



BTO VO Thema B&O/CV



Authors

Roberta Hofman-Caris

Effecten mestbewerking en -verwerking op bronnen voor drinkwater: (oplossing voor) probleem?

bijmengen van organische afvalstromen als op de toepassing van verzurende vloeibare meststoffen.

Samenvatting

De overheid zet sterk in op kringloopsluiting in de landbouw. In het kader hiervan, en vanwege de toenemende vraag naar groene energiebronnen, wordt mestverwerking c.q. -bewerking (o.a. co-vergisting) sterk gestimuleerd en gesubsidieerd. In deze branche blijkt echter grootschalige fraude voor te komen, en wordt regelmatig verboden afval in de vergisters bijgemengd. Hierdoor kan er een breed scala schadelijke verontreinigingen voorkomen in de meststoffen uit het digestaat. Omdat de meststoffen weer op het land worden gebracht zal dit uiteindelijk ook leiden tot verontreiniging van het grondwater. Daarnaast wordt vrijkomende ammoniak met ondermeer luchtwassers als ammoniumsulfaat teruggewonnen en als meststof toegepast. Dit kan eveneens gevolgen hebben voor het grond- en drinkwater doordat de hardheid toeneemt (bij neutralisatie met kalk) en het water door de hogere sulfaatgehaltes corrosiever wordt.


Advies is om de ontwikkeling naar kringlooplandbouw en hier eventueel mee gepaard gaande mestverwerking en toepassing van producten kritisch te volgen. Zowel op het



Consequenties voor u

	Laag	Middel	Hoog	Beknopte uitleg
Impact				Impact op de grondwaterkwaliteit is voorzien bij illegale bijmenging van vervuilde organische reststromen en door toepassing van verzurende vloeibare meststoffen



Zekerheid  De ontwikkeling van mestverwerking is economisch nog onzeker. Daarnaast is onduidelijk hoe toezicht en handhaving zich zullen ontwikkelen.

Trendbeschrijving en achtergrond

Praktijk mestverwerking en -bewerking

Mest bevat veel grondstoffen, en daarnaast kent Nederland en Vlaanderen een mestoverschot. Daarom wordt op steeds grotere schaal mestverwerking en -bewerking toegepast. Hierbij wordt ofwel eerst de mest mechanisch gescheiden in een dikke en een dunne fractie en dan vergist, of eerst vergist en dan vervolgens in verschillende fracties gescheiden. Uiteindelijk kunnen drie fracties worden onderscheiden: circa 20% dikke minerale fractie, 20% concentraat en 60% water. Op deze manier kan aanzienlijk worden bespaard op transport, wat zowel financieel als milieutechnisch voordelen oplevert. Wat zijn de gevolgen van de huidige mestverwerkingspraktijk voor onze bronnen voor drinkwater?

Grote hoeveelheden mest

De Nederlandse en Vlaamse veestapel produceert enorme hoeveelheden mest: respectievelijk ongeveer 500 en 162 miljoen kg stikstof en respectievelijk 170 en 26 miljoen kg fosfaat per jaar! Stikstof en

fosfaat zijn echter nuttige grondstoffen voor de landbouw. Een deel van de mest mag door boeren rechtstreeks op het land worden uitgereden. De rest wordt getransporteerd naar mestverwerkers en -bewerkers.

Verwerking, bewerking en export

In de landbouwvisie van minister C. Schouten (van 8 sept. 2018) wordt sterk ingezet op de transitie naar kringlooplandbouw. Hierbij wordt uitgegaan van een benadering van het totale systeem, waarbij kringlopen van grondstoffen en hulpbronnen in 2030 op zo laag mogelijk niveau nationaal of internationaal gesloten moeten worden. Dat betekent dat akkerbouw, veehouderij en tuinbouw grondstoffen uit elkaars ketens (en reststromen uit de voedingsmiddelenindustrie en voedingsketens) gaan gebruiken. De basis van deze kringloop vormt het bodembeheer, waarbij wordt toegewerkt naar zoveel mogelijk toepassen van (bewerkte) dierlijke mest in plaats van kunstmest.

Wat niet op het eigen land mag worden uitgereden kan worden bewerkt of verwerkt. De term “mestbewerking” wordt gebruikt voor technische

handelingen met mest, waaruit mestproducten voortkomen die in de Nederlandse landbouw worden afgezet met een hogere acceptatiegraad dan normale drijfmest. Hierbij valt bijvoorbeeld te denken aan mestscheiding en mestvergisting. “Mestverwerking” slaat op technische handelingen met mest, waaruit mestproducten voorkomen die buiten de Nederlandse landbouw worden afgezet (zoals mestverbranding, en de productie van mestkorrels voor de export of voor afzet in tuincentra). Door de nieuwe landbouwvisie van de overheid zal een impuls vormen voor dergelijke technieken.

Mest kan rechtstreeks worden gedroogd, Hiertoe wordt drijfmest, met een vaste stofgehalte van 5-10% gemengd met droge mest met een vaste stofgehalte van 80-85%. Hierbij ontstaat “stapelbare” mest, met een vaste stofgehalte van 30-50%, die op een geperforeerde vloer wordt gedroogd. Een deel van de droge mest wordt teruggevoerd aan het proces, een ander deel wordt gepelletiseerd en gehygiëniseerd, en vervolgens als korrel meststof op de markt gebracht.



Een techniek die op steeds grotere schaal wordt toegepast is vergisting. Hierbij ontstaat biogas (methaan), wat als groene energiebron wordt beschouwd. Drijfmest bevat echter onvoldoende organisch materiaal, waardoor de vergisting te weinig biogas oplevert. Daarom worden vaak andere organische afvalstoffen toegevoegd, wat men co-vergisting noemt. Het geproduceerde biogas is dan ook voornamelijk afkomstig uit deze afvalstoffen. Zo levert vergisting van 1 m³ dierlijke mest slechts 25 m³ biogas op, maar vergisting van 1 m³ mais 180 m³ biogas. Het overgebleven digestaat wordt mechanisch gescheiden in een dunne en een dikke fractie. De dunne fractie bevat relatief veel kalium en stikstof. Het stikstof kan hieruit gewonnen worden, en als een soort “kunstmest” in de landbouw worden gebruikt. Dit kan zowel als vloeistof of als vast mineraal. In het laatste geval moeten de mineralen dan nog worden gescheiden van het water door bijvoorbeeld membraanfiltratie en indamping. Het restwater wordt dan vervolgens geloosd op oppervlaktewater of een RWZI. De dikke fractie, die het fosfaat bevat, wordt gedroogd en gepelletiseerd, en op het ogenblik vaak getransporteerd naar andere Europese landen, in het oosten en zuiden van Europa (bv. Oost-Duitsland, Polen, Frankrijk en Spanje), waar in tegenstelling tot Nederland en Vlaanderen een tekort is aan fosfaat. Dit alles betekent dus dat de natte mest eerst

getransporteerd moet worden naar een verwerker, en dat het product verder getransporteerd wordt door Europa. De milieu-impact van al dit transport zou eigenlijk ook meegewogen moeten worden in de uiteindelijke balans. Hier staat tegenover dat binnen Nederland minder vervoer nodig is, doordat geen grote hoeveelheden natte mest hoeven te worden getransporteerd.

Zeer gevoelig voor fraude

Vergisting van dierlijke mest levert nauwelijks biogas op, en daarom mag organisch afval worden toegevoegd (co-vergisting), mits het gehalte dierlijke mest minstens 50% blijft bedragen. Onderzoek door onder andere NVWA, politie en Openbaar Ministerie heeft echter uitgewezen dat dit systeem erg gevoelig is voor fraude. Zo wordt regelmatig vastgesteld dat ander afval, zoals slachtafval of zelfs chemisch afval (o.a. verfafval en verzadigde actieve kool) en drugsafval, wordt bijgemengd. Dat heeft geen gevolgen voor het gevormde biogas, maar zeker wel voor het digestaat, dat daardoor ernstig verontreinigd kan raken met allerlei onbekende, maar zeker ook ongewenste stoffen. Wanneer dat digestaat weer in de bodem wordt gebracht, kan dat tot allerlei verontreinigingen leiden.

Technieken voor mestbewerking en –verwerking zijn nog volop in ontwikkeling, en omdat de overheid dit als een goede ontwikkeling ziet, worden hier veel subsidies aan verstrekt. De afgelopen tien jaar ging het om meer dan 2,5 miljard euro subsidie. De wet- en regelgeving met betrekking tot mestverwerking is echter behoorlijk ingewikkeld, en vaak blijken ambtenaren er onvoldoende van op de hoogte te zijn. Bovendien is het toezicht erop sterk versnipperd. Dit alles blijkt minder integere ondernemers blijkt aan te trekken, die het niet zo nauw nemen met de samenstelling van het afval dat ze vergisten. Een significant deel van de betrapte fraudeurs blijkt ook op andere gebieden een strafblad te hebben. Fraude met hoeveelheden mest (het rondrijden met lege tankwagens) en het toevoegen van ongeoorloofd afval komt met enige regelmaat in het nieuws. Zo heeft het Openbaar Ministerie eind 2018 een grote actiedag georganiseerd om fraude op te sporen, en geconcludeerd dat hier sprake is van een ernstige vorm van ondermijnende criminaliteit.

Afgezien van commerciële mestverwerkers zijn er ook loonwerkersbedrijven en boeren die dit als nevenactiviteit op hun erf hebben. Vaak hebben ze weinig kennis van de chemische procesvoering en de gevolgen van het bijmengen van ongeoorloofd afval voor het uiteindelijke product, en daarmee op de



bodem en het grondwater. Dit alles heeft de laatste tijd diverse keren geleid tot misstanden, waardoor grote hoeveelheden verontreinigingen in de bodem, en daarmee uiteindelijk in het grondwater, terecht kunnen zijn gekomen.

Samenstelling van de dikke fractie van het digestaat

Maar ook als alles volgens de regels verloopt, is dat nog geen garantie dat mestverwerking niet tot ongewenste neveneffecten leidt, bijvoorbeeld voor de grondwaterkwaliteit. De dikke fractie van het digestaat kan vanwege het hoge fosfaatgehalte worden gebruikt als meststof. Hiervoor zijn regels opgesteld wat betreft het toegestane gehalte aan zware metalen (cadmium, chroom, koper, kwik, nikkel, lood, zink en arseen) en organische verontreinigingen als pesticiden, en PAK's. Een overzicht hiervan is gegeven in Bijlage I (het betreft Bijlage II van het Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet). Er zijn echter geen eisen voor wat betreft de aanwezigheid van bijvoorbeeld medicijnen zoals antibiotica. Juist deze stoffen kunnen een grote invloed hebben op de kwaliteit van de bodem en het grondwater.

In het bijzonder de aanwezigheid van antibioticaresiduen en -resistentiegenen is een

reden tot zorg. Uit onderzoek is gebleken dat pathogenen weliswaar worden gedood door de warmtebehandeling die wordt toegepast, maar dat deze gehalten slechts beperkt afnemen door de mestverwerking. Daardoor blijven ze aanwezig in meststoffen, die in de bodem, en daarmee in het grondwater gebracht kunnen worden. Vlaams onderzoek heeft aangetoond dat bij de intensieve veehouderij de bovenste 25 m grondwater sterk is belast met zeker zes typen antibiotica. Dit leidt tot de ontwikkeling van meer en meer resistente micro-organismen, die kunnen leiden tot (zeer) moeilijk behandelbare infecties. Dit is een bedreiging voor de gezondheid van planten, dieren en zeker ook mensen. Door gescheiden fracties te gebruiken wordt het technisch en economisch beter mogelijk dergelijke verontreinigingen voor gebruik te verwijderen, wat een groot voordeel is ten opzichte van het gebruik van onbewerkte mest. Een ander punt van aandacht is dat de maximale hoeveelheid verontreinigingen, die aanwezig mag zijn in meststoffen, gerelateerd is aan de hoeveelheid fosfaat, stikstof, organische stof of "neutraliserende waarde" i.e. de zuurbufferende toeslagstof. Dit leidt tot ingewikkelde berekeningen. De hoeveelheid fosfaat of stikstof die mag worden toegevoegd is afhankelijk van het type bodem en gewas. Zo mag op bouwland 65 kg fosfaat per ha worden toegevoegd, en op grasland 95 kg. Dit mag dan

gepaard gaan met respectievelijk 2 of 3 g cadmium per ha. Voor stikstof geldt een maximale toevoeging van 170 kg/ha, wat overeen mag komen met ruim 4 g cadmium.

Gebruik van de dunne fractie van digestaat

De dunne fractie, die bij (co-)vergisting vrijkomt, bevat ammoniak. In principe kan deze fractie worden ingedampd, waarbij ammoniak als gas vrijkomt, en afgevangen kan worden door de gassen te wassen met een zure oplossing. Daarnaast komt ook tijdens de procesvoering ammoniak vrij die uit de lucht gewassen wordt. Door toevoeging van een zuur (veelal H_2SO_4 , soms HNO_3) ontstaat een oplossing van ammoniumzout, wat als kunstmest beschouwd kan worden. Indampen kost veel energie, en wordt in Nederland nog niet toegepast. Wel wordt de dunne fractie behandeld met ultrafiltratie of omgekeerde osmose. Hierbij ontstaat een relatief schoon permeaat, dat kan worden gebruikt voor het spoelen van vrachtwagens of het reinigen van stallen, of geloosd op het riool of oppervlaktewater. Het eveneens gevormde concentraat kan worden behandeld met een zuur, om de ammoniak om te zetten in ammonium.

NH_4NO_3 (ammonsalpeter) is de meest effectieve vorm van stikstoftoediening en daarmee de gunstigste



reststof, maar toevoegen van salpeterzuur is veel duurder dan toevoegen van zwavelzuur wat ruim, en goedkoop beschikbaar is als reststroom uit de industrie. Ook wordt $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (zwavelzure ammoniak) als meststof beschouwd. Toevoegen hiervan betekent echter dat er ook sulfaat wordt toegevoegd aan de bodem. Sulfaat is een noodzakelijke voedingsstof voor gewassen, maar het hangt van het type gewassen en bodem af hoeveel aan de bodem toegevoegd kan worden zonder overmatige uitspoeling. Uitspoeling naar het grondwater kan leiden tot te hoge sulfaatgehalten daarin, wat gevolgen kan hebben voor de smaak van hieruit geproduceerd drinkwater, en leidingen kan aantasten. Bovendien leidt toepassing van zwavelzure ammoniak in plaats van ammonsalpeter tot meer verzuring van de bodem, waardoor extra neutraliserende waarde in de vorm van calcium of magnesiumcarbonaat moet worden toegevoegd.

Hypothetisch rekenvoorbeeld:

Op een graslandperceel wordt ca. 150 kg N/ha/jr in de vorm van kunstmest opgebracht. Stel dat hiervoor enkel een vloeistof met zwavelzure ammoniak als kunstmeststof wordt gebruikt, dan geeft dit een zwavelbelasting van 172 kg S/ha/jr

waarvan maximaal 50 kg door het gewas wordt onttrokken. Toepassing van zwavelzure ammoniak i.p.v. ammonsalpeter geeft hiermee een extra S belasting van 122 kg S/ha/jr. Daarnaast wordt ook dierlijke mest opgebracht (4 kg N/m³ en 0.6 kg S/m³), stel dat het hierbij gaat om 100 kg N/ha/jr aan dierlijke mest, dan geeft dit een extra gift van 14 kg S/ha/jr en een totaal S-overschot uit mest van 136 kg S/ha/jr ofwel 407 kg SO₄/ha/jr.

Bij een neerslagoverschot tussen 250 en 300 mm/jr, resulteert dit in sulfaat concentraties van 136-163 mg/l. Deze waarden liggen rond de bedrijfstechnische en organoleptische norm van 150 mg/l in het Waterleidingbesluit. Gezondheidskundig kan sulfaat als niet-toxisch worden beschouwd. Wel kunnen ecologische effecten verwacht worden door ondermeer interne eutrofiering. Verder moet bedacht worden dat in sommige gebieden de sulfaatconcentraties in grondwater al hoog zijn door ondermeer pyriet-oxidatie.

Gebruik van zwavelzure ammoniak heeft verder een hogere verzurende werking dan ammonsalpeter. De verzurende werking van meststoffen wordt uitgedrukt in basenequivalenten (be), is die positief dan werkt de meststof basisch, is die negatief dan werkt de meststof verzurend. Kalkammonsalpeter heeft bij toepassing op grasland een 'be' van ca. -46

per 100 kg N. zwavelzure ammoniak heeft een 'be' van -280 per 100 kg N. Als dit geneutraliseerd wordt met kalkmergel is respectievelijk 104 en 560 kg kalkmergel nodig.

Bij kalkammonsalpeter is al kalk aan de meststof toegevoegd. Dit combinerend en omgerekend naar de N gift van 150 kg per jaar resulteert dit in een CaCO₃ belasting van respectievelijk 192 en 840 kg/ha/jr voor kalkammonsalpeter en zwavelzure ammoniak. Er is dus bijna 650 kg extra CaCO₃/ha nodig bij toepassing van zwavelzure ammoniak. Dit geeft afhankelijk van het neerslagoverschot een toename van de Totale Hardheid tussen 2.2 en 2.6 mmol/l in het infiltrerende water.

Hoewel er geen normen zijn voor de hoeveelheid zwavel, wordt in landbouwadvisen wel gewezen op het risico van overmatige toediening van zwavel in verband met verzuring en hiermee samenhangende kosten voor bekalking en risico op H₂S vorming. Een veel gebruikt advies is om maximaal 1-1.5 m³ zwavelzure ammoniak in de vorm van een vloeistof (bijv. spuiwater) uit te rijden per ha. Uitgaande van een Sulfaatgehalte van 12-18% in deze vloeistof zou dit advies resulteren in ongeveer de helft van de extra sulfaatbelasting uit het rekenvoorbeeld, dus ca. 203 kg SO₄/ha/jr. Volledige vervanging van kunstmest door zwavelzure ammoniak lijkt hiermee



geen realistisch scenario bij een goede landbouwpraktijk. Een gedeeltelijke vervanging lijkt echter wel realistisch.

Anderzijds zijn ook andere toepassingen van zwavelhoudende vloeibare meststoffen in opkomst. Een voorbeeld hiervan is het gebruik van spuiwater van chemische luchtwassers in de boomteelt. Doel hiervan is betere bladvertering, het doodspuiten van gras en onkruid en afname van ziektedruk. Omdat het hierbij vooral gaat om toepassing als bestrijdingsmiddel is in 2018 ontheffing verleend voor een proef met een periode van 3 jaar). Voorwaarde hierbij is monitoring van de stikstofconcentratie in het oppervlaktewater op het betreffende fruitteeltbedrijf. Monitoring van stikstof, hardheid en sulfaat in het grondwater en bodemvocht zijn niet voorgeschreven



Relevantie

Ongewenste stoffen in grondwater

Dierlijke mest bevat vaak verontreinigingen, als pesticiden (afkomstig uit het voer), maar ook geneesmiddelen/antibiotica. Een groot deel hiervan komt waarschijnlijk terecht in de dikke fractie van het digestaat, omdat het hecht aan organisch materiaal. Deze dikke fractie wordt als fosfaatbron gebruikt in de landbouw. In het uitvoeringsbesluit meststoffenwet worden hiervoor maar beperkt normen gesteld (zie Bijlage I), en bovendien worden die gerelateerd aan de hoeveelheid fosfaat of nitraat, maar niet aan bijvoorbeeld vaste stof. Hierdoor kunnen significante hoeveelheden in de bodem, en daarmee in het grondwater terechtkomen. 20-90% van de antibiotica komt onafgebroken in mest terecht, en een deel daarvan blijkt ook in verwerkte mest aanwezig te zijn. Verder is aangetoond dat sommige antibiotica in de bodem worden afgebroken, maar dat andere na 40 jaar daar nog steeds aangetoond kunnen worden. Een groter probleem vormen echter onbekende verontreinigingen, die afkomstig zijn uit afval dat op grote schaal illegaal wordt bijgemengd in co-vergisters. Het gaat hierbij om bijvoorbeeld slachtafval of zelfs chemisch afval, waardoor gevaarlijke stoffen in het grondwater terecht kunnen komen bij gebruik van de dikke fractie van het

digestaat als fosfaatbron. Deze problemen zijn op te lossen door mestverwerking alleen toe te staan in gespecialiseerde bedrijven, onder strikt overheidstoezicht. Bovendien zou de wet- en regelgeving op dit gebied eenvoudiger en duidelijker moeten worden, om dit toezicht mogelijk te maken. Daarnaast zou er aandacht en uiteindelijk wetgeving moeten komen voor de aanwezigheid van andere verontreinigingen, met name medicijnen, antibiotica en antibiotica-resistente genen in de dikke fractie, en het effect op de gehalten hiervan in grondwater. Een andere optie is om de dikke fractie niet meer te gebruiken maar te verbranden (downcycling). De derde optie is meer onderzoek te doen naar methoden om die verontreinigingen uit de dikke fractie te verwijderen, zodat de nuttige componenten wel gebruikt kunnen worden, maar er geen nadelen meer kunnen optreden door de aanwezigheid van deze stoffen.

Kunstmest uit digestaat

De dunne fractie van digestaat bevat veel ammonia (NH_3), wat in principe na omzetting naar ammonium (NH_4) een goede stikstofbron is voor gewassen. Om emissie van ammonia naar de lucht te voorkomen, wordt de oplossing behandeld met een zuur, waarbij ammoniumzouten worden gevormd. Omdat nitraat een factor twee tot zeven zo duur is als zwavelzuur, en sommige planten tegenwoordig toevoeging van

zwavel nodig hebben, wordt er de laatste tijd ook onderzoek gedaan naar de toepassing van ammoniumsulfaat. Bij gebruik van ammoniumsulfaat kan het sulfaatgehalte van het grondwater echter te hoog worden, en bovendien leidt toepassing van ammoniumsulfaat in plaats van -nitraat tot meer verzuring van de bodem. Dit wordt tegengegaan door het toevoegen van meer kalk (calcium en magnesiumcarbonaat) aan de bodem. Een ander probleem bij gebruik van zwavelzuur is dat het sulfaat onder anaerobe omstandigheden wordt gereduceerd tot sulfide, wat met ijzer in de bodem neerslaat. Dit leidt dan weer tot het vrijkomen van fosfaat, waardoor het fosfaatgehalte in het grondwater kan toenemen.

Het toevoegen van kalk leidt tot een hogere hardheid van het grondwater. Veel drinkwaterbedrijven ontharden tegenwoordig het drinkwater, vanwege klantcomfort en het feit dat apparaten in huis dan minder energie en bv. wasmiddel nodig hebben. Ontharding is echter een relatief dure processtap (10 - 20% van de kostprijs van drinkwater), en dus leidt een toenemende hardheid van het grondwater direct tot hogere productiekosten. Bovendien geeft een hoger sulfaatgehalte van het grondwater mogelijk smaakproblemen, en maakt het water corrosiever voor leidingmaterialen.



Het verdient daarom aanbeveling om bij de keuze voor een geschikt zuur niet puur naar de kosten van de kunstmestproductie te kijken, maar deze overwegingen en kosten ook mee te wegen. Dat zal waarschijnlijk betekenen dat toch beter voor het duurdere salpeterzuur gekozen kan worden.

Conclusies

Voordelen van mestverwerking en -bewerking zijn:

- verbeterde hygiëne
- betere dosering van meststoffen
- voorkomen dat microverontreinigingen in het grondwater terechtkomen.

Doordat microverontreinigingen vooral in de dikke fractie voorkomen, kan verontreiniging van het grondwater worden voorkomen door ofwel deze dikke fractie te verbranden, ofwel de microverontreinigingen hieruit te verwijderen.

Daarnaast kleven er aan de huidige praktijk enkele nadelen:

- Gebruik van zwavelzuur in plaats van salpeterzuur leidt tot problemen met

verzuring, en toename van kalk- en fosfaatgehalten in het grondwater.

- Co-vergisting is gevoelig voor fraude, waardoor er juist meer verontreinigingen in het grondwater voorkomen.

Door duidelijker regelgeving en vooral handhaving hiervan zijn dergelijke problemen te voorkomen. Verder is het belangrijk niet alleen financiële overwegingen mee te nemen, bijvoorbeeld in de kunstmestproductie en bij de behandeling van de dikke fractie, maar naar het totale plaatje te kijken.

Door al deze factoren mee te nemen, kan mestverwerking- of bewerking meehelpen de grondwaterkwaliteit te verbeteren.

Geraadpleegde bronnen

- C. Schouten; Landbouw, natuur en voedsel: waardevol en verbonden; Landbouwisie Ministerie van Landbouw, natuur en voedselkwaliteit, 8 sept. 2018.
- Schröder, J., de Buissonjé, F., Kasper, G., Verdoes, N., Verloop, K.; Mestscheiding: relaties tussen techniek, kosten, milieu en landbouwkundige waarde; Plant Research International B.V. Wageningen, rapport 287; okt. 2009.
- Alterra-rapport 2516; ISSN 1566-7197
- VROM-Inspectie Directie uitvoering Programma Bodem en Afval nationaal; (2011) Afvalstoffen bij covergisting; VI-2011-59
- Commissie Deskundigen Meststoffenwet; Syntheserapport: Nut en risico's van covergisting; WOt-technical report 32; Wageningen 2015; ISSN 2352-2739
- Ehlert, P.A.I., Chardon, W.J, (2014); Veranderingen van de zwavelbalans van de Nederlandse bodem, beantwoording van een helpdeskvraag
- Lemmens, B., Ceulemans, J., Elslander, H., Vanassche, S., Brauns, E., Vrancken, K., (2006); Best Beschikbare Technieken voor mestverwerking; Academia Press Gent, België
- Suijker, P.A.C. (2013) Evaluatierapport Covergisting, NVWA



- Van den Meersche, T. (2019) Presence and fate of antibiotic residues, antibiotic resistance genes and zoonotic bacteria in (biologically treated) swine manure and soil; U Gent Faculty of Veterinary Medicine, dept. pathology, bacteriology and poultry diseases
- Vellinga, Th., Leenstra, F., Bremmer, B., Tersteeg, J. (2017); Kringlooptoets Mestverwerking, WUR, rapport 1046
- WOB-verzoek Ministerie van Justitie en Veiligheid; 19 okt 2018, kenmerk 2401756; antwoord d.d. 24 april 2019
- C. Verwer, G. Smolders, L. v.d. Vijver, M. v. Eekeren, M. Hospers, A. v.d. Marel; Antibiotica in grond en water; via plant weer in mens en dier; V-focus, febr. 2013, pp. 34-35
- Agentschap BNL, Ministerie van Economische Zaken; Naar een betere toepassing van digestaat; voor agrarische en industriële ondernemers met basiskennis over (co-)vergisting; als het gaat om energie en klimaat. RvO.nl
- Staatscourant (2018) Ontheffing als bedoeld in artikel 65 van de Wet bodembescherming juncto artikel 7 van het Besluit gebruik meststoffen van het verbod op aanwenden van spuiwater in de periode van 16 oktober tot en met 31 januari voor drie opeenvolgende jaren vanaf 2018 en eindigend op 1 april 2021 Nr. 66032 26 november 2018
- Lahr, J., ter Laak, T. and Derksen, A. (2014) Screening van hot spots van nieuwe verontreinigingen. Een pilot studie in bodem, grondwater en oppervlaktewater, p. 94, Alterra, Wageningen.
- Bijlage 2 Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet (<https://wetten.overheid.nl/BWBR0019031/2019-01-01#BijlageII>)
- Hoofdstuk 3 Meststoffenwet (<https://wetten.overheid.nl/BWBR0004054/2019-01-01#HoofdstukIII>)
- <https://www.om.nl/onderwerpen/ondermijnende/verhalen-1/zakken-vullen-ten/>
- <https://www.rvo.nl/onderwerpen/agrarisch-ondernemen/mestbeleid/mest/tabellen-en-publicaties/tabellen-en-normen>
- <https://www.boerderij.nl/Home/Nieuws/2017/7/Dierlijke-mest-bron-van-antibiotica-in-grondwater-154527E/>
- <https://www.rivm.nl/publicaties/antibioticaresistente-bacterien-in-afvalwater-en-mest-workshops-over-mogelijke>
- <https://www.clo.nl/indicatoren/nl0565-antibioticagebruik-in-de-veehouderij>
- <https://www.wur.nl/nl/Onderzoek-Resultaten/Onderzoeksprojecten-LNV/Expertisegebieden/kennisonline/Voorkomen-van-verspreiding-van-resistente-bacterien-via-mest-en-milieu.htm>
- <https://www.pigbusiness.nl/artikel/192661-ilvo-brengt-verspreidingsroute-antibiotica-via-mest-in-kaart/>
- <https://www.ilvo.vlaanderen.be/language/nl-NL/NL/Pers-en-media/Alle-media/articleType/ArticleView/articleId/5348/ILVO-zet-eerste-stappen-om-verspreiding-van-antibiotica-en-antibioticaresistentie-via-mest-in-kaart-te-brengen.aspx#.XOVPIY9cLmE>
- <https://www.amr-insights.eu/2018/05/draagt-anaerobe-vergisting-aan-antibioticaresistentie/>
- <https://www.wur.nl/nl/show/Kunstmest-uit-dierlijke-mest-1.htm>
- <https://www.varkensbedrijf.nl/nieuwsartikel/2017/bepaalde-stoffen-uit-mest-mogelijk-economisch-rendabel/b24g8c20o1329/>
- <https://www.handboekbodemenbemesting.nl/nl/handboekbodemenbemesting/Handeling/Bemesting/Type-meststoffen-en-hun-werking-en-efficientie.htm>
- <https://www.rvo.nl/subsidies-regelingen/projecten/mesttraffinage-op-boerderijschaal-mobs>
- <https://www.trouw.nl/home/waterbedrijven-slaan-alarm-mest-bedreigt-drinkwaterwinning~a1446e04/>



- <https://www.trouw.nl/groen/mest-barst-van-de-chemicalien-en-dat-is-slecht-nieuws-voor-weidevogels~a0304d28/>
- <https://www.nrc.nl/nieuws/2018/04/05/grondwater-vaak-veel-nitraat-nikkel-sulfaat-a1598298>

Keywords

mestverwerking, stikstof, fosfaat, grondwater

BIJLAGE I: oorspronkelijk Bijlage II. behorende bij het Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet

Tabel 1. Maximale waarden voor zware metalen in meststoffen per kilogram van het desbetreffende waardegevende bestanddeel

zware metalen	Maximale waarden in mg per kg van het desbetreffende waardegevende bestanddeel				
	fosfaat	stikstof	kali	neutraliserende waarde	organische stof
Cd (Cadmium)	31,3	25	16,7	6,3	0,8
Cr (Chroom)	1875	1500	1000	375	50
Cu (Koper)	1875	1500	1000	375	50
Hg (Kwik)	18,8	15	10	3,8	0,5
Ni (Nikkel)	750	600	400	150	20
Pb (Lood)	2500	2000	1333	500	67
Zn (Zink)	7500	6000	4000	1500	200
As (Arseen)	375	300	200	75	10

Voor de toepassing van deze tabel zijn de maximale waarden van toepassing die behoren bij dat waardegevende bestanddeel waarvan bij het toedienen van een toenemende hoeveelheid van de meststof, de hoeveelheden van 80 kilogram fosfaat, 100 kg stikstof, 150 kilogram kali, 400 kilogram neutraliserende waarde of 3000 kilogram organische stof het éérst wordt bereikt.



Tabel 2. Maximale waarden voor zware metalen in zuiveringsslib per kilogram droge stof (ds)

zware metalen	in mg per kg ds
Cd (Cadmium)	1,25 mg/kg ds
Cr (Chroom)	75 mg/kg ds
Cu (Koper)	75 mg/kg ds
Hg (Kwik)	0,75 mg/kg ds
Ni (Nikkel)	30 mg/kg ds
Pb (Lood)	100 mg/kg ds
Zn (Zink)	300 mg/kg ds
As (Arseen)	15 mg/kg ds

Tabel 3. Maximale waarden voor zware metalen in compost per kilogram droge stof (ds)

zware metalen	in mg per kg ds
----------------------	------------------------



Tabel 2. Maximale waarden voor zware metalen in zuiveringslib per kilogram droge stof (ds)

zware metalen	in mg per kg ds
Cd (Cadmium)	1 mg/kg ds
Cr (Chroom)	50 mg/kg ds
Cu (Koper)	90 mg/kg ds
Hg (Kwik)	0,3 mg/kg ds
Ni (Nikkel)	20 mg/kg ds
Pb (Lood)	100 mg/kg ds
Zn (Zink)	290 mg/kg ds
As (Arseen)	15 mg/kg ds



Tabel 4. Maximale waarden voor organische microverontreinigingen in meststoffen per kilogram van het desbetreffende waardegevende bestanddeel

organische micro- verontreinigingen	maximale waarden in mg per kg van het desbetreffende waardegevende bestanddeel				
	fosfaat	stikstof	kali	neutraliserende waarde	organische stof
Σ PCDD/PCDF	0,019	0,015	0,010	0,0038	0,00051
α-HCH	310	248	165	62	8,3
β-HCH	12	9,6	6,4	2,4	0,32
γ-HCH (lindaan)	1,2	0,96	0,64	0,24	0,032
HCB	31	31,2	20,8	7,8	1,0
Aldrin	7	5,6	3,7	1,4	0,2
Dieldrin	7	5,6	3,7	1,4	0,2
Σ aldrin/dieldrin	7	5,6	3,7	1,4	0,2
Endrin	7	5,6	3,7	1,4	0,2



Tabel 4. Maximale waarden voor organische microverontreinigingen in meststoffen per kilogram van het desbetreffende waardegevende bestanddeel

organische micro- verontreinigingen	maximale waarden in mg per kg van het desbetreffende waardegevende bestanddeel				
	fosfaat	stikstof	kali	neutraliserende waarde	organische stof
Isodrin	7	5,6	3,7	1,4	0,2
S endrin/isodrin	7	5,6	3,7	1,4	0,2
S DDT + DDD + DDE	23	18,4	12,3	4,6	0,6
PCB-28	18,5	14,8	9,9	3,7	0,48
PCB-52	18,5	14,8	9,9	3,7	0,48
PCB-101	75	60	40	15	2
PCB-118	75	60	40	15	2
PCB-138	75	60	40	15	2
PCB-153	75	60	40	15	2



Tabel 4. Maximale waarden voor organische microverontreinigingen in meststoffen per kilogram van het desbetreffende waardegevende bestanddeel

organische micro- verontreinigingen	maximale waarden in mg per kg van het desbetreffende waardegevende bestanddeel				
	fosfaat	stikstof	kali	neutraliserende waarde	organische stof
PCB-180	75	60	40	15	2
Σ 6-PCB (excl. PCB-118)	375	300	200	75	10
Naftaleen	600	480	320	120	16
Fenanthreen	750	600	400	150	20
Antraceen	600	480	320	120	16
Fluoranteen	185	148	98	37	4,9
Benzo(a)antraceen	230	184	123	46	6,1
Chryseen	230	184	123	46	6,1
Benzo(k)fluoranteen	270	216	144	54	7,2



Tabel 4. Maximale waarden voor organische microverontreinigingen in meststoffen per kilogram van het desbetreffende waardegevende bestanddeel

organische microverontreinigingen	maximale waarden in mg per kg van het desbetreffende waardegevende bestanddeel				
	fosfaat	stikstof	kali	neutraliserende waarde	organische stof
Benzo(a)pyreen	290	232	155	58	7,7
Benzo(g,h,i)peryleen	210	168	112	42	5,6
Indeno(1,2,3-c,d)pyreen	235	188	125	47	6,3
Σ 10-PAK	11500	9200	6133	2300	307
Minerale olie	935000	748000	498668	187000	24933

Voor de toepassing van deze tabel zijn de maximale waarden van toepassing die behoren bij dat waardegevende bestanddeel waarvan bij het toedienen van een toenemende hoeveelheid van de meststof, de hoeveelheden van 80 kilogram fosfaat, 100 kg stikstof, 150 kilogram kali, 400 kilogram neutraliserende waarde of 3000 kilogram organische stof het éérst wordt bereikt.