landbouw. Dit betekent ook een verlaging van de plaatsingsruimte voor dierlijke mest, en bij de huidige veestapel zal daardoor een evenredige hoeveelheid mest (op basis van de hoeveelheid P) verwerkt en geëxporteerd moeten worden.



Figuur 4 Aanvoer van Cd, Cu en Zn per hectare bij een gift van 40 kg P₂O₅/ha. Hierbij wordt er toegediend: 26.6 ton runderdrijfmest, 10.2 ton varkensdrijfmest of 6.4 ton zuiveringslib.

3 Discussie en conclusies

Balansen van koper en zink op landbouwgrond in Nederland zijn positief, waardoor er sprake is van verdere accumulatie en/of toenemende uitspoeling.

De grootste aanvoer van koper en zink naar Nederlandse landbouwgrond is via dierlijke mest.

Ecotoxicologische risico's van koper en zink ophoping in de bodem zijn beperkt. Er is echter uitspoeling van koper en zink naar het oppervlaktewater, wat ecotoxicologische effecten op het waterleven kan hebben. Vooral voor zink worden veel normoverschrijdingen in oppervlaktewater gemeten (Van Gaalen et al., 2020). Berekeningen van achtergronduitspoeling en antropogene uitspoeling laten zien dat emissies van koper en zink naar oppervlaktewater vooral uit de bodem komen en in beperkte mate uit grondwater, waarbij het aandeel antropogeen varieert van 8% (Cu) tot 24% (Zn) (Römkens et al., 2023). Menselijk handelen zoals bemesting heeft dus een duidelijke invloed op de emissie naar het oppervlaktewater, en bij verdergaande accumulatie in de bodem zal deze invloed toenemen.

Om uitspoeling van koper en zink naar het oppervlaktewater te verminderen zal aanvoer van zware metalen naar Nederlandse landbouwgronden teruggedrongen moeten worden. In een circulair landbouwsysteem worden nutriëntenstromen waar mogelijk gesloten, en zo veel mogelijk gebaseerd op interne stromen. Gebruik van IWZI zuiveringsslib van primair-agro verwerkende industrie zou daarin kunnen passen, omdat bij gebruik als meststof de vracht aan metalen veel lager is dan bij gebruik van dierlijke mest. Per eenheid stikstof of fosfaat heeft dat IWZI zuiveringsslib lagere gehalten aan koper en zink dan dierlijke mest.

Eventueel gebruik van IWZI slib vanuit verwerking van agro gewassen past in een circulair landbouwsysteem waarin nutriëntenstromen zoveel mogelijk gesloten worden en gebaseerd op interne stromen. Om accumulatie van zware metalen in Nederlandse landbouwgronden te voorkomen of terug te dringen, en daarmee uitspoeling naar oppervlaktewater te beperken, dient externe input in het landbouwsysteem beperkt te worden. Het ligt dan voor de hand om kritisch naar de externe inputs via de veehouderij te kijken, en vooral het gebruik van voederadditieven die een verhoging geven van de verhouding metalen ten opzichte van meststoffen als N, P en K.

Literatuur

- Bannick, C.G., E. Bieber, H. Böken, et al., 2001. Grundsätze und Maßnahmen für eine vorsorgeorientierte Begrenzung von Schadstoffeinträgen in landbaulich genutzten Böden. Umweltbundesamt, Berlin.
- Blonk, 2015. Agri-footprint 2.0 - Part 2: Description of data. Document version 2.0, September 2015. Blonk Agri Footprint BV, Gouda.
- BO Akkerbouw, 2023. Certificering VVAK. <https://www.bo-akkerbouw.nl/dit-doen-wij/certificering> (bezocht 16 november 2023).
- Bonten, L.T.C., J.E. Groenenberg, G.F. Koopmans, P.F.A.M. Romkens, J.P.M. Vink en A. Verschoor, 2010 Uitspoeling van zware metalen uit bodems naar het oppervlaktewater. Ecologische risico's van metalen in het oppervlaktewater en bronnen van metaaluitspoeling. Alterra-rapport 2024, Alterra, Wageningen, 93 p.
- CBAV, 2023. Handboek Bodem en Bemesting. Commissie Bemesting Akkerbouw/ Vollegrondsgroententeelt. www.handboekbodemenbemesting.nl (Bezocht op 2 november 2023).
- CLO, 2018. Afzet van zuiveringsslib naar bestemming, 1981-2018. Compendium voor de Leefomgeving, www.clo.nl/nl015420
- De Groot, N., 2022. Micronutriënten in de suikerbieten keten. Rapportage in het kader van het TKI project Micronutriënten in de kringloop. Cosun Beet Company, 15 p.
- De Jong, A.M.C.P. en D. Schmal, 1989. Verwijdering van zware metalen uit zuiveringsslib door elektrolyse. Toekomstige generatie rioolwaterzuiveringsinrichtingen RWZI 2000, 89-04. <https://edepot.wur.nl/119040>.
- De Vries, W., Römkens, P.F.A.M., Voogd, J.C.H., 2004. Prediction of the long term accumulation and leaching of zinc in Dutch agricultural soils: a risk assessment study. Alterra report 1030, Alterra, Wageningen, 93 p.
- EFSA, 2014. Scientific opinion on the potential reduction of the currently authorised maximum zinc content in complete feed. EFSA Panel on Additives and Products or Substances used in Animal Feed (FEEDAP). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2014.3668>.
- EFSA, 2016. Revision of the currently authorised maximum copper content in complete feed. EFSA Panel on Additives and Products or Substances used in Animal Feed (FEEDAP). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2016.4563>.
- Ehlert, P.A.I., R.P.J.J. Rietra, P.F.A.M. Römkens, L. Timmermans en L. Veenemans, 2022. Effectbeoordeling van invoering van Verordening EU/2019/1009 op de aanvoer van zware metalen in Nederland. WOT-technical report 219.
- EU 2006. Verordening (EG) nr. 1881/2006 van de Commissie van 19 december 2006 tot vaststelling van de maximumgehalten aan bepaalde verontreinigingen in levensmiddelen. <http://data.europa.eu/eli/reg/2006/1881/oj> (bezocht 30 mei 2022).
- GlobalG.A.P., 2023. Integrated Farm Assurance Smart – principles and criteria for fruit and vegetables. www.globalgap.org.
- Groenenberg, J.E., 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. Alterra-rapport 1278, Alterra, Wageningen, 63 p.
- Klein, J. en G. Roskam, 2018. Zware metalen in mest in 2017. Deltares, rapport 11202236-002-BGS-0001.
- Laan, P., 2019. Verkenning verwaarding van zuiveringsslib met behulp van biologische methoden. STOWA Rapport 2019-11.
- Raap, J., 2023. Pers.med.
- Renaud, L., L. Bonten, P. Groenendijk en B.J. Groenenberg, 2015. Berekening van uit- en afspoeling van nutriënten- en zware metalen ten behoeve van de EmissieRegistratie 2013. Wageningen, Alterra-rapport 2638.
- Romkens, P.F.A.M. en R.P.J.J. Rietra, 2008. Zware metalen en nutriënten in dierlijke mest in 2008. Alterra-rapport 1729, Alterra, Wageningen, 37.

-
- Romkens, P.F.A.M., Rietra, R.P.J.J., Ehlert, P.A.I., 2016. Effectbeoordeling van het voorstel voor een nieuwe Europese Meststoffenverordening. Analyse van de aanvoer van zware metalen naar de landbouwbodem en gevolgen voor vrije verhandeling van nationale meststoffen. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 2766. <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/510436>.
- Römkens, P.F.A.M., F.J.E. van der Bolt en L. Renaud, 2023. Schatting van de bijdrage van achtergronduitspoeling aan de emissie van metalen van bodem naar oppervlaktewater. Aanvulling op WENR-rapport 3139. Wageningen Environmental Research, Rapport 3280.
- RVO, 2023. Hoeveel fosfaat landbouwgrond. <https://www.rvo.nl/onderwerpen/mest/gebruiken-en-uitrijden/fosfaat-landbouwgrond> (bezoekt 3 november 2023).
- UBWM, 2023. Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet. <https://wetten.overheid.nl/BWBR0019031>.
- Wilcke, W. en H. Döhler, 1995. Schwermetalle in der Landwirtschaft. Quellen, Flüsse, Verbleib. Arbeitspapier 217, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Darmstadt.

Bijlage 1 Verkenning effect van bemesting op zware metalen in suikerbiet en aardappel

Een eventuele route voor het terugdringen van de aanvoer van zware metalen naar de suiker- en aardappelverwerkende industrie is het verminderen van de aanvoer aan metalen op de percelen waar deze gewassen worden geteeld.

Verkennde berekeningen voor het effect van bemesting op de balansen aan zware metalen zijn gedaan voor de teelt van suikerbieten en zetmeelaardappelen. Deze berekening is op gewasniveau uitgevoerd met de volgende uitgangspunten:

- P-bemesting:
 - Aanvoer van 40 kg P₂O₅/ha, gebaseerd op de fosfaatgebruiksnorm bouwland (RVO, 2023).
 - Alle aanvoer van P via dierlijke mest; runderdrijfmest of varkensdrijfmest (CBAV, 2023).
- N-bemesting:
 - Aanvoer volgens advies (CBAV, 2023) en een gemiddeld N-mineraal in de bodem (schatting).
 - Berekening van het werkzame deel uit dierlijke mest (CBAV, 2023).
 - Aanvulling met kunstmest tot het volledige advies.
- Gewasafvoer op basis van gemiddelde opbrengst (KWIN) met een geschat drogestofgehalte:
 - Suikerbieten: 85 ton vers/ha, 24% drogestof.
 - Aardappelen: 45 ton vers/ha, 25% drogestof.
- Gehalten zware metalen in producten uit verschillende bronnen (Tabel B1.1).

Tabel B1.1 Data over zware metalen met bronvermelding.

	Eenheid	Cd	Cu	Zn	Bronnen
Depositie	g/ha.jaar	0.65	10.6	7.2	Bonten et al. (201)
Rundveemest	mg/kg ds	0.15	112.2	184	Klein en Roskam (2017)
Varkensdrijfmest	mg/kg ds	0.28	325.4	992	Klein en Roskam (2017)
Stikstofkunstmest	mg/kg N	6	26	203	Blonk (2015)
Fosfaatkunstmest	mg/kg P ₂ O ₅		90.5	893	Blonk (2015)
Fosfaatkunstmest	mg/kg P ₂ O ₅	31.3			UBWM (2023) – max.waarde
Suikerbieten	mg/kg ds	0.11	4.3	14	Bannick et al. (2001), Blonk (2015), Wilcke en Döhler (1995)
Aardappelen	mg/kg ds	0.30	6.8	7.3	Bannick et al. (2001), Blonk (2015), Wilcke en Döhler (1995)

Tabel B1.2 Balansberekening voor Cd, Cu en Zn bij suikerbieten en zetmeelaardappelen bij bemesting met runderdrijfmest of varkensdrijfmest tot de fosfaatnorm, en stikstof aangevuld met kunstmest tot het N-bemestingsadvies.

		Suikerbieten		Zetmeelaardappelen	
		Runderdrijfmest	Varkensdrijfmest	Runderdrijfmest	Varkensdrijfmest
Balans Cd					
Depositie	g/ha	0.65	0.65	0.65	0.65
Dierlijke mest	g/ha	0.37	0.31	0.37	0.31
N-kunstmest	g/ha	0.41	0.55	0.86	1.04
Gewasafvoer	g/ha	2.24	2.24	3.37	3.37
Uitspoeling ¹	-	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.
Totaal	g/ha	-0.81	-0.73	-1.49	-1.37
Balans Cu					
Depositie	g/ha	10.6	10.6	10.6	10.6
Dierlijke mest	g/ha	275.3	357.1	275.3	357.1
N-kunstmest	g/ha	1.8	2.4	3.7	4.5
Gewasafvoer	g/ha	87.7	87.7	76.1	76.1
Uitspoeling ¹	-	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.
Totaal	g/ha	199.9	282.4	213.5	296.2
Balans Zn					
Depositie	g/ha	72.0	72.0	72.0	72.0
Dierlijke mest	g/ha	179.4	1125.1	179.4	1125.1
N-kunstmest	g/ha	13.7	18.8	29.1	35.3
Gewasafvoer	g/ha	285.6	285.6	82.0	82.0
Uitspoeling ¹	-	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.
Totaal	g/ha	-20.5	930.3	198.6	1150.4

¹ Voor vergelijking tussen systemen op dezelfde grond maakt uitspoeling niet uit. Voor Zn is het wel een belangrijke post op de balans, met jaarlijks ongeveer 50 g/ha op klei en 300 g/ha op zand (De Vries et al., 2004).

Tabel B1.3 Balansberekening voor Cd, Cu en Zn bij suikerbieten en zetmeelaardappelen bij bemesting met alleen kunstmest.

		Suikerbieten	Zetmeelaardappelen
		Alleen kunstmest	Alleen kunstmest
Balans Cd			
Depositie	g/ha	0.65	0.65
Dierlijke mest	g/ha	0.00	0.00
N-kunstmest	g/ha	0.89	1.43
P-kunstmest	g/ha	1.25	1.25
Gewasafvoer	g/ha	2.24	3.37
Uitspoeling ¹	-	p.m.	p.m.
Totaal	g/ha	0.56	-0.03
Balans Cu			
Depositie	g/ha	10.6	10.6
Dierlijke mest	g/ha	0.0	0.0
N-kunstmest	g/ha	3.9	6.2
P-kunstmest	g/ha	3.6	3.6
Gewasafvoer	g/ha	87.7	76.1
Uitspoeling ¹	-	p.m.	p.m.
Totaal	g/ha	-69.9	-55.6
Balans Zn			
Depositie	g/ha	72.0	72.0
Dierlijke mest	g/ha	179.4	179.4
N-kunstmest	g/ha	30.2	48.5
P-kunstmest	g/ha	35.7	35.7
Gewasafvoer	g/ha	285.6	82.0
Uitspoeling ¹	-	p.m.	p.m.
Totaal	g/ha	31.8	253.7

¹ Voor vergelijking tussen systemen op dezelfde grond maakt uitspoeling niet uit. Voor Zn is het wel een belangrijke post op de balans, met jaarlijks ongeveer 50 g/ha op klei en 300 g/ha op zand (De Vries et al., 2004).

Correspondentie adres voor dit rapport:

Postbus 16

6700 AA Wageningen

T 0317 48 07 00

wur.nl/plant-research

Rapport WPR-1277



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 en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers 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.

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Correspondentieadres voor dit rapport:
Postbus 16
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
wur.nl/plant-research

Rapport WPR-1277

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, 7.600 medewerkers (6.700 fte) en 13.100 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers 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.

