



Landbouwkundige en milieukundige effecten van gebruik van mestproducten uit innovatieve stalsystemen in de melkvee-, varkens- en kalverhouderij

Modelmatige verkenning

Auteurs | Wim van Dijk, Johan Specken & Willem van Geel

WPR-OT-1071



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Landbouwkundige en milieukundige effecten van gebruik van mestproducten uit innovatieve stalsystemen in de melkvee-, varkens- en kalverhouderij

Modelmatige verkenning

Wim van Dijk, Johan Specken & Willem van Geel

1 Wageningen University & Research

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Research (WR) binnen de PPS betere stal, betere mest, betere oogst van de topsector Agri & Food (TKI-AF-LWV20.245).

Dit project ontvangt financiële steun van de Topsector Agri & Food. Binnen de Topsector werken bedrijfsleven, kennisinstellingen en de overheid samen aan innovaties voor lekker, veilig en gezond voedsel voor 9 miljard mensen in een veerkrachtige wereld.

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

Wageningen, februari 2024

Rapport WPR-1071



Van Dijk, W., J. Specken & W.C.A. van Geel, 2024. Landbouwkundige en milieukundige effecten van gebruik van mestproducten uit innovatieve stalsystemen in de melkvee-, varkens- en kalverhouderij. Modelmatige verkenning. Wageningen Research, Rapport WPR-1071, 50 blz.; 12 fig.; 6 tab.; 27 ref.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/648056>

Trefwoorden: dierlijke mest, fecesfracties, urinefracties

© 2023 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Open Teelten, Postbus 430, 8200 AK Lelystad; T 0320 29 11 11; www.wur.nl/openteelten

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-OT 1071

Inhoud

Inhoud	3
Samenvatting	4
1 Inleiding	6
1.1 Aanleiding	6
1.2 Doel en afbakening	6
1.3 Leeswijzer	7
2 Methode	8
2.1 Type en samenstelling producten	8
2.2 Bepaling aanvoer nutriënten	9
2.2.1 Werkzame N	9
2.2.2 Overige nutriënten	11
2.3 Aanvoer effectieve organische stof	11
2.4 Risico N-verliezen	11
2.5 Uitgangspunten toediening	12
2.5.1 Gewasniveau	12
2.5.2 Toediening op bouwplanniveau	12
3 Resultaten	14
3.1 Verhouding nutriënten en EOS	14
3.2 N-werking mestproducten	19
3.3 Toepassing op gewasniveau	21
3.4 Inpassing op bouwplanniveau	25
3.4.1 Melkveehouderij	25
3.4.2 Akkerbouw op noordelijke zandgrond	27
3.4.3 Akkerbouw op de centrale kleigronden	30
4 Discussie en conclusies	32
4.1 Discussie	32
4.2 Conclusies	36
5 Referenties	38
Bijlage 1. Omschrijving mestparameters	40
Bijlage 2. Afzonderlijke uitkomsten berekeningen per meting per mestproduct en per stalsysteem	44
Bijlage 3. N-werking mestproducten	46
Bijlage 4. Nutriëntenaanvoer bij gebruik dunne en dikke mestfracties.	47

Samenvatting

Eén van de maatregelen om de ammoniakemissies op veehouderijbedrijven te verlagen is een scheiding van urine en feces via aangepaste stalsystemen. Deze stalsystemen staan centraal binnen de in 2021 gestarte Publiek Private Samenwerking "Betere Stal, betere Mest en betere Oogst" (BSMO). In dit project wordt de gehele keten van mestproductie, opslag, bewerking en toediening bij gewassen beoordeeld. Een belangrijke vraag hierbij is hoe de nieuwe mestproducten (o.a. urine- en fecesfracties) het beste kunnen worden ingezet bij de teelt van gewassen. Dit rapport geeft de resultaten van een modelmatige verkenning van de landbouwkundige en milieukundige consequenties van gebruik van urine- en fecesfracties. Deze verkenning heeft plaatsgevonden op zowel gewasniveau (grasland, wintertarwe, aardappelen en suikerbieten) als op bedrijfsniveau (voorbeeldakkerbouwbedrijf- en melkveebedrijf).

Voor de berekeningen is gebruik gemaakt van de samenstellingen van de mestproducten (urine- en fecesfracties) zoals die in het BSMO-project zijn gemeten in 2021-2022. De producten waren afkomstig van melkvee-, varkens- en kalverbedrijven.

Landbouwkundig is de werking van de stikstof (N) een belangrijk aspect. Deze is geschat op basis van de beschikbaarheid van de $\text{NH}_3\text{-N}$ en de organische N. Bij de laatste is onderscheid gemaakt tussen de 1^e jaars en de meerjarige werking. Naast de N-werking is tevens gekeken naar de praktische toepasbaarheid en de risico's van ammoniak- en nitraatverliezen.

Bij urinefracties verkregen via aangepaste stalsystemen loopt de geschatte 1^e jaars N-werking bij ondiepe injectie op grasland uiteen van 72% tot 89%. De meerjarige N-werking loopt uiteen van 89% tot 91%. Bij toediening met diepe injectie op bouwland is de geschatte N-werking 2-4% hoger, doordat er minder ammoniakemissie plaatsvindt. In het algemeen is de N-werking van de urinefracties van varkens en kalveren hoger dan die van melkvee. Dat komt vooral door een hoger aandeel organische N in de totale N bij de melkveeproducten.

De geschatte N-werking van de urinefracties is in het algemeen lager dan van kunstmest, maar gelijk of hoger dan de werking die wettelijk moet worden gehanteerd bij dunne fracties (80%).

Met urinefracties worden vooral N en K_2O aangevoerd. Bij de urinefracties van melkvee wordt per eenheid N meer K_2O aangevoerd dan met de urinefracties van varkens. Dit is een aandachtspunt bij toepassing bij gewassen waarbij een te hoge K_2O -aanvoer kan leiden tot een minder opbrengst en kwaliteit (zoals zetmeelaardappelen) of tot problemen met diergezondheid kunnen leiden (melkveebedrijven).

In het algemeen is het N-gehalte van urinefracties van varkens lager dan die van melkvee en kalveren. Dit leidt ertoe dat bij ondiepe toediening op grasland en wintertarwe er giften nodig zijn hoger dan 35-40 m^3 per ha die waarschijnlijker moeilijker emissiearm zijn toe te dienen. Bij de melkvee- en kalverurinefracties lopen de doseringen uiteen tussen 15 en 25 ton per ha. Met name bij de lagere giften kan er behoefte zijn aan apparatuur, waarmee deze giften nauwkeurig kunnen worden verdeeld.

De 1^e jaars N-werking van de fecesfracties varieert bij de melkveemestproducten bij toepassing op bouwland (aardappelen) tussen 12% en 37% en bij de varkensmestproducten tussen 44% en 46%. De meerjarige N-werking ligt voor alle producten tussen 60% en 65%. De 1^e jaars N-werking is vooral bij rundveemestproducten lager dan de wettelijke waarden van 40% en 55% voor, respectievelijk, rundveemest- en varkensmestproducten.

Door de relatief lage $\text{N/P}_2\text{O}_5$ en $\text{K}_2\text{O/P}_2\text{O}_5$ -verhouding wordt bij gebruik van de fecesfracties relatief weinig N en K_2O aangevoerd.

Een aandachtspunt bij gebruik van fecesproducten is het risico van ammoniakemissie, met name op grasland waar het product niet kan worden ingewerkt. Wanneer de feces verpompbaar kan worden gemaakt, bijvoorbeeld via verdunning of vergisten, kan deze emissiearm worden toegediend met een zodebemester en kan de NH_3 -emissie worden beperkt.

Bij de vaste producten is er ook een risico op nitraatuitspoeling, omdat deze producten veel organische N bevatten en de organisch N ook deels buiten het groeiseizoen vrijkomt.

De berekeningen bij het melkveebedrijf laten zien dat bij maximale inzet van urinefractie er minder kunstmest-N en -K₂O nodig is in vergelijking met een drijfmestsituatie. Er moet dan echter wel meer kunstmest-P₂O₅ worden aangekocht. Dit geldt voor een situatie waarin de urinefractie is aangemerkt als dierlijke mest (dus vallend binnen de mest-N-norm van 170 kg N per ha). Indien de urinefractie als kunstmestvervanger zou worden aangemerkt, kan er meer fecesfractie en P₂O₅ op het bedrijf blijven, maar de K₂O-aanvoer stijgt dan wel boven adviesniveau. Wanneer maximaal fecesfractie wordt gebruikt, is er in vergelijking met een drijfmestsituatie geen kunstmest-P₂O₅ meer nodig, maar wel meer kunstmest-N en -K₂O.

Met name wanneer er op het melkveebedrijf veel fecesfractie wordt gebruikt is de NH₃-emissie hoger dan bij volledig gebruik van drijfmest. Dit komt vooral door de oppervlakkige toediening van fecesfractie op grasland. Wanneer deze verpompbaar kan worden gemaakt en kan worden toegediend met een zodebemester zal de ammoniakemissie minder zijn.

De berekeningen op bouwplanniveau bij het akkerbouwbedrijf laten zien dat wanneer de wanneer de drijfmest wordt vervangen door een combinatie van urine- en fecesfracties, het kunstmest-N en K₂O-gebruik kan worden beperkt, met name wanneer de urinefracties als kunstmestvervanger worden aangemerkt. Op het bedrijf met zetmeelaardappelen zijn er wel beperkingen met de inzet van urinefracties vanwege te hoge kaliaanvoer. Dit speelt vooral bij urinefracties van melkvee. Bij akkerbouwbedrijven op zandgrond stijgt de ammoniakemissie wanneer in plaats van drijfmest feces- en urinefracties worden gebruikt. Dit komt doordat bij de toediening van de fecesfractie er meer emissies plaatsvindt dan bij drijfmest en urinefracties (lage emissie bij diepe injectie). Bij akkerbouwbedrijven op kleigrond, waar de dunne mestproducten meestal ondiep worden toegediend, is het omgekeerde het geval. Dit komt, omdat aangenomen is dat bij ondiepe toediening van drijfmest meer emissie plaatsvindt dan bij ondiepe toediening van urinefracties, terwijl de emissie bij de toediening van fecesfracties vergelijkbaar is met die bij ondiepe toediening van drijfmest.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De Nederlandse landbouw staat voor de opgave om emissies van stikstof en broeikasgassen te verminderen. Eén van de beoogde maatregelen hiertoe is aanpassing van stalsystemen in de veehouderij. Een nadeel van veel van de huidige stalsystemen, waarin drijfmest wordt geproduceerd, is dat er relatief hoge emissies optreden van ammoniak en broeikasgassen. Met andere stalsystemen met scheiding aan de bron (van urine en feces) en dagelijkse afvoer van mest kunnen de emissies van ammoniak en het broeikasgas methaan naar verwachting sterk worden teruggebracht (Van Gollenbeek et al., 2021a/b, Van Gollenbeek et al., 2022). Deze stalsystemen zijn in de praktijk nog weinig geïmplementeerd en staan centraal binnen de in 2021 gestarte Publiek Private Samenwerking (PPS) "Betere Stal, betere Mest en betere Oogst" (BSMO). In het project wordt de gehele keten van mestproductie, opslag, bewerking en toediening bij gewassen beoordeeld.

In het werkpakket Veld (WP3) van deze PPS staat het gebruik van de mestproducten voor de teelt van gewassen centraal. Hierbij kijken we naar zowel de landbouwkundige waarde als de milieukundige effecten bij gebruik van de mestproducten die ontstaan bij deze nieuwe stalsystemen. Vooruitlopend op veldonderzoek is in 2022-2023 is een modelmatige verkenning uitgevoerd naar de toediening van mestproducten op zowel gewas- als bouwplanniveau. Dit is gedaan op basis van eerste metingen van de samenstelling van mestproducten die in 2021-2022 binnen het project zijn uitgevoerd. Wat betreft de landbouwkundige waarde is naast de bemestende waarde van mestproducten tevens gekeken naar de organische stofaanvoer en praktische aspecten als (emissiearme) toedieningsmogelijkheden. In dit verslag worden de resultaten van de modelmatige verkenning beschreven.

1.2 Doel en afbakening

Doelstelling

Het doel van de studie is het op een modelmatige manier in beeld brengen van de landbouwkundige waarde en milieukundige effecten van gebruik van nieuwe mestproducten bij de teelt van gewassen. Bij de landbouwkundige waarde gaat het naast de bemestende waarde tevens om de organische stofaanvoer en praktische aspecten als toedieningsmogelijkheden (vereiste dosering, beschikbare apparatuur).

Afbakening

Bij de afbakening van de studie is het volgende in acht genomen:

- Bij het gebruik in gewassen is gekeken naar toediening op grasland, wintertarwe, aardappelen en suikerbieten. Bij de beoordeling op bouwplanniveau is uitgegaan van toediening in een aantal representatieve bouwplannen/bedrijfssituaties voor de akkerbouw en melkveehouderij.
- Bij de bemestende waarde ligt de nadruk op de aanvoer van stikstof (N), fosfaat (P_2O_5) en kali (K_2O). Als er ook informatie bekend is over andere nutriënten (o.a. zwavel, magnesium, calcium en micronutriënten), dan zullen die ook worden meegenomen in de evaluatie.
- Bij de milieueffecten is gekeken naar de risico's van ammoniakemissie en ontijdige stikstofmineralisatie. Bij het laatste gaat het om N-mineralisatie buiten de periode waarin actieve opname van stikstof plaatsvindt en die mede bepalend is voor het risico van nitraatuitspoeling.
- Bij de beoordeling van de toepasbaarheid is gekeken naar vereiste doseringen en beschikbaarheid van toedieningsapparatuur.

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 zijn de uitgangspunten van de berekeningen beschreven. Vervolgens zijn in hoofdstuk 3 de resultaten, op zowel gewas- als bedrijfsniveau, weergegeven. Het rapport wordt afgesloten met een discussie van de resultaten en de belangrijkste conclusies.

2 Methode

Op basis van de samenstelling en eigenschappen van de producten wordt de aanvoer van werkzame N, P₂O₅, K₂O en effectieve organische stof (EOS) berekend op zowel gewas- als bouwplanniveau gegeven de gewenste dosering (op basis van gewenste aanvoer van N of P₂O₅) en wettelijke gebruiksnormen. Naast de aanvoer van nutriënten en organische stof is ook gekeken naar toedieningsaspecten (o.a. noodzakelijk doseringen en beschikbare apparatuur). Hieronder wordt de aanpak beschreven.

2.1 Type en samenstelling producten

In Tabel 1 is een overzicht weergegeven van de verschillende mestproducten, afkomstig van zowel rundvee (melkvee en kalveren) als varkens, die zijn meegenomen. De samenstelling is afkomstig uit Van Boxmeer et al. (2023). Hierin zijn de resultaten beschreven van de binnen het project uitgevoerde metingen van de samenstelling van diverse mestproducten. Een deel van de mestproducten is afkomstig van stalsystemen, waarbij de urine en feces via de vloer worden gescheiden. Daarnaast is ook de urine uit het Koe Toilet en de vaste mest uit de vrijlevenstal (melkvee, houtsnippermest) en de wroetstal (varkens, stromest) meegenomen. Naast producten die ontstaan in aangepaste stalsystemen zijn ook producten uit een Jumpstart-installatie betrokken in de studie. Hierin is niet het stalsysteem aangepast, maar wordt de drijfmest direct vergist (na dagverse ontmesting) en vervolgens gescheiden in een dikke en dunne fractie, waarbij de dunne fractie nog door een ammoniakstripper gaat.

In dit rapport presenteren we de gemiddelde uitkomsten per stalsysteem per diersoort zoals weergegeven in Tabel 1. Dit gemiddelde is gebaseerd op meerdere metingen van de samenstelling (meerdere tijdstippen en meerdere locaties). In Bijlage 2 zijn de uitkomsten per afzonderlijke meting weergegeven. Bij berekende kengetallen voor een bepaald mestproduct/stalsysteem zijn deze altijd eerst per afzonderlijke meting uitgerekend en vervolgens gemiddeld.

Tabel 1. *Overzicht van stalsystemen en mestproducten.*

Diersoort	Stalsysteem	Mestproducten
Melkvee	Tegelvloer	Urine- en fecesfractie
	Lelysphere	Urine- en fecesfractie, spuiwater
	Betonsleuenvloer	Urine- en fecesfractie
	Koe Toilet	Urine, drijfmest
	Jumpstart	Gestripte dunne fractie, ammoniumsulfaat, dikke fractie
	Vrijloopstal	Houtsnippermest
Varkens	Mestband	Urine- en fecesfractie
	Mesttegels	Urine- en fecesfractie
	Wroetstal	Stromest
Kalveren	Mestband	Urine- en fecesfractie
	Mestschuif	Urine- en fecesfractie

Referentiemeststoffen

In de studie worden de nieuwe mestproducten vergeleken met bestaande bemestingsproducten zoals drijfmest en kunstmest (referenties). Dat betreft:

- Kalkammonsalpeter (vaste stikstofkunstmest)
- Rundveedrijfmest
- Varkendrijfmest
- GFT-compost

De gehanteerde gehalten van de organische meststoffen (referenties) zijn afkomstig van het Handboek Bodem en Bemesting (www.handboekbodemenbemesting.nl).

Er is binnen het project een inventarisatie gemaakt van parameters die zowel landbouwkundig als milieukundig van belang zijn bij de beoordeling van mestproducten (zie Bijlage 1). In deze studie is de nadruk gelegd op N, P₂O₅ en K₂O en EOS. In een aantal gevallen is ook aanvullende informatie meegenomen, zoals het zwavelgehalte bij de bemesting van gras en graan. Een aantal parameters is essentieel om de N-werking van de verschillende mestproducten te bepalen. Voor stikstof is dat de minerale N (Nm = NH₄-N) en de organische N (Norg) in de mest. P₂O₅ is essentieel bij de berekeningen, omdat het gebruik ervan op bedrijfsniveau is gelimiteerd op basis van gebruiksnormen. Daarnaast is K₂O van belang, omdat telers de gewasbehoefte zo veel mogelijk proberen in te vullen met K₂O uit dierlijke mest.

2.2 Bepaling aanvoer nutriënten

In deze paragraaf wordt beschreven hoe de aanvoer van nutriënten met mestproducten is berekend. Voor N is daarbij onderscheid gemaakt tussen de totale aanvoer en de hoeveelheid werkzame N.

2.2.1 Werkzame N

Voor N is naast de totale aanvoer tevens de hoeveelheid werkzame N berekend. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen wettelijk werkzame N (conform de wettelijke werkingscoëfficiënt) en de landbouwkundig werkzame N. Bij de laatste is onderscheid gemaakt tussen de 1^e jaars werking en de meerjarige werking (inclusief de nawerking na het eerste jaar).

Wettelijke werking

De hoeveelheid wettelijke werkzame N is berekend door de totale N-aanvoer met een mestproduct te vermenigvuldigen met de wettelijke werkingscoëfficiënt (Tabel 2). Een deel van de mestproducten (o.a. urinefracties) kan worden gezien als kunstmestvervanger. Bij aanmerking al kunstmestvervanger geldt een wettelijke N-werkingscoëfficiënt van 100%, bij aanmerking als dierlijke mest geldt een wettelijke N-werkingscoëfficiënt van 80% (uitgaande van de waarde voor dunne fracties).

Landbouwkundige werking

Op basis van de samenstelling van de verschillende mestproducten is de N-werking berekend en het risico op N-verliezen naar de lucht (ammoniak) en het grond- en oppervlaktewater (nitraat). De berekende N-werking is opgesplitst in een 1^e jaars werking en een meerjarige werking. De meerjarige werking wordt bepaald door de afbraaksnelheid van de organisch gebonden N.

Tabel 2. Gehanteerde wettelijke N-werkingscoëfficiënten (% van de totale N) voor de verschillende mestproducten (www.rvo.nl).

Product	Wettelijk werkingscoëfficiënt (% van N-totaal)
Spuiloog	100
Urineproducten	80/100 ¹
Fecesproducten, rundvee	40
Fecesproducten, varkens	55
Drijfmest rundvee	45/60 ²
Drijfmest varkens	60/80 ³

1 aanmerking als mest-N/kunstmestvervanger-N

2 beweiding/geen beweiding en aangevoerde mest

3 toediening op kleigrond/zand- en lössgrond

Landbouwkundige werking

1^e jaars N-werking

De hoeveelheid werkzame stikstof in de mestproducten, is berekend als:

$$WCm * Nm + WCorg * Norg.$$

Hierin zijn:

- Nm: de hoeveelheid minerale N in de mest (NH₄-N).
- Norg: de hoeveelheid organisch gebonden N in de mest.
- WCm: de werkingscoëfficiënt van de minerale N-fractie. Deze hangt af van de hoeveelheid ammoniak die tijdens en na toediening uit de mest vervluchtigt. Hoe hoger het vervluchtigingsverlies, hoe lager WCm is. Voor het ammoniakvervluchtigingsverlies, dat afhankelijk is van de toedieningsmethode, zijn kengetallen overgenomen uit Van Dijk et al. (2020) en Van Bruggen et al. (2023). Bij urineproducten is er bij toediening op grasland en wintertarwe uitgegaan van een emissiefactor die de helft is van die bij toediening van drijfmest en dunne fracties. Dit is een aanname die verder getoetst zal moeten worden.
- WCorg: de werkingscoëfficiënt van de fractie organisch gebonden N in de mest. Deze is afhankelijk van de mestsoort, het toedieningstijdstip en de stikstofopnameperiode van het gewas. Het betreft het deel van de organisch gebonden N dat mineraliseert na toediening van de mest en dat beschikbaar is of blijft voor het gewas dat erna wordt geteeld. De mineralisatie is berekend met het mineralisatiemodel Minip (Janssen, 1984; Janssen, 1996) op basis van de humificatiecoëfficiënt (HC) van de betreffende mestsoort en de C/N-verhouding van de organische stof (OS) in de mest.

De HC is een maatstaf voor de stabiliteit c.q. afbreekbaarheid van de OS. Er is vooralsnog uitgegaan van de kengetallen voor de HC van verschillende mestsoorten die zijn vermeld in het handboek bodem en bemesting (www.handboekbodemenbemesting.nl)². Er moet echter rekening mee worden gehouden dat deze HC-kengetallen in de toekomst worden herzien en de mineralisatieberekeningen dan opnieuw moeten worden uitgevoerd. Uit een deskstudie van Hanegraaf et al. (2021) bleek dat een actualisatie van de HC-kengetallen gewenst is. Verder onderzoek hiernaar loopt nog. Verder is de HC van de OS in nieuwe mestproducten niet bekend. In geval van mestscheidingsproducten is dezelfde HC aangenomen als voor de ongescheiden mest, maar of dit juist is, is nog een onderzoeksvraag. Het is denkbaar dat na mestscheiding de samenstelling en stabiliteit van de OS in de dunne fractie verschilt van die in de dikke fractie. Voor stalmest van rundvee met houtsnippers/divers is op basis van gegevens van De Boer et al. (2020) een wat hogere HC aangenomen (0,90) dan voor rundveemest (0,70).

Naast de afbraaksnelheid van de OS heeft de C/N-verhouding invloed op de mineralisatiesnelheid. De C/N-verhouding van de organische stof in mestproducten is berekend door uit te gaan van 50% koolstof (C) in de OS van dierlijke mest en dit te delen door Norg. In een aantal producten is weliswaar C-totaal gemeten, maar het is niet bekend welk deel daarvan anorganische C is (C in carbonaten).

Voor de onderlinge vergelijking van de meststoffen is de N-werking berekend voor de volgende situaties:

- toediening van vloeibare producten op grasland op 15 maart en een N-opnameperiode tot 1 november;
- toediening van vloeibare en vaste producten op bouwland op 1 april en een N-opnameperiode tot, respectievelijk, 1 juli (o.a. voor wintertarwe en zomergerst), 1 augustus (o.a. voor consumptieaardappel en snijmais) en 1 september (o.a. voor suikerbiet).

Meerjarige N-werking

Het deel van de Norg dat niet vrijkomt in het eerste groeiseizoen, komt in de jaren erna geleidelijk vrij. Voor de berekening van deze meerjarige N-werking zijn de uitgangspunten genomen die in het WOG-model worden gehanteerd (Schröder et al., 2004). Met dit model wordt het N-bodemoverschot

¹ <https://www.handboekbodemenbemesting.nl/nl/handboekbodemenbemesting/Handeling/Organische-stofbeheer/Organische-stofbalans/Aanvoerbronnen-effectieve-organische-stof.htm>

² <https://www.handboekbodemenbemesting.nl/nl/handboekbodemenbemesting/Handeling/Organische-stofbeheer/Organische-stofbalans/Aanvoerbronnen-effectieve-organische-stof.htm>

berekend, uitgaande van een lange-termijn evenwichtssituatie. Het WOG-model gaat ervan uit dat alle organische gebonden N die aan de bodem wordt toegevoegd, op lange termijn ook weer vrijkomt. In het WOG-model is aangenomen dat van de mineralisatie uit organische meststoffen gemiddeld 60% plaatsvindt gedurende een voor groeiende gewassen relevante periode op bouwland (Schröder et al., 2013). De N-opname van grasland gaat langer door dan van akkerbouwgewassen: tot in oktober of in geval van een zachte herfst en winter nog langer. Bij lage temperaturen stopt de gewasgroei en N opname, maar door de lage temperatuur in de winter is ook de N-mineralisatie laag en zal er niet veel minerale N meer ophopen in de bodem. Volgens Schröder & Van Dijk (2019) bedraagt de meerjarige N-werking van toegediende organische N 90% op grasland zonder vochtgebrek en 75% op grasland met vochtgebrek in de nazomer. Voor de berekening in deze studie is uitgegaan van het gemiddelde van deze twee: 82,5%.

2.2.2 Overige nutriënten

Zoals eerder aangegeven is naast N-aanvoer tevens de P_2O_5 - en K_2O -aanvoer meegenomen in de evaluatie. De toediening van overige nutriënten (zwavel, calcium, magnesium en micro nutriënten) is meegenomen in de berekeningen indien deze gehalten bekend waren. De toediening is berekend door de dosering te vermenigvuldigen met het gehalte in de mest.

2.3 Aanvoer effectieve organische stof

Een belangrijk aspect van dierlijke mest is dat het een bron is van OS die belangrijk is voor een goede bodemkwaliteit. Op basis van OS-gehalte en de HC is de aanvoer van EOS berekend. Voor de HC zijn dezelfde waarden gehanteerd zoals beschreven voor de berekening van de werking van de organische stikstof (zie paragraaf 2.2.1).

2.4 Risico N-verliezen

Ammoniakemissie

Het ammoniakvervluchtigingsverlies is berekend zoals hierboven is omschreven bij de berekening van de werkingscoëfficiënt van de minerale N-fractie (zie paragraaf 2.2.1).

Nitraatuitspoeling

Het risico op nitraatuitspoeling bij toepassing van organische mest wordt vooral bepaald door mineralisatie van N uit de OS van de mest in een periode dat er geen gewasopname is van N (ontijdige mineralisatie). Voor veel gewassen op bouwland is dit de herfst- en winterperiode. Consumptieaardappel en maïs bijvoorbeeld nemen na begin augustus geen of slechts beperkt N meer op, terwijl ze pas in het najaar worden geoogst. In de tussentijd gaat de N-mineralisatie door. Ook na de oogst mineraliseert er N door de nog vrij hoge bodemtemperatuur in het najaar. Als deze N niet wordt opgenomen (door bijvoorbeeld een volgteelt of N-vanggewas), kan deze uitspoelen of denitrificeren. Hoeveel er uitspoelt of denitrificeert hangt af van de hoeveelheid neerslag, de grondsoort en de grondwaterstand. Wel kan worden gezegd dat naarmate de Nmin-voorraad in de bodem hoger is vóór de winter, er potentieel meer N kan uitspoelen.

Om het risico van nitraatuitspoeling te schatten, is als eerste uitgegaan van de benadering volgens het WOG-model (Schröder et al., 2004), dat ervan uitgaat dat alle organische gebonden N die aan de bodem wordt toegevoegd, op lange termijn ook weer vrijkomt. Als 60% vrijkomt gedurende een voor groeiende gewassen relevante periode op bouwland, komt dus 40% vrij buiten die periode. In geval van grasland zou dat dat 17,5% zijn (gemiddeld voor de situatie zonder vochtgebrek en met vochtgebrek in de nazomer).

De lange-termijn evenwichtssituatie geldt voor honderden jaren of mogelijk nog langer. Dit is bij de berekeningen aangeduid als $t = \infty$. Wanneer de ontijdige mineralisatie over een kortere periode wordt berekend, zijn de verschillen tussen de meststoffen anders, afhankelijk van de afbraaksnelheid van de OS van de mest. In geval van stabiele OS van bijvoorbeeld compost, is na 50 jaar nog lang niet alle OS afgebroken en Norg vrijgekomen (Van Geel et al., 2019). De lange-termijn evenwichtssituatie is

ook niet van toepassing als er sprake is van organische stofopbouw in de bodem. Als de hoeveelheid bodem-OS toeneemt, wordt hierin stikstof vastgelegd (bodemorganische-stof bevat circa 5% stikstof).

2.5 Uitgangspunten toediening

De toepassing van de mestproducten is beoordeeld op zowel gewasniveau als bouwplanniveau. De hierbij gehanteerde uitgangspunten rond dosering en toedieningstechniek zijn hieronder beschreven.

2.5.1 Gewasniveau

In de modelmatige berekeningen is uitgegaan van toediening van de mestproducten bij gewassen met een relatief groot areaal in Nederland. Dit betreft grasland en de bouwlandgewassen wintertarwe, aardappelen, mais en suikerbieten. De bouwlandgewassen verschillen in de lengte van de N-opnameperiode na toediening van het mestproduct: relatief kort voor wintertarwe, gemiddeld voor aardappelen/mais en lang voor suikerbieten. Deze gewassen zijn ook representatief voor gewassen met een vergelijkbare N-opnameperiode.

Bij toediening is uitgegaan van een emissiearme toediening waarbij de volgende methodes zijn gehanteerd:

- Vloeibare producten
 - Ondiepe injectie bij gras en wintertarwe met een zodebemester
 - Diepe injectie bij toediening voorafgaand aan aardappel en suikerbiet
- Vaste producten
 - Direct inwerken na oppervlakkige toediening met een meststrooier

De toediening van dunne producten is bekeken bij zowel gras als bouwlandgewassen. De vaste producten zijn alleen toegepast op bouwlandgewassen.

Wat betreft dosering zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Bij grasland is uitgegaan van een dosering van 70 kg werkzame N per ha in de eerste snede. Deze gift komt overeen met een aanvullende kunstmestgift op de rundveedrijfmest.
- Bij wintertarwe is uitgegaan van een dosering van 90 kg N per ha toegepast op het moment van de tweede bemesting in april.
- Bij aardappelen en suikerbieten is bij de dosering onderscheid gemaakt tussen de urineproducten en de vaste producten:
 - Bij de urineproducten is uitgegaan van een dosering van respectievelijk 150 en 120 kg werkzame N per ha.
 - Bij de vaste producten is uitgegaan van een dosering van 70 kg P₂O₅ per ha.

2.5.2 Toediening op bouwplanniveau

Naast toediening in afzonderlijke gewassen is ook gekeken naar toepassing in een bouwplan. Hierbij zijn de volgende bouwplannen beschouwd die representatief zijn voor een aantal regio's in Nederland:

- Melkveehouderij:
 - 80% grasland en 20% snijmais (zandgrond)
- Akkerbouw
 - Noordoost Nederland: 50% zetmeelaardappel, 17% suikerbiet, 33 % zomergraan gevolgd door een groenbemester
 - Centrale zeeklei: 25% consumptie aardappel, 20% suikerbiet, 33 % wintertarwe met groenbemester, 12,5% zaaiui, 6,5% winterpeen en 6% witlof

Het voorbeeldmelkveebedrijf is ook gebruikt in Van Dijk & Galama (2019) en de akkerbouwvoorbeelden zijn afkomstig uit Van Dijk et al. (2012).

In de praktijk zullen op bedrijfsniveau vaak meerdere producten naast elkaar worden gebruikt, zowel drijfmest als gescheiden producten. Dat levert heel veel mogelijke combinaties op. Om dit te beperken

is er voor gekozen een referentie met volledig drijfmest te vergelijken met situaties met alleen gebruik van gescheiden producten.

Voor de melkveehouderij zijn de volgende varianten bekeken:

- Gebruik van rundveedrijfmest
- Gebruik van urinefractie melkvee + fecesfractie melkvee
 - Maximaal urinefractie
 - Maximaal urinefractie + RENURE-status
 - Maximaal fecesfractie

De eerste twee varianten zijn erop gericht zo veel mogelijk N (en K_2O) op het bedrijf te houden, terwijl de laatste variant de fosfaatruimte volledig wordt benut via dierlijke mestproducten. De RENURE-variant houdt in dat de N in de urinefractie niet meer als dierlijke mest-N wordt aangemerkt en bovenop de norm voor dierlijke mest van 170 kg N per ha mag worden toegediend.

In de bouwplannen voor de akkerbouw zijn de volgende varianten bekeken:

- Gebruik van drijfmest (varkendrijfmest of rundveedrijfmest)
- Urinefractie varkens + fecesfractie varkens
- Urinefractie varkens + fecesfractie melkvee

Bij gebruik van urine- en fecesproducten op akkerbouwbedrijven is er in eerste instantie van uitgegaan dat minimaal 75% van de fosfaatruimte op het bedrijf wordt gebruikt voor de fecesfractie, maar afhankelijk van de samenstelling kan soms aandeel feces-fosfaat wat hoger zijn. Bij het passend maken van de bemesting is daarnaast rekening gehouden met de wettelijke gebruiksnormen en de NPK-gewasbehoefte.

Bij de gebruiksnormen is met het volgende rekening gehouden:

- Er is uitgegaan van een fosfaattoestand neutraal (fosfaatgebruiksruimte 70 kg P_2O_5 /ha) op het akkerbouwbedrijf en van fosfaattoestand ruim voldoende op het melkveebedrijf.
- Voor dierlijke mestproducten is uitgegaan van een maximale norm van 170 kg/ha. Op melkveebedrijven is er de komende jaren nog sprake van een derogatie, maar deze komt in 2026 te vervallen. Daarom wordt ook op het melkveebedrijf uitgegaan van 170 kg N per ha.
- Bij het berekenen van de stikstofgift zijn de wettelijke N-gebruiksnormen per gewas gehanteerd, De hoeveelheid werkzame stikstof uit de dierlijke mestproducten is berekend aan de hand van de wettelijke werkingscoëfficiënten, zoals vermeld in Tabel 2.

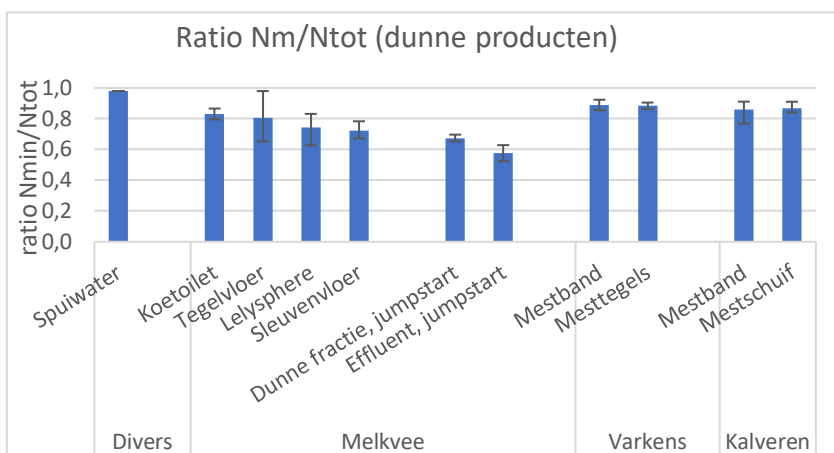
3 Resultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten besproken. Eerst wordt ingegaan op de verhoudingen tussen nutriënten en organische stof (paragraaf 3.1). Vervolgens wordt ingegaan op de N-werking bij toediening bij verschillende gewassen (paragraaf 3.2) en de nutriëntenaanvoer bij een bepaalde N- of P₂O₅-doserings (paragraaf 3.3). Tenslotte worden een aantal voorbeelden gegeven van de effecten op bedrijfsniveau (paragraaf 3.4).

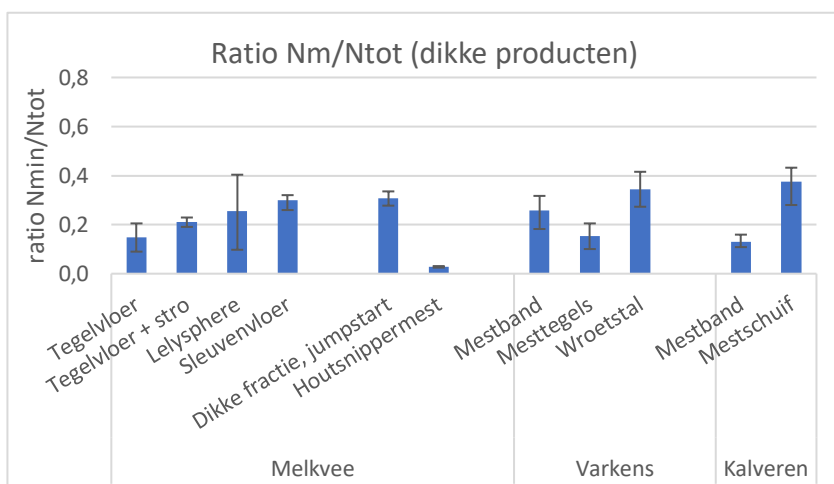
3.1 Verhouding nutriënten en EOS

Nm/Ntotaal-ratio

Een belangrijke indicator voor de N-werking van mestproducten is de ratio N-mineraal / N totaal. Naarmate deze dichterbij 1 ligt zal de 1^e jaars N-werking hoger zijn. In Figuur 1 is deze ratio voor de verschillende dunne producten weergegeven en in Figuur 2 is dat gedaan voor de dikke producten.



Figuur 1. Verhouding tussen minerale N (Nm) en totaal-N (Ntot) van de **dunne** mestproducten; de errorbars in de grafieken geven de minimum en maximum waardes per productgroep aan.



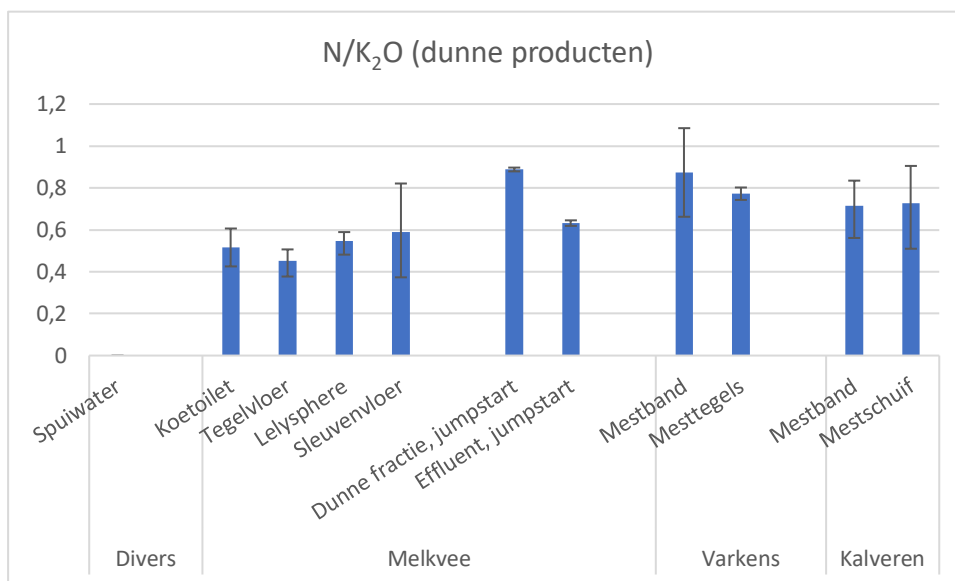
Figuur 2. Verhouding tussen minerale N (Nm) en totaal-N (Ntot) van de **dikke** mestproducten; de errorbars in de grafieken geven de minimum en maximum waardes per productgroep aan.

Spuiwater is een product afkomstig uit luchtwassers en is een volledig minerale N-meststof. Afhankelijk van het gebruikte zuur in de luchtwassers bestaat de minerale N volledig uit ammonium-N (zwavelzuur) of uit ammonium- en nitraat-N (salpeterzuur). Meestal wordt zwavelzuur gebruikt. Gemiddeld ligt de N_{min}/N_{totaal} -ratio van dunne producten afkomstig van stalsystemen bij varkens en kalveren en van het Koetoilet en de tegelvloersystemen bij melkvee tussen 0,8 en 0,9. Bij de urinefracties van de Lelysfeer en de sleuenvloer ligt de N_{min}/N_{totaal} -ratio gemiddelde tussen 0,7 en 0,8. De grens van minimaal 0,9 N_{min} is één van de criteria voor mestproducten om aangemerkt te worden als kunstmestvervanger (RENURE criterium). Hieraan lijken de producten gemiddeld genomen niet aan te voldoen. Ze voldoen in veel gevallen wel aan het criterium van een maximale C_{totaal}/N_{totaal} -verhouding van 3 (Van Boxmeer et al., 2023), waardoor ze op basis van dat criterium wel in aanmerking kunnen komen voor de RENURE-status. De dunne fracties van Jumpstart en het gestripte effluent van Jumpstart hebben gemiddeld een lagere N_{min}/N_{totaal} -ratio van respectievelijk 0,67 en 0,57.

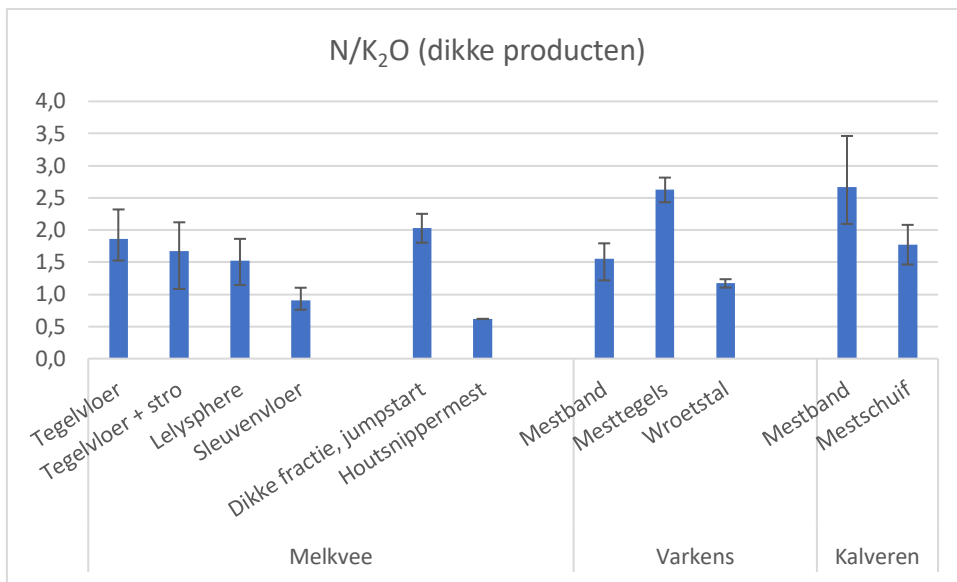
De dikke producten (Figuur 2) hebben in tegenstelling tot de dunne producten een lagere N_{min}/N_{totaal} -ratio uiteenlopend van 0,15 bij houtsnippermest van melkvee tot 0,38 bij de dikke fractie van kalvermest. Het minerale deel van deze vaste fracties is aanwezig in ammoniumvorm. Wanneer deze dikke fracties oppervlakkig toegediend worden, is direct inwerken nodig omdat de ammonium anders (deels) zal vervluchtigen.

N/K₂O

De dunne producten bevatten relatief veel (minerale) N en K₂O (Figuur 3). De verhouding tussen N en K₂O is van belang in relatie tot de gewasbehoefte. Bij de dunne producten loopt deze ratio uiteen van 0,5 bij het tegelvloersysteem bij melkvee naar 0,9 bij gestripte effluent van het Jumpstart-systeem. Een aantal producten bevat dermate veel K₂O dat er risico is op een te hoge aanvoer, indien op basis van N-behoefte wordt bemest. Een te hoge kali-aanvoer kan negatieve effecten hebben op opbrengst en kwaliteit van gewassen en ook in de diergezondheid is een hoge K₂O-aanvoer een aandachtspunt. Bij de dikke producten loopt de N/K_2O ratio uiteen van 0,6 bij de houtsnippermest naar 2,7 bij het mestbandsysteem bij kalveren (Figuur 4).



Figuur 3. N/K_2O -ratio's van de **dunne** producten; de errorbars in de grafieken geven de minimum en maximum waarden per productgroep aan.



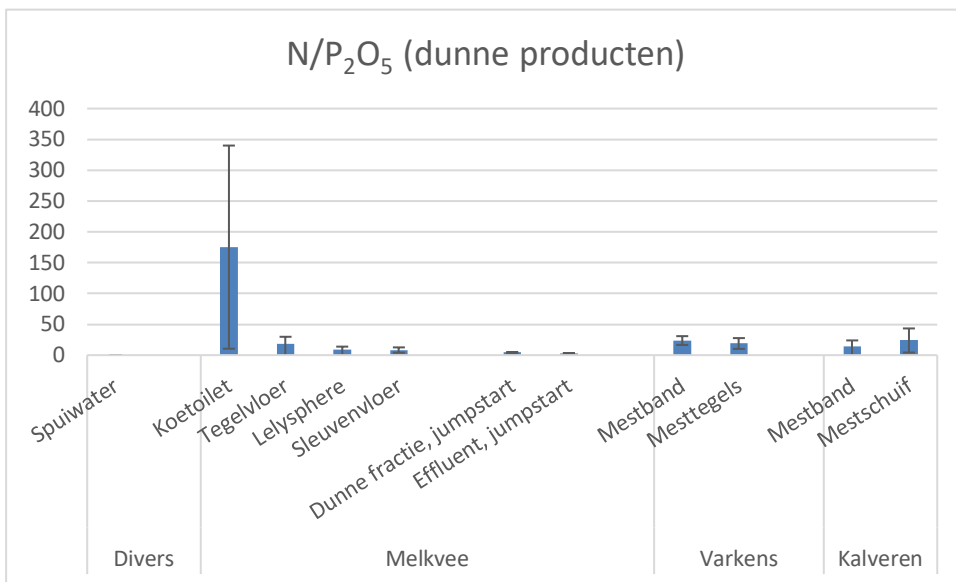
Figuur 4. *N/K₂O-ratio's van de dikke producten; de errorbars in de grafieken geven de minimum en maximum waardes per productgroep aan.*

N/P₂O₅-ratio

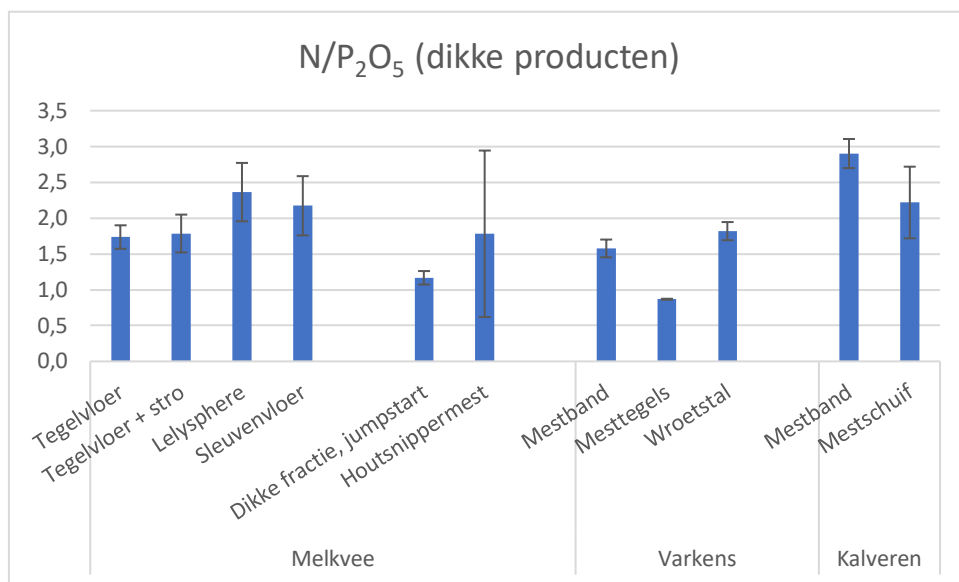
Het gebruik van P₂O₅ is wettelijk gelimiteerd door middel van gebruiksnormen. De verhouding tussen N en P₂O₅ geeft informatie over de aanvoer van P₂O₅ met de producten wanneer op N wordt gedoseerd. Uit Figuur 5 blijkt dat de dunne producten in het algemeen P₂O₅-armer zijn dan de dikke fracties, omdat de P₂O₅ vooral in organisch gebonden vorm voorkomt en daardoor vooral terecht komt in de dikke producten. Bij de dunne producten valt de zeer hoge N/P₂O₅-ratio van de urine uit het koetilet op. Dit komt omdat er bij de excretie vrijwel geen P₂O₅ terecht komt in de urine. De variatie is echter ook hoog, mogelijk dat verontreiniging bij de verzameling van de urine hierbij een rol speelt. De overige producten bevatten duidelijk meer P₂O₅ in verhouding tot N. Bij urinefracties afkomstig van vloersystemen loopt de N/P₂O₅ ratio uiteen van 7,2 bij de sleuenvloer tot 18,1 bij de tegelvoer. De N/P₂O₅-ratio van de dunne fractie van Jumpstart en het effluent ervan is lager dan die van urinefracties uit aangepaste vloersystemen, respectievelijk, 3,2 en 4,4.

Bij de dunne producten uit stalsystemen van varkens loopt de N/P₂O₅ ratio uiteen van 18,9 bij de tegelvoer tot 23,7 bij het mestbandsysteem. Bij kalveren varieert de N/P₂O₅ ratio's van 14,4 (mestbandsysteem) tot 24,1 (mestschuifstelsysteem). In het algemeen liggen de N/P₂O₅-ratio's van de urinefracties bij varkens en kalveren wat hoger dan die bij melkvee.

Bij de dikke fracties liggen de N/P₂O₅ ratio's lager dan bij de dunne producten aangezien ze meer P₂O₅ bevatten (Figuur 6). De gemiddelde waardes liggen tussen 0,9 bij het mesttegelsysteem bij varkens en 2,9 bij het mestband systeem bij kalveren.



Figuur 5. N/P₂O₅ ratio's van de **dunne** producten; de errorbars in de grafieken geven de minimum en maximum waardes per productgroep aan.

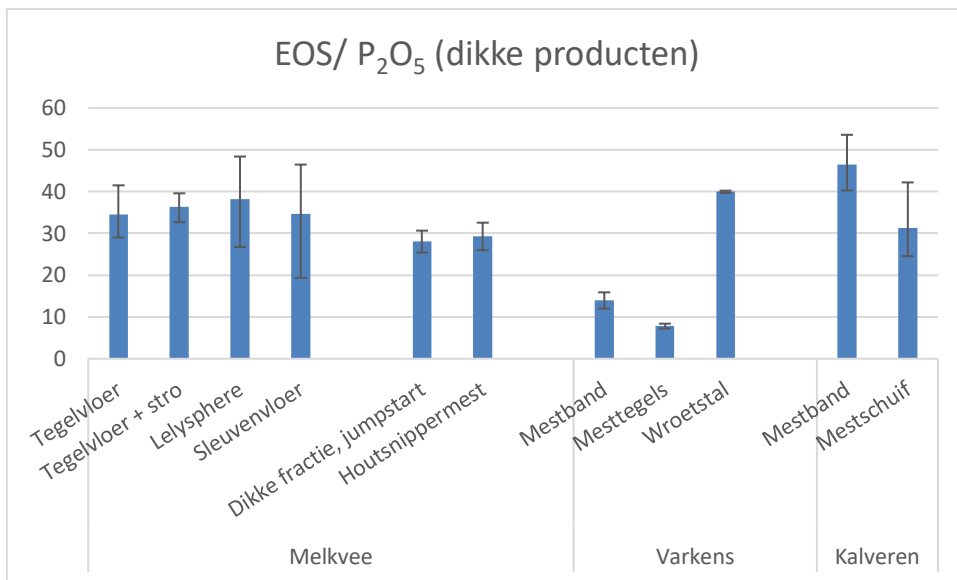


Figuur 6. N/P₂O₅ ratio's van de **dikke** producten; de errorbars in de grafieken geven de minimum en maximum waardes per productgroep aan.

EOS/P₂O₅-ratio

De aanvoer van effectieve organische stof is een belangrijk criteria voor de bodemvruchtbaarheid op lange termijn. Effectieve organische stof is gedefinieerd als dat deel van de organische stof dat na twee jaar nog aanwezig is. De aanvoer van EOS per kilogram fosfaat is weergegeven in Figuur 7. Een hogere EOS/P₂O₅ waarde betekent dat met een product meer EOS per kg P₂O₅ wordt aangevoerd.

De laagste EOS/P₂O₅-ratio werden gevonden in de fecesfracties van varkenstallen met aangepaste vloersystemen (8-14; mestband en tegelsysteem). Bij de dikke producten uit de melkvee- en kalverstallen en ook de vaste mest uit de wroetstal van varkens was de EOS/P₂O₅-ratio hoger, variërend tussen 30 en 40. De dikke fractie van Jumpstart en de houtsnippermest liggen daar iets onder.



Figuur 7. EOS/P₂O₅ van de **dikke** producten; de errorbars in de grafieken geven de minimum en maximum waarden per productgroep aan.

3.2 N-werking mestproducten

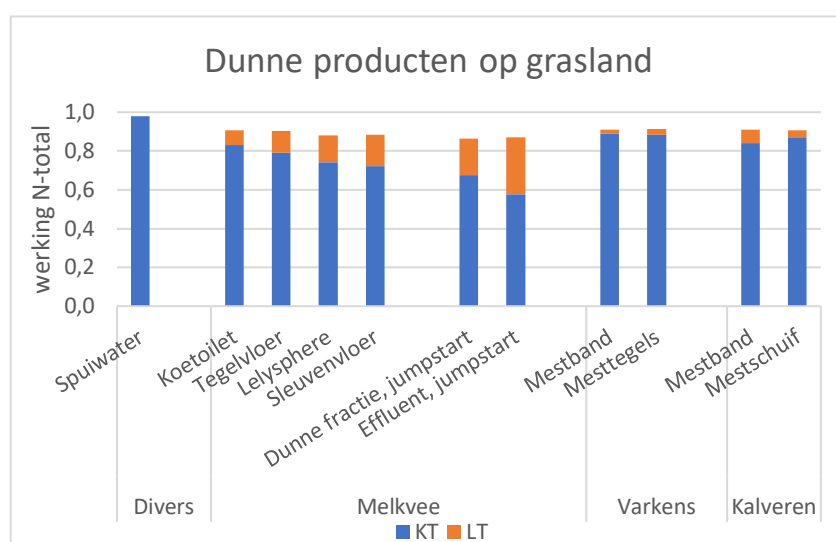
Voor een gebruiker van mestproducten is de N-werking een belangrijk aspect. Bepalend voor de N-werking zijn de verhouding tussen minerale en organische N, de ammoniakverliezen bij de toediening (bepaald door de toedieningstechniek) en de lengte van het groeiseizoen van een gewas (bepaald de mate waarin gemineraliseerde organische N kan worden benut). In deze studie zijn berekeningen uitgevoerd voor toediening op gras, wintertarwe, aardappel en suikerbiet. In dit hoofdstuk worden de resultaten gepresenteerd voor toediening van dunne producten op grasland en van toediening van dikke producten op bouwland (aardappel). De resultaten voor de overige situaties zijn weergegeven in Bijlage 3. De toediening van dunne producten op grasland is vergelijkbaar met de toediening ervan in wintertarwe en dat geldt ook voor toediening van dikke producten in aardappelen en suikerbieten.

Dunne producten

In Figuur 8 is de N-werking bij toediening op grasland weergegeven. Per product is zowel de 1^e jaars- als meerjarige N-werking weergegeven. Spuiwater heeft de hoogste N-werking (0,98) van de verschillende dunne producten. Spuiwater heeft bovendien geen meerjarige werking aangezien alle stikstof in minerale vorm aanwezig is. De N-werking van spuiwater is vergelijkbaar met die van kunstmest (kalkammonsalpeter). Bij de overige dunne producten, ontstaan via aangepaste vloersystemen, loopt de 1^e jaars N-werking uiteen van 0,72 tot 0,89 en de meerjarige N-werking van 0,88-0,91. In het algemeen is de 1^e jaars N-werking bij de dunne producten van varkens- en kalveren wat hoger dan die van melkvee. Bij de dunne fractie en effluent na strippen van Jumpstart is er sprake van een lagere 1^e jaars N-werking (0,58-0,67). Dit is vooral een gevolg van een lager aandeel Nm in de totale N.

Bij toediening op bouwland met diepe injectie is de N-werking iets hoger (+0,02 tot +0,04), doordat de werking van de Nm-fractie hoger is door minder ammoniakemissie vanwege diepere injectie.

Bij aanmerking als kunstmestvervanger moet een wettelijke N-werking van 100% worden gehanteerd. Uit de resultaten blijkt dat bij veel producten een lagere N-werking wordt berekend. Indien het dunne product wordt aangemerkt als dierlijke mest moet een wettelijke werking van 80% worden gehanteerd (wettelijke norm voor dunne fracties). Dit wordt bij veel producten wel gerealiseerd.

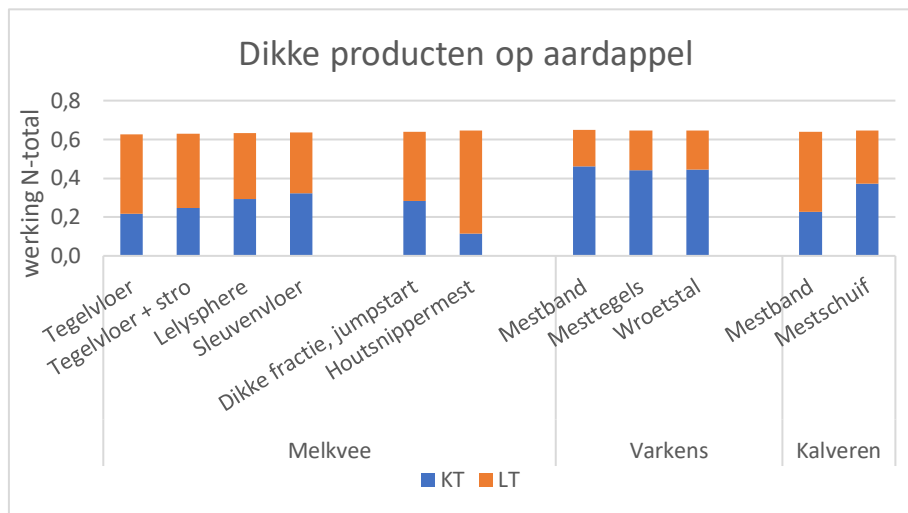


Figuur 8. De N-werking (fractie van N-totaal) van de **dunne** mestproducten op zowel de korte (KT, 1^e jaars) als lange termijn (LT, meerjarig) bij toepassing op **grasland**.

Dikke producten

In Figuur 9 is de N-werking bij toediening van dikke producten bij aardappelen weergegeven. Er is sprake van een relatief groot verschil tussen de 1^e jaars en meerjarige N-werking. Dat is een gevolg van het hoge aandeel organische N in de totale N. De 1^e jaars N-werking varieert bij de rundveemestproducten tussen 0,12 en 0,37 en bij de varkensmestproducten tussen 0,44 en 0,46. De hogere N-werking bij de varkensmestproducten is een gevolg van de hogere humificatiecoëfficiënt die voor de varkensmest is gehanteerd. Hierdoor breekt er meer organische N af in het jaar van toediening. De meerjarige N-werking ligt voor alle producten tussen 0,60 en 0,65.

De wettelijke N-werkingscoëfficiënt bedraagt voor vaste mestproducten van rundvee en varkens, respectievelijk, 45 en 55%. Kijkend naar de 1^e jaars N-werking is deze met name bij de rundveemestproducten aanzienlijk lager dan de wettelijke waarden.



Figuur 9. De N-werking (fractie van N-totaal) van de **dikke** producten op zowel de korte (KT, 1^e jaars) als de lange termijn (LT, meerjarig) bij toediening op **bouwland** (aardappel).

3.3 Toepassing op gewasniveau

Voor diversie toepassingen van dunne producten (bij gras, wintertarwe, aardappelen en suikerbieten) en dikke producten (bij aardappelen en suikerbieten) is nagegaan hoeveel nutriënten en EOS worden aangevoerd bij een bepaalde gewenste aanvoer van werkzame N (dunne producten) en P_2O_5 (dikke producten). In deze paragraaf worden de resultaten besproken voor toepassing van dunne producten op grasland en dikke producten op bouwland bij aardappelen. De resultaten van de andere toepassingen zijn weergegeven in Bijlage 4. De uitkomsten van een toepassing van dunne producten in wintertarwe is vergelijkbaar met die op grasland (beide toediening via ondiepe injectie). De uitkomsten van toepassing van dikke producten bij suikerbiet is vergelijkbaar met die bij aardappelen.

Dunne producten

In Tabel 3 is voor de diverse dunne mestproducten de nutriënten- en EOS-aanvoer weergegeven bij een aanvoer van 70 kg werkzame N op **grasland**.

Spuiwater is een stikstofproduct dat enkel minerale stikstof bevat. Hierdoor kan het worden ingezet als kunstmest-N-ervanger. De berekeningen in Tabel 3 zijn uitgevoerd voor het product dat is geproduceerd met behulp van salpeterzuur. Er is ook een variant op basis van zwavelzuur die qua N-efficiëntie vergelijkbaar is. Doordat het een zuur product is, is er weinig ammoniakvervluchtiging, vergelijkbaar met KAS. Uit tabel 3 blijkt dat er 0.8 ton/ha spuiwater nodig is om de N-gift van 70 kg N/ha te bereiken. Vanwege deze lage dosering is aangepaste apparatuur nodig zoals een spaakwielbemester. Gezien de zuiverheid van het product kan het ook worden toegediend met een veldspuit met straaltjesdoppen. Indien gebruik wordt gemaakt van spuihoog dat is gemaakt met zwavelzuur komt er ook veel zwavel mee. Bij de hier gehanteerde N-gift bij wintertarwe leidt dit tot een overdosering met zwavel. Bij spuihoog op basis van salpeterzuur speelt dit niet.

Bij de overige dunne producten is er tussen 15 en 48 ton/ha nodig om in de eerste snede een werkzame hoeveelheid N van 70 kg/ha toe te dienen. Bij de meeste producten kan dit met de gangbare apparatuur (zodebemester) worden toegediend. Alleen bij het varkensmestproduct (mesttegels) en het gestripte effluent is de gewenste gift waarschijnlijk te hoog om deze nog netjes volgens de emissiearme regels te kunnen toedienen. De onderkant van de genoemde doseringsrange, 15 ton per ha, ligt wel op de grens wat nog mogelijk is met gangbare mestapparatuur. Omdat de berekende 15 ton per ha is gebaseerd op een gemiddelde samenstelling, zal het ook voorkomen dat de gewenste dosering lager is. Er is dan aangepaste injectieapparatuur nodig. Voor een spaakwielbemester of een veldspuit zijn deze doseringen te hoog.

Zoals ook reeds aangegeven in de vorige paragraaf is de landbouwkundige N-werking vaak lager dan de wettelijke N-werking als het product wordt aangemerkt als kunstmestervanger. Alleen spuihoog is dan vergelijkbaar met kunstmest. Bij de andere producten moet meer totale N worden aangevoerd dan met kunstmest. Het verschil met kunstmest is het geringst bij de urine uit het koetoilet. Indien de producten wettelijk worden aangemerkt als dierlijke mest (aanmerking als dunne fractie) dan liggen de landbouwkundige en wettelijke N-werking dicht bij elkaar.

De P_2O_5 -aanvoer is bij veel producten beperkt, maar bij een aantal producten (o.a. dunne fractie en effluent bij Jumpstart, Lelysphere en sleuvenvloer) is de aanvoer hoger door de lagere N/ P_2O_5 -ratio in deze producten. Wat verder opvalt is dat de K_2O -aanvoer met de dunne melkveeproducten in het algemene hoger is dan met de dunne varkens- en kalverproducten. Dit is van belang, met name wanneer uit voedingstechnisch oogpunt te veel kali wordt gegeven.

Met de dunne producten wordt relatief weinig EOS aangevoerd. Deze loopt uiteen van 65 tot 875 kg EOS per ha. Bij de dunne producten uit varkens en kalversystemen is deze aanvoer vaak lager dan bij de melkveeproducten. De hoogste aanvoer vindt plaats bij het effluent (gestripte dunne fractie) van Jumpstart.

De berekende verliezen door NH_3 vervluchtiging van de verschillende dunne producten liggen allemaal rond hetzelfde niveau. In vergelijking met KAS en spuiwater is de vervluchtiging wel beduidend hoger. De lage NH_3 -emissie bij spuiwater is een gevolg de lagere pH van dit product. Doordat er met de urineproducten relatief weinig organische N wordt aangevoerd is de ontijdige N-mineralisatie relatief gering.

Tabel 3. Aanvoer van nutriënten en EOS, NH₃-N-verlies en ontijdige N-mineralisatie van een aantal **dunne** mestproducten in de teelt van **gras** bij een dosering gebaseerd op 70 kg N per ha werkzaam, toegediend in de 1^e snede met een zodebemester.

Diersoort	Mestproduct	Dosering (ton/ha)	Nutriëntenaanvoer (kg/ha)						EOS- aanvoer (kg/ha)	NH ₃ -N- verlies (kg/ha)	Ontijdige N- mineralisatie (kg/ha)	
			N _{tot}	N-werkzaam, wettelijk		N-werkzaam, landbouwkundig		P ₂ O ₅				K ₂ O
				Als KV ¹	Als mest ²	KT ³	LT ⁴					
Divers	Spuiwater Lelysphere ⁵	1	71	71		70	70	0	0	0	1	0
Melkvee	Koetoilet	15	84	84	67	70	76	4	168	168	6	2
Melkvee	Tegelvloer	29	87	87	70	70	79	8	195	298	6	3
Melkvee	Lelysphere	31	95	95	76	70	85	15	174	398	6	5
Melkvee	Sleuenvloer	22	97	97	78	70	87	19	175	517	6	5
Melkvee	Dunne fractie, jumpstart	28	104	104	83	70	92	24	117	508	5	7
Melkvee	Effluent, jumpstart	48	122	122	98	70	106	38	194	876	5	11
Varkens	Mestband	37	79	79	63	70	72	4	96	68	6	1
Varkens	Mesttegels	40	79	79	63	70	72	5	103	66	6	2
Kalveren	Mestband	21	82	82	65	70	74	12	117	136	6	1
Kalveren	Mestschuif	26	81	81	65	70	74	8	117	135	6	1
Referentie	KAS	0,3	72			70		0	0	0	2	0

1 KV = aangemerkt als kunstmestvervanger

2 dier = aangemerkt als dierlijke mest-N

3 KT = korte termijn (1^e jaars)

4 LT = lange termijn (meerjarig)

5 uit luchtwassers die werken met salpeterzuur (Lelysphere)

Dikke producten

De aanvoer van nutriënten en EOS met de toepassing van de dikke producten is berekend bij een P_2O_5 gift van 70 kg/ha (Tabel 4). Als voorbeeld is de toepassing bij aardappelen weergegeven. De dikke producten bevatten relatief veel P_2O_5 en aardappel is een fosfaatbehoefstig gewas. Als referentiemeststof is uitgegaan van rundveedrijfmest, varkensdrijfmest en GFT-compost. In de berekeningen is uitgegaan van direct inwerken na toediening. Omdat er bij een aantal van de dikke producten stikstof in ammoniumvorm aanwezig is, kan het NH_3 -N-verlies worden beperkt door de mest direct in te werken.

Uit Tabel 4 blijkt dat de benodigde dosering bij een aanvoer van 70 kg P_2O_5 per ha uiteenloopt van bijna 5 tot ruim 45 ton/ha. Door een hogere P_2O_5 -gehalte is de gift bij de fecesproducten van varkens veel lager dan bij feces- en stalmestproducten van rundvee en kalveren. Een aandachtspunt bij de fecesproducten is dat zonder toevoeging van stro of ander droog materiaal het product niet stapelbaar is, en lastig met meststrooier is toe te dienen. Het zou dan moeten worden verdund om het met injectieapparatuur te kunnen toedienen. Indien de feces wordt vergist, zal deze ook dunner worden en kan het worden geïnjecteerd.

Met de dikke producten wordt relatief weinig werkzame N en K_2O toegediend. Het product is vooral een bron voor P_2O_5 en EOS. Met de rundveeproducten wordt de meeste EOS toegediend. In veel gevallen is de hoeveelheid aangevoerde EOS vergelijkbaar met rundveedrijfmest.

Doordat de meeste dikke producten ook NH_3 -N bevatten is er een risico van ammoniakemissie. Deze liep uiteen van 0 tot bijna 15 kg NH_3 -N per ha. In de berekeningen is er wel uitgegaan dat de producten met een meststrooier worden toegediend. Indien de fecesfracties worden verdund en met een bouwlandinjecteur worden toegediend is het emissierisico klein.

Doordat de dikke producten relatief veel organische N bevatten is de onmiddellijke N-mineralisatie duidelijk hoger dan bij de dunne producten, uiteenlopend van 25-70 kg N per ha.

Tabel 4. Aanvoer van nutriënten en EOS, NH₃-N-verliezen en ontijdige N-mineralisatie bij toediening van een aantal **dikke** producten, direct na aanwending ingewerkt, op bouwland bij de teelt van **aardappel** bij een fosfaatgift van 70 kg P₂O₅ per ha.

Diersoort	Mestproduct	Dosering (ton/ha)	Nutrientenaanvoer (kg/ha)						EOS- aanvoer (kg/ha)	NH ₃ -N- verlies (kg/ha)	Ontijdige N- mineralisatie (kg/ha)
			N totaal	N- werkzaam, wettelijk	N- werkzaam landb, KT ¹	N- werkzaam landb, LT ²	P ₂ O ₅	K ₂ O			
Melkvee	Tegelvloer	31	121	49	26	76	70	66	2415	4	42
	Tegelvloer + stro	28	125	50	31	80	70	78	2542	6	40
	Lelysphere	47	165	66	50	107	70	115	2678	10	49
	Sleuenvloer	36	152	61	49	99	70	174	2428	10	43
	Dikke fractie, jumpstart	10	82	33	23	53	70	41	1963	5	23
	Houtsnippermest	11	125	50	14	75	70	201	2049	1	48
Varkens	Mestband	15	110	61	51	71	70	73	983	6	33
	Mesttegels	4	61	33	27	38	70	23	547	2	21
	Wroetstal	16	127	70	56	84	70	109	1319	9	34
Kalveren	Mestband	25	203	81	46	127	70	79	3256	6	71
	Mestschuif	24	155	62	57	104	70	90	2190	13	39
Referentie	Rundveedrijfmest	47	187	112	99	146	70	252	2319	2	39
	Varkensdrijfmest	18	126	101	91	101	70	84	473	1	24
	GFT-compost	16	142	14	15	87	70	126	3465	3	52
	GFT-compost (50% P ₂ O ₅ ingerekend)	32	283	28	30	174	140	251	6930	6	103

1 KT = korte termijn (1^e jaars)

2 LT = lange termijn (meerjarig)

3.4 Inpassing op bouwplanniveau

3.4.1 Melkveehouderij

Voor de melkveehouderij is als voorbeeld een bedrijf genomen op zandgrond met een 118 melkkoeien en bijbehorend jongvee met 45 ha grond, waarvan 80% gras en 20% snijmais. Er vindt geen beweiding plaats.

Voor dit bedrijf zijn de volgende mestscenario's bekeken:

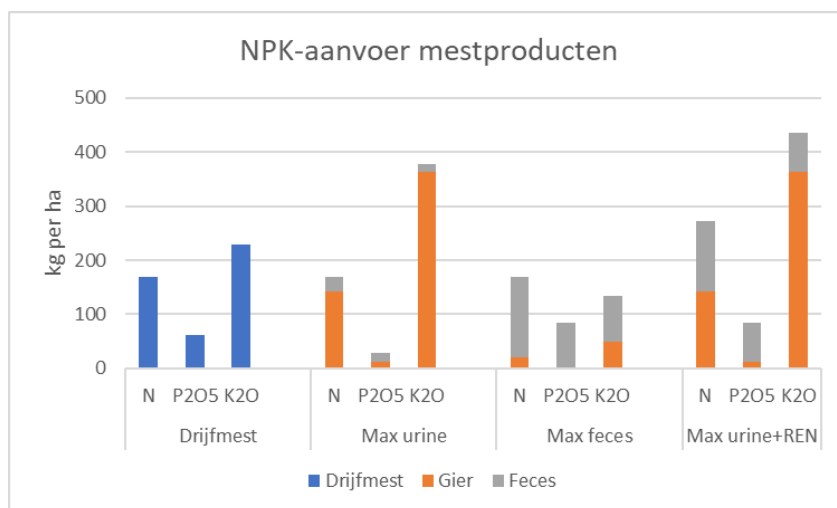
- *Referentie*: 100% drijfmest
- *Max dun*: primaire scheiding resulterend in een urine- en fecesfractie. De urine-fractie wordt aangemerkt als dierlijke mest en blijft op het bedrijf. De fecesfractie wordt gebruikt tot aan het niveau van de N-gebruiksnorm voor dierlijke mest of de P₂O₅-gebruiksnorm. De rest wordt afgevoerd.
- *Max dik*: primaire scheiding, waarbij de urinefractie wordt aangemerkt als dierlijke mest. In tegenstelling tot scenario 1 blijft een groter deel van de fecesfractie op het bedrijf blijft zodanig dat de P₂O₅-gebruiksnorm volledig wordt benut. Het deel van de urine- en fecesfractie dat niet kan worden geplaatst wordt afgevoerd.
- *Max dun+RENURE*: als scenario 1, maar nu wordt de urinefractie aangemerkt als kunstmestvervanger (RENURE) en niet meer als dierlijke mest.

Bij de primaire scheiding is uitgegaan van een sleuvenvloer met een scheidingsrendement van N, P₂O₅ en K₂O van, respectievelijk, 60, 90 en 25%. Het scheidingsrendement geeft aan welk deel van de uitgescheiden nutriënten in de fecesfractie terecht komt. Benadrukt moet worden dat dit een eerste globale schatting betreft, het onderzoek is nog lopend (persoonlijke mededeling Paul Galama). Er is uitgegaan van een situatie zonder derogatie, een situatie die vanaf 2026 het geval zal zijn.

Naast de N-, P₂O₅- en K₂O-aanvoer met mestproducten is tevens gekeken naar veranderingen in het kunstmestgebruik en de ammoniakemissie. Bij de berekening van het kunstmestgebruik is er vanuit gegaan dat de volledige gebruiksnorm voor werkzame N en P₂O₅ wordt gebruikt. Bij K₂O is uitgegaan van compensatie van de afvoer met gewassen (circa 350 kg K₂O per ha).

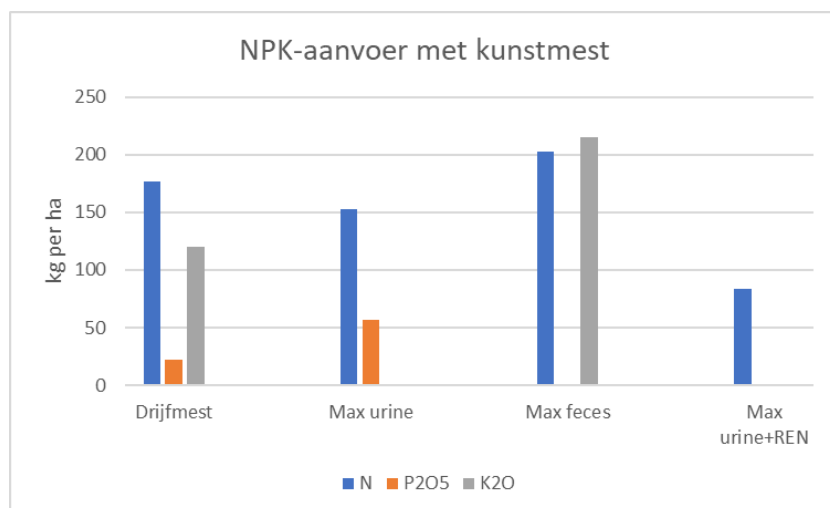
In Figuur 10 is de N-, P₂O₅- en K₂O-aanvoer met dierlijke mestproducten weergegeven. Primaire scheiding, waarbij de urine-N als dierlijke mest wordt aangemerkt en volledig op het bedrijf blijft (scenario "max dun") leidt tot een stijging van de kali-aanvoer en daling van de P₂O₅-aanvoer met mestproducten t.o.v. een situatie met drijfmest. Bijna 90% van de geproduceerde feces moet worden afgevoerd. T.o.v. het drijfmestscenario is er geen kunstmest-K₂O meer nodig, maar is er wel meer kunstmest-P₂O₅ nodig (Figuur 11). Het kunstmest-N-gebruik daalt met circa 20 kg per ha. In scenario "max dik" is de P₂O₅-aanvoer verhoogd naar het niveau van de P₂O₅-gebruiksnorm. Dit is mogelijk door veel meer feces-fractie op het bedrijf te houden. Het gevolg is wel dat het grootste deel van de urinefractie moet worden afgevoerd. Hierdoor daalt ook de kali-aanvoer, deze is ook lager dan in de drijfmestvariant. Het kunstmest-N-gebruik stijgt met circa 25 kg per ha in vergelijking met de drijfmestvariant. In scenario "max dun RENURE" is ervan uitgegaan dat de urinefractie wettelijk aangemerkt mag worden als kunstmestvervanger, waardoor de urine-N niet meer als dierlijke mest meetelt. De urine-N blijft volledig op het bedrijf en het bemestingsniveau van de fecesfractie is zodanig dat de P₂O₅-gebruiksnorm volledig wordt benut. De N-aanvoer met kunstmest daalt nu relatief sterk. Dat komt, omdat er meer mest-N op het bedrijf kan blijven, maar ook doordat voor de urinefractie een wettelijke werkingscoëfficiënt van 100% is gehanteerd in plaats van 80% bij de scenario's 1 en 2. De kali-aanvoer is hoog. Dit is wel een aandachtspunt bij inzet van urinefracties als kunstmestvervanger. In systemen, waarbij de ammonium uit de dunne fractie wordt gestript zou (een deel) van de resterende urinefractie kunnen worden afgevoerd, waardoor de kaliaanvoer lager wordt.

De ammoniakemissie is in scenario "max dun" ongeveer vergelijkbaar met die in de drijfmestvariant (Figuur 12). Bij de varianten, waarbij veel feces op het bedrijf blijft (scenario "max dik" en "max dun

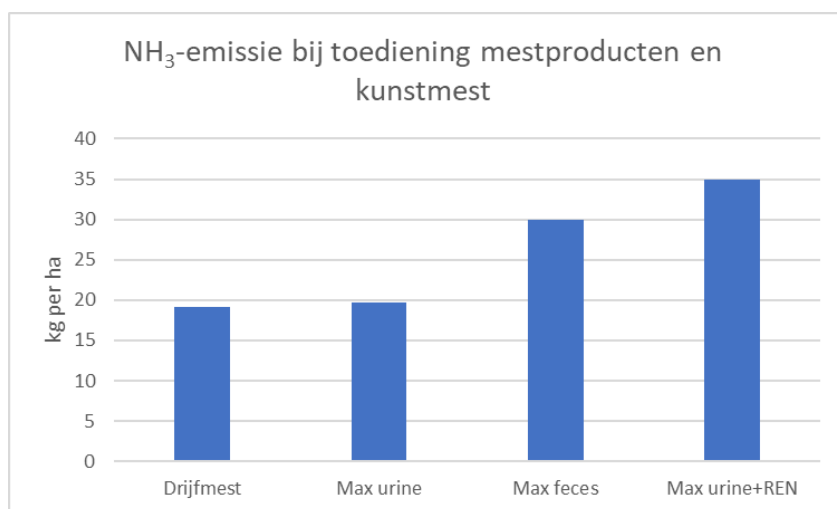


RENURE") stijgt de ammoniakemissie, doordat feces op grasland wordt toegediend en een groot deel van de ammonium daarin dan verloren gaat.

Figuur 10. De aanvoer van N, P₂O₅ en K₂O (kg per ha) met mestproducten (drijfmest, urine- en fecesfractie) bij de verschillende scenario's (voor uitleg zie tekst) op het melkveebedrijf.



Figuur 11. De aanvoer van N, P₂O₅ en K₂O (kg per ha) met kunstmest bij de verschillende scenario's (voor uitleg zie tekst) op het melkveebedrijf.



Figuur 12. De NH₃-emissie bij toediening van dierlijke mestproducten en kunstmest bij de verschillende scenario's (voor uitleg zie tekst) op het melkveebedrijf.

3.4.2 Akkerbouw op noordelijke zandgrond

Voor een voorbeeldbouwplan op de noordelijke zandgrond zijn berekeningen uitgevoerd, waarbij het gebruik van drijfmest van varkens en rundvee is vergeleken met het gecombineerd gebruik van urine- en fecesfracties. Naast de referentiescenario's met varkensdrijfmest en rundveedrijfmest zijn er combinaties van urine- en fecesfracties van varkens en combinaties van urine- en fecesfracties van melkvee doorgerekend. Bij de varianten met urine- en fecesfracties is onderscheid gemaakt tussen een situatie dat de urinefractie wordt aangemerkt als kunstmestvervanger (RENURE) en een situatie dat de urinefractie wordt aangemerkt als dierlijke mest. Hierbij is nagegaan hoeveel product er toegepast kan worden rekening houdend met de verschillende gebruiksnormen en landbouwkundige adviezen met name m.b.t. K_2O . De resterende bemesting is ingevuld met kunstmest.

De berekeningen zijn uitgevoerd voor een situatie met een neutrale fosfaattoestand (gebruiksnorm van 70 kg P_2O_5 per ha). Voor de urine- en fecesfracties is per diersoort uitgegaan van een gemiddelde samenstelling gebaseerd op het gemiddelde van de vloer -en stalsystemen zoals beschreven in paragraaf 3.1. Per variant is de aanvoer van N, P_2O_5 , K_2O en EOS op bouwplanniveau weergegeven. Daarnaast zijn ook de verliezen door NH_3 -emissie bij toediening van de mestproducten en kunstmest, de berekende mineralisatie buiten het groeiseizoen (ontijdige mineralisatie) en het N-bodemoverschot weergegeven.

Bij de varianten met gecombineerd gebruik van urine- en fecesfracties zijn in theorie heel veel verschillende combinaties met verschillende doseringen van de mestproducten mogelijk. In de berekening is als uitgangspunt gekozen om minimaal 75% van de P_2O_5 -gebruiksruimte met fecesfractie in te vullen en de resterende P_2O_5 -ruimte in te vullen met urinefractie. De resultaten van de berekeningen zijn weergegeven in Tabel 5.

Bij gebruik van uitsluitend varkensdrijfmest is de P_2O_5 -gebruiksnorm limiterend voor de mestaanvoer. Aanvullend op de varkensdrijfmest is nog 82 kg N per ha en 127 kg K_2O per ha uit kunstmest nodig. Wordt de varkensdrijfmest vervangen door een combinatie van urine- en fecesfracties van varkens (varianten "KV" en "Mest"), dan blijkt dat ook in dit geval de P_2O_5 -gebruiksruimte het eerst beperkend is. Wordt de urinefractie aangemerkt als kunstmestvervanger (variant "KV" met wettelijke werkingscoëfficiënt van 100%), dan kan de inzet van kunstmest-N en - K_2O worden beperkt tot 25 kg N/ha en 33 kg K_2O /ha per ha. Wordt de urinefractie aangemerkt als dierlijke mest (variant "Mest" met wettelijke werkingscoëfficiënt van 80%), dan is er meer kunstmest nodig, namelijk 65 kg N per ha en 58 kg K_2O per ha.

Bij gebruik van alleen melkveedrijfmest kan de P_2O_5 -bemesting, anders dan bij gebruik van varkensdrijfmest, niet volledig worden gedekt met de drijfmest. Dit komt doordat er bij aardappelen en suikerbieten de maximale mestgift wordt beperkt door K_2O -aanvoer. Hogere K_2O -giften dan het advies hebben namelijk tot gevolg dat de productkwaliteit van deze gewassen afneemt met een afname van het financiële resultaat. Naast de melkveedrijfmest is jaarlijks 107 kg N per ha, 23 kg P_2O_5 per ha en 42 kg K_2O per ha uit kunstmest nodig om aan de behoefte te voldoen. Dat er ondanks de beperkingen vanwege kali toch nog kunstmestkali wordt gebruikt, komt omdat anders niet wordt voldaan aan het bodemadvies (compensatie afvoer met geoogst product plus onvermijdbare verliezen). Dit zou voor een groot deel kunnen worden voorkomen door ook melkveedrijfmest bij zomergerst te gebruiken, dit is echter niet gebruikelijk in de praktijk.

Het kunstmestgebruik kan aanzienlijk worden verminderd door een gecombineerd gebruik van urine- en fecesfracties van melkvee in plaats van de melkveedrijfmest. Indien de urinefractie als kunstmestvervanger wordt aangemerkt (variant "KV" met wettelijke werkingscoëfficiënt van 100%) dan is er voor P_2O_5 en K_2O geen kunstmest meer nodig en voor N nog 57 kg N per ha. In de situatie waarin de urinefractie als dierlijke mest wordt aangemerkt (variant "Mest" met wettelijke werkingscoëfficiënt van 80%), is er meer kunstmest nodig.

De aanvoer van EOS is bij de varkensmestvarianten lager (475-735 kg per ha) dan bij de melkveemestvarianten (1555-2470 kg per ha). Dat is een gevolg van de langzamere afbraak van de organische stof in de melkveemest. Met de urinefracties wordt nauwelijks EOS aangevoerd. Met een gecombineerd gebruik van urine- en fecesfracties wordt meer EOS aangevoerd dan met alleen drijfmest.

De risico's van NH₃-verlies zijn bij de varianten met combinaties van urine- en fecesfracties wat hoger dan bij gebruik van alleen drijfmest. Dat komt vooral door de hogere verliezen bij de toepassing van de fecesfractie. Deze moet namelijk oppervlakkig worden verspreid en ingewerkt en daarbij ontstaan meer verliezen dan diepe injectie van drijfmest of de urinefractie.

De ontijdige mineralisatie is in de varianten met gecombineerd gebruik van urine- en fecesfracties hoger dan in de varianten met alleen drijfmest. Dat komt o.a., omdat er in deze varianten meer organische N wordt aangevoerd dan in de varianten met uitsluitend drijfmest. Dit is ook de reden dat het N-bodemoverschot hoger is dan bij de referentievariant met alleen drijfmest.

Tabel 5. Aanvoer N, P₂O₅, K₂O en EOS bij situaties met verschillende combinaties met urine- en fecesfracties van zowel varkens als melkvee bij fosfaattoestand neutraal voor een akkerbouwbedrijf op de noordoostelijke zand en dalgronden waarbij in de berekeningen de urinefractie zowel als kunstmestvervanger als dierlijke is aangemerkt.

Aanmerking urine	Product	Aanvoer nutriënten en EOS (kg per ha)						N-verliezen (kg per ha)			
		N-totaal	N-werkzaam, wettelijk	N-werkzaam, landb, KT ¹	N-werkzaam, landb, LT ²	P ₂ O ₅	K ₂ O	EOS	NH ₃ -verlies	Ontijdige N-mineralisatie	N-bodemoverschot
	Varkensdrijfmest	126	101	92	101	70	84	473	1	24	
	Kunstmest	82	82	82	82	0	127		2		
	Totaal	208	183	174	183	70	211	473	3	24	85
KV	Feces varkens	72	39	33	46	63	38	639	3	23	
	Urine varkens	118	118	110	112	7	140	95	2	4	
	Kunstmest	25	25	25	25	0	33		1		
	Totaal	215	183	168	182	70	211	734	6	27	89
Mest	Feces varkens	73	40	34	47	65	39	653	3	39	
	Urine varkens	97	77	90	92	5	115	78	2	5	
	Kunstmest	65	65	65	65	0	58	0	2		
	Totaal	235	183	189	203	70	211	731	7	44	108
	Melkveedrijfmest	125	75	67	98	47	169	1557	1	26	
	Kunstmest	107	107	107	107	23	42		3		
	Totaal	233	183	174	205	70	211	1557	4	26	109
KV	Feces melkvee	128	51	37	82	63	103	2257	7	39	
	Urine melkvee	57	57	46	51	6	110	197	1	5	
	Kunstmest	74	74	74	74	0	0		2		
	Totaal	259	183	157	208	70	212	2454	10	44	130
Mest	Feces melkvee	128	51	37	82	63	103	2257	7	39	
	Urine melkvee	42	34	34	38	5	81	146	1	4	
	Kunstmest	98	98	98	98	2	28		2		
	Totaal	268	183	168	218	70	211	2403	10	42	138

1 KT = korte termijn (1^e jaars)

2 LT = lange termijn (meerjarig)

3.4.3 Akkerbouw op de centrale kleigronden

In Tabel 6 is de nutriëntenaanvoer met dierlijke mestproducten en kunstmest weergegeven voor een akkerbouwbedrijf op kleigrond. Hierbij zijn dezelfde varianten bekeken als bij het zandbedrijf. Een duidelijk verschil met het zandbedrijf is dat de mest veelal na de hoofdgrondbewerking (ploegen) wordt toegepast op kleigronden. Dit beperkt in veel gevallen de mogelijkheden voor toediening van volumineuzere mestproducten met name bij vroeg gezaaide gewassen.

Het gebruik van uitsluitend varkensdrijfmest in het kleibouwplan wordt beperkt door de toepasbaarheid. In dit bouwplan zijn de dierlijke mestproducten alleen toegediend bij wintertarwe, aardappelen en de groenbemester. De ruimte voor dierlijke mest wordt niet volledig gebruikt. Er resteert nog 10 kg P₂O₅ per ha voor kunstmest. Dit komt doordat het lastig is de mest in het voorjaar voorafgaand aan de zaai van de suikerbieten, zaaiui, peen en witlof toe te passen.

Wanneer de varkensdrijfmest wordt vervangen door een combinatie van urine- en fecesfracties van varkens en de urinefractie als kunstmestvervanger wordt aangemerkt (scenario KV), dan neemt de plaatsingsruimte van stikstof (wettelijk) iets toe waardoor minder kunstmest stikstof hoeft te worden toegepast. Het effect is beperkt (daling van 16 kg N per ha), vanwege de beperkingen in toepasbaarheid. Ook bij de gewassen waar wel dierlijke mestproducten worden toegepast kan de kunstmestvervangingsruimte slechts beperkt worden benut, omdat op kleigrond de dunne producten meestal ondiep worden toegediend en de giften niet te hoog kunnen worden om deze nog emissiearm te kunnen toedienen. In de berekeningen is uitgegaan van maximaal 35 ton per ha. Zou de urinefractie van varkens als mest worden aangemerkt (scenario Mest), dan verandert er in de aanvoer van mestproducten niet zo veel.

Door de bovengenoemde doseringsbeperkingen kan bij melkveedrijfmest, net als bij varkensdrijfmest, niet volledig de gebruikruimte (gebruiksnormen P₂O₅ en N uit dierlijke mest) worden benut. Wanneer de melkveedrijfmest wordt vervangen door een combinatie van urine- en fecesfracties van melkvee wordt er aanzienlijk meer kunstmest-N en -K₂O bespaard. Dit komt door de hogere N- en K₂O-gehalten van de urinefracties waardoor bij de doseringsbeperking meer wordt aangevoerd dan met de rundveedrijfmest, maar ook in vergelijking met de varkensmestproducten. De kalibehoeftte wordt zelfs volledig gedekt met de dierlijke mestproducten.

De aanvoer van EOS per hectare met varianten met varkensmest is lager dan bij de varianten met melkvee. De N-verliezen door NH₃-vervluchtiging liggen bij het toepassen van uitsluitend drijfmest wat lager dan bij de varianten met een gecombineerd gebruik van urine- en fecesfracties. Dit is anders dan bij het zandbedrijf, waar het omgekeerd was. Dit komt, omdat bij akkerbouwbedrijven op kleigrond ervan uitgegaan is dat de dunne mestproducten ondiep worden toegediend. Hierbij is aangenomen is dat bij ondiepe toediening van drijfmest meer emissie plaatsvindt dan bij ondiepe toediening van urinefracties, terwijl de emissie bij de toediening van fecesfracties vergelijkbaar is met die bij ondiepe toediening van drijfmest.

Bij het gecombineerd gebruik van urine- en fecesfracties van melkvee neemt de onmiddellijke mineralisatie toe in vergelijking met melkveedrijfmest. Ook het N-bodemoverschot is hoger bij deze varianten.

Tabel 6. Aanvoer N, P₂O₅, K₂O en EOS bij situaties met gebruik van alleen drijfmest en situaties met verschillende combinaties met urine- en fecesfracties van zowel varkens als melkvee bij fosfaattoestand neutraal voor een akkerbouwbedrijf op centrale kleigronden waarbij in de berekeningen de urinefractie zowel als kunstmestvervanger als dierlijke is aangemerkt.

Aanmerking urine	Product	Aanvoer nutriënten en EOS (kg/ha)						Verliezen (kg per ha)			
		N-totaal	N-werkzaam, wettelijk	N-werkzaam, landb, KT ¹	N-werkzaam, landb, LT ²	P ₂ O ₅	K ₂ O	EOS	NH ₃ -verlies	Ontijdige N-mineralisatie	N-bodemoverschot
	Varkensdrijfmest	107	64	66	76	60	72	404	11	20	
	Kunstmest	154	154	154	154	10	113		4		
	Totaal	261	218	220	230	70	185	404	15	20	125
KV	Feces varkens	65	36	29	41	57	34	578	3	21	
	Urine varkens	45	45	41	42	3	54	36	2	2	
	Kunstmest	138	138	138	138	10	97		0		
	Totaal	248	218	208	221	70	185	614	5	22	121
Mest	Feces varkens	65	36	29	41	57	34	578	3	21	
	Urine varkens	45	40	41	42	3	54	36	2	2	
	Kunstmest	142	142	142	142	10	97	0	0		
	Totaal	252	218	213	226	70	185	614	5	22	126
	Melkveedrijfmest	107	64	49	72	40	144	1329	9	22	
	Kunstmest	154	154	154	154	30	41		4		
	Totaal	261	218	203	227	70	185	1329	13	22	127
KV	Feces melkvee	98	39	28	63	49	79	1709	5	30	
	Urine melkvee	73	73	57	64	8	141	253	3	4	
	Kunstmest	106	106	106	106	13	0		0		
	Totaal	277	218	191	233	70	219	1962	8	34	148
Mest	Feces melkvee	98	39	28	63	49	79	1709	5	30	
	Urine melkvee	73	58	57	64	8	141	253	3	4	
	Kunstmest	121	121	121	121	13	0		0		
	Totaal	292	218	205	248	70	219	1962	8	34	163

1 KT = korte termijn (1^e jaars)

2 LT = lange termijn (meerjarig)

4 Discussie en conclusies

4.1 Discussie

Momenteel staan nieuwe stalsystemen met scheiding aan de bron volop in de belangstelling. De noodzaak van beperkingen van emissies (ammoniak, methaan) liggen hieraan ten grondslag. Bij scheiding aan de bron worden urine en feces direct in de stal gescheiden. Een gevolg is dat er mestproducten worden geproduceerd die afwijkend zijn ten opzichte van de gangbare drijfmesten en vaste mesten. Op basis van analyseresultaten van mestproducten afkomstig uit deze stalsystemen is een modelmatige screening uitgevoerd om een eerste beeld te krijgen van de landbouwkundige waarde en potentiële milieuverliezen.

Urinefracties

Urinefractie als kunstmestvervanger

Momenteel hebben urinefracties nog geen status als kunstmestvervanger en dat betekent dat het nog steeds als dierlijke mest wordt aangemerkt en dus binnen de dierlijke mest-N-norm valt (vanaf 2026 170 kg N per ha). Veel urinefracties voldoen wel aan de eisen van RENURE (minimaal 90% Nm in Ntotaal of C/Ntotaal < 3, zie ook van Boxmeer et al. (2023)).

Bij aanmerking als kunstmestvervanger is het vanuit landbouwkundig oogpunt belangrijk dat de N-werking vergelijkbaar is met die van kunstmest-N. De verkenning laat zien dat de 1^e jaars N-werking op basis van de huidige samenstellingen en afhankelijk van het gewas waarbij het product wordt toegediend tussen 70 en 95% ligt. Bij krappe N-gebruiksnormen kan vervanging van kunstmest door urinefracties leiden tot lagere gewasproducties. Nagegaan zou moeten worden hoe de werking, al dan niet na verdere bewerking, nog kan worden verhoogd. Aandachtspunt is vooral de NH₃-emissie met name bij ondiepe toediening zoals op grasland en wintertarwe en bij andere toepassingen in staande gewassen (bijvoorbeeld bijbemesting in aardappelen). In de berekeningen bij ondiepe toediening is uitgegaan van een emissiefactor voor NH₃-N van 8%, deze is 50% lager dan bij ondiepe toediening van drijfmest. Deze aanname is gedaan, omdat verwacht mag worden dat urinefracties sneller de grond intrekken dan dikkere drijfmest. Nagegaan zal moeten worden of dit in werkelijkheid ook zo is. Dit is niet alleen landbouwkundig van belang, maar ook milieukundig.

De lagere N-beschikbaarheid in vergelijking met kunstmest zal op grondgebonden veehouderijbedrijven (melkvee) mogelijk eerder worden 'geaccepteerd', omdat er, bij aanmerking als kunstmest-N, minder mest hoeft te worden afgezet en er kan worden bespaard op de daarmee samenhangende kosten. Op bedrijven zonder mestproductie (akker- en tuinbouw) zal een goede N-werking vergelijkbaar met kunstmest-N belangrijk zijn. Anderzijds zal ook de prijs van het mestproduct hierbij een rol spelen.

Bovenstaande bevindingen zijn gebaseerd op een berekening van de N-werking op basis van de samenstelling. Er is nog weinig veldonderzoek uitgevoerd met urinefracties. Wel is onderzoek uitgevoerd, waarbij vergelijkbare producten zijn beproefd zoals (verrijkt) mineralenconcentraat.

Uit onderzoek naar de N-werking van mineralenconcentraten in het kader van de Pilot Mineralenconcentraten bleek de gevonden N-werking op grasland lager dan verwacht op basis van de samenstelling (Van Middelkoop & Holshof, 2012). Gemiddeld over de proeven werd een werking gevonden van 65% t.o.v. KAS-kunstmest. In vergelijking met vloeibare ammoniumnitraat was het verschil veel geringer. In een aanvullende pottenproef werd bij gras een hogere N-werking gevonden van 79-98% t.o.v. KAS (Ehlert et al., 2012). Een lagere N-werking dan verwacht kan te maken hebben meer ammoniakemissie, verliezen door denitrificatie of immobilisatie. Uit incubatieproeven bleek dat de potentiële denitrificatie bij mineralenconcentraten aanzienlijk was (Ehlert et al., 2012).

In het project Vruchtbare Kringloop Achterhoek wordt de Groene Weide Meststof beproefd (Ehlert & van der Lippe, 2020a/b, Ehlert et al., 2021). Dat betreft een mengsel van mineralenconcentraat, spuiwater en ureum. Een vergelijking met een kunstmestblend op graslandpercelen liet in 2018 geen grote verschillen zien, terwijl in 2019 en 2020 de gewasproductie iets achter bleef bij de Groene Weide Meststof. In 2019 werd dit vooral toegeschreven aan ammoniaktoxiciteit bij de eerste snede.

In de pilot Mineralenconcentraten is ook gekeken naar de N-werking van mineralenconcentraten op bouwland (Van Geel et al., 2011). Hierin werd bij toediening van mineralenconcentraat als basisbemesting bij

aardappelen een N-werking gevonden van gemiddelde 81% t.o.v. KAS. Op basis van de samenstelling was een N-werking van circa 90% verwacht. Bij snijmais werd een N-werking van mineralenconcentraat gevonden van 77% t.o.v. KAS (Schröder et al., 2011).

Bovengenoemde resultaten geven aan dat de N-werking in een aantal gevallen lager was dan op basis van de samenstelling werd verwacht. Daarom vinden op dit moment binnen BSMO veldproeven plaats op zowel grasland als mais. Op grasland worden diverse urineproducten worden vergeleken met KAS, op maisland worden zowel een urineproduct als een fecesproduct vergeleken met gangbare (kunst)mestsoorten.

Het aanmerken van urinefracties als kunstmestvervangers kan ook gevolgen hebben voor de verdeling van nutriënten uit mest op het bedrijf en daardoor ook tussen bedrijven. Op melkveebedrijven zal bijvoorbeeld meer mest-N op het eigen bedrijf blijven. Uit de verkenning op bouwplanniveau blijkt dat in theorie zelfs de gehele werkzame N-gebruiksruimte kan worden opgevuld met urinefracties. Dit heeft echter wel tot gevolg dat er aanzienlijk meer K_2O wordt aangevoerd dan geadviseerd. De gevolgen hiervan voor de diergezondheid zijn hierbij een aandachtspunt. Bij een hoge inzet van urinefracties moet er ook meer fecesfractie, en daarmee OS en P_2O_5 , van het bedrijf worden afgevoerd, waardoor er extra kunstmest- P_2O_5 nodig is en de organische stofaanvoer lager wordt. Door het hogere mest-N-gebruik op het melkveebedrijf resteert er minder voor akkerbouwers.

Fecesfracties

De resultaten laten zien dat met fecesfracties relatief weinig N en K_2O worden aangevoerd, deze vervangen dus minder kunstmest-N en $-K_2O$. Het is dus vooral een bron voor P_2O_5 en organische stof. Verder is de N vooral in organische vorm aanwezig, waarbij een deel pas na het jaar van toediening beschikbaar komt. Het product is daardoor minder geschikt voor korte teelten, waarbij directe N-beschikbaarheid belangrijk is. Eventueel kan worden overwogen de fecesfractie op te waarderen tot bodemverbeteraar. De wetgeving m.b.t. het 7^e Nitraat Actieprogramma biedt onder bepaalde voorwaarden de mogelijkheid binnen de P_2O_5 -gebruiksnorm meer organische stof aan te voeren (www.rvo.nl). Doel hiervan is om de verbetering van de bodemkwaliteit (toename organische stof en bodembiodiversiteit), de opslag van CO_2 (in de vorm van stabiele organische stof) en ondergrondse en bovengrondse biodiversiteit te stimuleren. Voor bepaalde organische stofrijke mestsoorten hoeft dan maar 75% van de P_2O_5 te worden meegeteld voor de gebruiksnorm. Het moet dan wel gaan om storijske mestsoorten. Het opwaarderen van fecesfracties met stro biedt mogelijkheden gebruik te maken van deze regeling.

Een aandachtspunt bij de fecesfracties is de NH_3 -emissie. De analyses laten zien dat het NH_3 -N-aandeel in de totale N in de onderzochte fecesfracties uiteenloopt van 10 tot 45%. Met name wanneer de fecesfracties worden gebruikt op grasland zal circa 70% verloren gaan door NH_3 -vervluchtiging, omdat het product niet kan worden ingewerkt. Wanneer de fecesfractie zou worden verdund, kan deze worden toegediend met een zodebemester en zal de ammoniakemissie sterk worden verminderd.

Toepasbaarheid

De toepassing van een aantal van de nieuwe producten brengt ook technische uitdagingen met zich mee. Gangbare stalsystemen produceren drijfmest en/of vaste mest. Drijfmest kan met behulp van injectieapparatuur toegediend worden. Vaste mest van gangbare stalsystemen is stapelbaar en kan toegediend worden met een meststrooier. De producten van veel van de nieuwe stalsystemen zijn niet altijd goed toe te dienen met de gangbare apparatuur. Zo zijn fecesfracties niet stapelbaar waardoor ze niet met een meststrooier kunnen worden toegediend, maar ook niet verpompbaar, waardoor ze ook niet kunnen worden geïnjecteerd. Een verder bewerking zal dan nodig zijn. Daarbij kan gedacht worden aan verdunning met water of aan vergisting waardoor het product ook dunner wordt of juist stapelbaar maken door toevoeging van relatief droge biomassa zoals stro.

Afhankelijk van de gehalten en de gewenste nutriëntenaanvoer (vooral P_2O_5) kan de doseringen laag zijn (< 10 ton per ha). Het kan dan moeilijk zijn om met de huidige apparatuur het product goed te verdelen over het veld.

Bij de dunne producten, kan afhankelijk van de samenstelling, de gewenste dosering te laag zijn om nog met gangbare injectieapparatuur voor drijfmest te kunnen toedienen. Ook kan de verdeling in de breedte te wensen over laten, doordat de viscositeit van de dunne producten anders is dan van drijfmest. Bij gebruik van beschikbare apparatuur voor vloeibare kunstmest is de gewenste dosering vaak weer te hoog of kan er verstopping optreden door de aanwezigheid van zwevende delen.

De urinefracties zijn in vergelijking met kunstmest volumineus hetgeen een beperking kan zijn bij gebruik op kleigronden vanwege de risico's van structuurschade. Dit probleem speelt vooral in het vroege voorjaar, omdat er over geploegd land moet worden gereden, omdat de hoofdgrondbewerking vaak in het najaar wordt uitgevoerd. De bouwplanberekeningen voor het kleibedrijf lieten zien dat dit de toepassing beperkt. Evenals bij drijfmest zou gebruik kunnen worden gemaakt van sleepslangen-aanvoersystemen, waarbij niet met een zware tank over het land hoeft te worden gereden.

Bij de toepassing van spuiwater is in vergelijking met urinefracties beduidend minder product nodig om een zelfde hoeveelheid stikstof toe te dienen. Deze kan doorgaans met gangbare apparatuur voor vloeibare kunstmest (o.a. spaakwielbemester) worden toegediend.

In veel akkerbouwgewassen is het gebruikelijk om de N(K)-gift op te delen in meerdere giften per jaar. Dat heeft praktische belemmeringen voor de toediening wanneer volumineuze producten moeten worden toegediend als bijbemesting gedurende het seizoen. De praktische uitvoerbaarheid van het toedienen van meerdere bijbemestingen met urinefracties vormt hier een uitdaging.

Combinaties van mestproducten

De resultaten van de studie laten zien dat de verschillende mestsoorten een uiteenlopende samenstelling hebben met verschillen in verhouding tussen nutriënten, maar ook de verhouding tussen de minerale en organische N loopt sterk uiteen. Zo bevat de fecesfractie van varkensmest meer P_2O_5 dan de fecesfractie van rundvee. Daarentegen bevatten de urinefracties van melkvee duidelijk meer K_2O . Ook de verhouding tussen minerale en organische N in de verschillende mestproducten loopt sterk uiteen.

In dit rapport is, met name op gewasniveau, vooral gekeken naar de waarde van een enkel product en niet naar combinaties van verschillende meststromen of een mix met drijfmest. Om de gewas- en bouwplanbehoefte optimaal in te vullen, is het juist van belang om combinaties van mestproducten te maken. De bouwplanberekeningen voor de akkerbouw laten zien dat met juiste combinatie van rundvee- en varkensmestproducten de gewas- en bouwplanbehoefte het best kan worden benaderd. Uiteraard hangt dit wel af van de beschikbaarheid van diverse mestproducten. Ook kan nagegaan worden of door bewerking van de mestproducten de samenstelling nog kan worden verbeterd.

Voor de bouwplanberekeningen bij de akkerbouwbedrijven is een situatie met uitsluitend gebruik van drijfmest vergeleken met combinaties van urine- en fecesfracties. Hierbij moet worden benadrukt dat hierbij is uitgegaan van metingen aan de urine- en fecesfracties, terwijl voor de drijfmesten (referentiesituatie) is uitgegaan van gemiddelde gehalten zoals vermeld in het Handboek Bodem en Bemesting. Te verwachten is dat op de bedrijven waarop de metingen zijn gedaan aan de urine- en fecesfracties, de samenstelling van de drijfmest anders kan zijn geweest dan het gemiddelde gehalte waarmee nu is gerekend. Dit zou andere uitkomsten kunnen geven dan nu gevonden.

Overdosering

Bij gebruik van mestproducten moet worden voorkomen dat er voor bepaalde nutriënten sprake is van overdosering. Vaak worden de dosering afgestemd op een bepaalde gewenste N- en P_2O_5 -gift. Dit kan er toe leiden dat er te veel van andere aanwezige nutriënten wordt toegediend. Dit speelt bijvoorbeeld bij gebruik spuiwater geproduceerd met zwavelzuur, waarbij er vaak fors meer zwavel wordt aangevoerd dan de gewasbehoefte. Bij gebruik van urinefracties, met name van rundvee, kan er te veel K_2O meekomen. Naast het feit dat de overbodige K_2O verloren kan gaan (met name op lichte gronden) kan er ook negatieve effecten optreden op de gewaskwaliteit en de diergezondheid. De bouwplanberekening voor het zetmeelaardappelbedrijf liet zien dat door de relatief lage N/ K_2O -verhouding in de urineproducten van melkvee de K_2O -aanvoer beperkend wordt voor gebruik van dit product en er daardoor minder kunstmest-N kan worden vervangen.

Afbreekbaarheid organische stof

De stikstofwerking van de Norg-fractie van de gescheiden mestproducten en de hoeveelheid EOS die met deze producten wordt aangevoerd, is in deze studie modelmatig geschat op basis van bestaande kengetallen voor de afbraaksnelheid van de OS van ongescheiden mest. De samenstelling van de OS in urinefractie of dunne fractie verschilt waarschijnlijk van die van ongescheiden mest en daardoor mogelijk ook de afbraaksnelheid van de OS. Dit geldt ook voor de OS in fecesfracties in vergelijking met die in drijfmest. Kengetallen hierover ontbreken echter. Voor urinefracties zal het weinig uitmaken, omdat de Norg slechts een gering deel uitmaakt van de totale hoeveelheid stikstof in het product en daardoor een relatief geringe invloed

heeft op de N-werking. Deze wordt voornamelijk bepaald door de Nm-fractie. Voor feces of dikke fractie ligt dat echter anders, omdat Norg het grootste deel van totale hoeveelheid stikstof in het product uitmaakt.

Emissies

Bij de schatting van de NH₃-emissies is ervan uitgegaan dat bij ondiepe toediening van urinefracties (o.a. grasland en graan) de emissies lager zijn dan bij toediening van drijfmest. Dit is een aanname, verder onderzoek zal moeten uitwijzen of dat daadwerkelijk zo is. Het voordeel van minder NH₃-emissie bij toediening van urinefracties kan weer deels teniet worden gedaan door meer NH₃-emissie bij toediening van fecesfracties. Met name bij toediening van fecesfracties op grasland gaat een groot deel van de daarin aanwezige minerale N verloren door vervluchtiging. Als de fecesfractie vloeibaarder zou worden gemaakt en daardoor kunnen worden geïnjecteerd, kan deze emissie worden teruggedrongen bij toediening op grasland. Een ander optie is de feces te mengen met stro, waarin de minerale N (deels) in wordt vastgelegd en er minder emissie optreedt bij toediening.

Bij gebruik van urine- en fecesfractie op bouwland stijgt het ammoniakverlies bij toediening op het veld t.o.v. bij gebruik van drijfmest. Dit komt doordat van de aangevoerde NH₃-N deze ook deels in de feces-fractie zit. Bij de toediening is de vervluchtiging per toegediende NH₃-N bij de fecesfractie 22%, terwijl deze bij drijfmest en urinefractie slechts 2% bedraagt.

De N-werking bepaalt ook mede de risico's van nitraatuitspoeling door ontijdige N-mineralisatie. De berekeningen lieten zien dat bij vaste producten deze aanzienlijk hoger is (veel organische N) dan bij dunne producten (weinig organische N). Hierbij moet worden benadrukt dat de stalsystemen leiden tot een scheiding van uitgescheiden organische N over dunne en dikke producten, maar dat er in vergelijking met drijfmest op bedrijfsniveau niet meer of minder organische N is. Omdat organische N op grasland beter wordt benut dan op bouwland, hangt het van de verdeling van de mestproducten over gras- en bouwland af of de nieuwe stalsystemen effect zullen hebben op de risico's van nitraatuitspoeling. Als melkveebedrijven meer mest-N op het bedrijf houden door vooral gebruik van dunne producten zal er in vergelijking met een drijfmeststal meer organische N op bouwland terechtkomen en kan dat op systeemniveau leiden een hoger nitraatuitspoelingsrisico.

4.2 Conclusies

Verhouding nutriënten en EOS en N-werking

Urinefracties

- Bij urinefracties verkregen via aangepaste stalsystemen loopt de geschatte 1^e jaars N-werking bij ondiepe injectie op grasland uiteen van 72% tot 89%. De meerjarige N-werking loopt uiteen van 89% tot 91%. Bij toediening met diepe injectie op bouwland is de geschatte N-werking 2-4% hoger, doordat er minder ammoniakemissie plaatsvindt. In het algemeen is de N-werking van de urinefracties van varkens en kalveren hoger dan die van melkvee. Dat komt vooral door een hoger aandeel organische N in de totale N bij de melkveeproducten.
- De geschatte N-werking van de urinefracties is in het algemeen lager dan van kunstmest, maar gelijk of hoger dan de werking die moet worden gehanteerd bij dunne fracties (80%).
- Met urinefracties wordt vooral N en K₂O aangevoerd. Bij de urinefracties van melkvee wordt per eenheid N meer K₂O aangevoerd dan met de urinefracties van varkens. Dit is een aandachtspunt bij toepassing bij gewassen waarbij een te hoge K₂O-aanvoer kan leiden tot een minder opbrengst en kwaliteit (zoals zetmeelaardappelen) of tot problemen met diergezondheid kunnen leiden (melkveebedrijven).
- In het algemeen is het N-gehalte van urinefracties van varkens lager dan die van melkvee en kalveren. Dit leidt ertoe dat bij ondiepe toediening op grasland en wintertarwe er giften nodig zijn hoger dan 35-40 m³ per ha die waarschijnlijker moeilijker emissiearm zijn toe te dienen. Bij de melkvee- en kalverurinefracties lopen de doseringen uiteen tussen 15 en 25 ton per ha. Met name bij de lagere giften kan er behoefte zijn aan apparatuur, waarmee deze giften nauwkeurig kunnen worden toegediend.

Fecesfracties

- De 1^e jaars N-werking van de fecesfracties varieert bij toepassing op bouwland (aardappelen) bij de rundveemestproducten tussen 12% en 37% en bij de varkensmestproducten tussen 44% en 46%. De meerjarige N-werking ligt voor alle producten tussen 60% en 65%. De korte termijn N-werking is vooral bij rundveemestproducten lager dan de wettelijke waarden 40% en 55% voor, respectievelijk, rundveemest- en varkensmestproducten.
- Door de relatief lage N/P₂O₅ en K₂O/P₂O₅-verhouding wordt bij gebruik van de fecesfracties relatief weinig N en K₂O aangevoerd.

Emissies

- De dunne producten bevatten veel NH₃-N en stellen daarom hoge eisen aan een emissiearme toediening om NH₃-verliezen te voorkomen. Veel dikke producten bevatten ook nog NH₃-N (10-45% van N-totaal). Omdat vaste producten minder goed of niet zijn in te werken, leidt dit tot meer NH₃-emissie dan bij toediening van drijfmest en urinefracties.
- Bij fecesproducten is er een hoger risico van nitraatuitspoeling via ontijdige N-mineralisatie door de aanwezigheid van relatief veel organische N.

Inpassing op bedrijf

- *Melkveebedrijf*
 - De berekeningen bij het melkveebedrijf laten zien dat bij maximale inzet van urinefractie er minder kunstmest-N en -K₂O nodig is in vergelijking met een drijfmestsituatie. Er moet dan echter wel meer kunstmest-P₂O₅ worden aangekocht. Dit geldt voor een situatie waarin de urinefractie is aangemerkt als dierlijke mest (dus vallend binnen de mest-N-norm van 170 kg N per ha). Indien de urinefractie als kunstmestvervanger zou worden aangemerkt, kan er meer fecesfractie en P₂O₅ op het bedrijf blijven, maar de K₂O-aanvoer stijgt dan wel. Wanneer maximaal fecesfractie wordt gebruikt, is er in vergelijking met een drijfmestsituatie geen kunstmest-P₂O₅ meer nodig, maar wel meer kunstmest-N en -K₂O.
 - Met name wanneer er op het melkveebedrijf veel fecesfractie wordt gebruikt is de NH₃-emissie hoger dan bij volledig gebruik van drijfmest. Dit komt vooral door de oppervlakkige toediening van fecesfractie op grasland.
- *Akkerbouwbedrijf*
 - De berekeningen op bouwplan bij het akkerbouwbedrijf laten zien dat wanneer de wanneer de drijfmest wordt vervangen door een combinatie van urine- en fecesfracties, het kunstmest-N en K₂O-gebruik kan worden beperkt, met name wanneer de urinefracties als kunstmestvervanger

- worden aangemerkt. Op het bedrijf met zetmeelaardappelen zijn er wel beperkingen met de inzet van urinefracties vanwege te hoge kaliaanvoer. Dit speelt vooral bij urinefracties van melkvee.
- Bij akkerbouwbedrijven op zandgrond stijgt de ammoniakemissie wanneer in plaats van drijfmest een combinatie van feces- en urinefracties worden gebruikt. Dit komt doordat bij de toediening van de fecesfractie er meer emissie plaatsvindt dan bij drijfmest en urinefracties (lage emissie bij diepe injectie). Bij akkerbouwbedrijven op kleigrond, waar de dunne mestproducten meestal ondiep worden toegediend, is het omgekeerde het geval. Dit komt, omdat aangenomen is dat bij ondiepe toediening van drijfmest meer emissie plaatsvindt dan bij ondiepe toediening van urinefracties, terwijl de emissie bij de toediening van fecesfracties vergelijkbaar is met die bij ondiepe toediening van drijfmest.

5 Referenties

- CDM (2017). CDM-advies 'Criteria voor organische-stofrijke meststoffen', 14 p.
- De Boer, H.C., Broelsma, K.M., Fleurkens, B.G.M., Schoonbergen, A., Van Vliet, P.C.J., 2020. Pyrolyse ter bepaling van de kwaliteit van organische stof in mest. Wageningen Livestock Research, Rapport 1240.
- Ehlert, P.A.I., J. Nelemans en G.L. Velthof, 2012. Stikstofwerking van mineralenconcentraten. Stikstofwerkingscoëfficiënten en verliezen door denitrificatie en stikstofimmobilisatie bepaald onder gecontroleerde omstandigheden. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2314, 98 pp.
- Ehlert, P.A.I. & J. van der Lippe, 2020a. Toetsing van de Groene Weide Meststof in de praktijk; Demovelden van de gebiedsgerichte pilot Kunstmestvrije Achterhoek 2018. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 3007, 38 pp.
- Ehlert, P.A.I. & J. van der Lippe, 2020b. Toetsing van de Groene Weide Meststof in de praktijk; Demovelden van de gebiedsgerichte pilot Kunstmestvrije Achterhoek 2019. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport ISSN 1566-7197, 43 pp.
- Ehlert, P.A.I., H.C. de Boer & J. van der Lippe, 2021. Toetsing van de Groene Weide Meststof in de praktijk; Demovelden van de gebiedsgerichte pilot Kunstmestvrije Achterhoek 2020. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 3114, 50 pp.
- Hanegraaf, M., Nienhuis, C., Vervuurt, W., Selin Noren, I., van Geel, W., & de Haan, J. (2021). *Kengetallen HC en EOS van organische meststoffen en bodemverbeteraars: Verkenning van oude en nieuwe waarden met het oog op actualisatie*. (Rapport / Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Open Teelten; No. WPR-873). Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Open Teelten. <https://doi.org/10.18174/545711>
- Huygens D, Orveillon G, Lugato E, Tavazzi S, Comero S, Jones A, Gawlik B, Saveyn HGM. Technical proposals for the safe use of processed manure above the threshold established for Nitrate Vulnerable Zones by the Nitrates Directive (91/676/EEC)
- Janssen, B.H. (1984). A simple method for calculating decomposition and accumulation of "young" soil organic matter. *Plant & Soil* 76, p. 297-304.
- Janssen, B.H. (1996). Nitrogen mineralization in relation to C:N ratio and decomposability of organic materials. *Plant and Soil* 181, p. 39-45.
- Ministeries van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit & Infrastructuur en Waterstaat (2017). Zesde Nederlandse actieprogramma betreffende de Nitraatrichtlijn (2018 - 2021), 163 p.
- Ministeries van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit & Infrastructuur en Waterstaat (2021). Ontwerp 7e Nederlandse actieprogramma betreffende de Nitraatrichtlijn (2022 - 2025), 126 p.
- Schröder, J.J., H.F.M. Aarts, M.J.C. de Bode, W. van Dijk, J.C. van Middelkoop, M.H.A. de Haan, R.L.M. Schils, G.L. Velthof & W.J. Willems, 2004. Gebruiksnormen bij verschillende landbouwkundige en milieukundige uitgangspunten. *Plant Research International*, rapport nr. 79, Wageningen, 60 pp.
- Schröder, J.J., W. de Visser, F.B.T. Assinck & G.L. Velthof (2013). Effects of short-term nitrogen supply from livestock manures and cover crops on silage maize production and nitrate leaching. *Soil Use and Management* 29, issue 2: 151-160.
- Schröder, J. J. & W. van Dijk (2019). Stikstofwerking van organische meststoffen en hun relatie met gebruiksnormen. Wageningen Plant Research, rapport WPR-916, 45 p
- Van Boxmeer, E.G.G., H. Schilder, N. Verdoes, P.J. Galama, G.C.C. Kupers, 2023. Samenstelling mestproducten uit innovatieve stalsystemen in de melkvee-, varkens- en kalverhouderij; Betere stal, betere mest, betere oogst. Wageningen Livestock Research, Rapport 1410.
- Van 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 and T. van der Zee, 2022. Emissies naar lucht uit de landbouw berekend met NEMA voor 1990-2020. Wageningen, The Statutory Research Tasks Unit for Nature and the Environment (WOT Natuur & Milieu), WOT-technical report 224. 229 p.
- Van Dijk, W., N. van Eekeren, J. van Middelkoop & G. Velthof (2021), Stikstofdynamiek bij vruchtwisseling van grasland en bouwland. Wageningen, Notitie Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen, 16 p.
- Van Dijk, W. & P. Galama, 2019. De maat van mest. Perspectief van mestbewerking op de boerderij vanuit belang akkerbouwer en melkveehouder. Wageningen Research, Rapport 547.
- Van Dijk, W., Postma, R., & Roefs, J. (2020). *Landbouwkundige waarde mestbewerkingsproducten : aanvoer van nutriënten en organische stof met geselecteerde product-markt-combinaties*. (Rapport / Wageningen

- University & Research, Businessunit Agrosysteemkunde; No. WPR-1012). Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Businessunit Agrosysteemkunde. <https://doi.org/10.18174/528799>
- Van Dijk, W., J. Spruijt, W. Runia & W.C.A. van Geel, 2012. Verruiming vruchtwisseling in relatie tot mineralenbenutting, bodemkwaliteit en bedrijfseconomie op akkerbouwbedrijven. Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, Publicatie nr. 527, 77 pp.
- Van Geel, W., J. de Haan, M. Hanegraaf & R. Postma (2019). Doorontwikkeling classificatieschema organische-stofrijke meststoffen: Deskstudie in het kader van de PPS Beter Bodembeheer / effecten van organische stof. Wageningen: Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business Open Teelten. 60 p. (WPR rapport; no. 830).
- Van Geel, W., W. van Dijk & W. van den Berg (2012). Stikstofwerking van mineralenconcentraten bij aardappelen. Verslag van veldonderzoek in 2009 en 2010. Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, publicatie nr. 475, 68 pp.
- Van Gollenbeek, L., J. van Gastel, F. Casu, N. Verdoes (2021a). Emissies en kosten van verschillende scenario's voor de verwaarding van varkensmest: NL Next Level Mestverwaarden, Wageningen Livestock Research, Wageningen, rapport 1331.
- Van Gollenbeek, L., J. van Gastel, F. Casu, N. Verdoes (2021b). Emissies en kosten van verschillende scenario's voor de verwaarding van kalvermest: NL Next Level Mestverwaarden, Wageningen Livestock Research, Wageningen, rapport 1340.
- Van Gollenbeek, L., J. van Gastel, F. Casu, I. Huisman, N. Verdoes (2022). Emissies en kosten van verschillende scenario's voor de verwaarding van rundveemest: NL Next Level Mestverwaarden, Wageningen Livestock Research, Wageningen, rapport 1372.
- Van Middelkoop, J.C. & G. Holshof, 2012. Stikstofwerking van mineralenconcentraten op grasland; Veldproeven 2009, 2010 en 2011. Wageningen UR Livestock Research, rapportnr. 643, 50 p.

Websites

www.handboekbodemenbemesting.nl)

<https://www.rvo.nl/onderwerpen/agrarisch-ondernemen/mest/gebruiken-en-uitrijden/hoeveel-fosfaat-landbouwgrond/extra-organische-mest-uitrijden>

Bijlage 1. Omschrijving mestparameters

De nieuwe mestproducten die in stallen met mestscheiding aan de basis geproduceerd gaan worden zijn anders van samenstelling dan de gebruikelijke mestsoorten (vooral drijfmest). Een eerste beoordeling van de landbouwkundige waarde en milieukundige aspecten van de nieuwe mestproducten kan worden gedaan aan de hand van analyse van de samenstelling. De hiervoor benodigde parameters zijn op te splitsen in bemestende waarde, het gehalte aan organische stof, de landbouwkundige toepasbaarheid, milieukundige aspecten en (phyto)sanitaire eigenschappen van de mestproducten.

Bemestende waarde

Belangrijkste hoofdelementen

Meest van belang voor de bemesting zijn:

- N-totaal (N-NH₃ en N-org) en N-werkingscoëfficiënt
- P₂O₅
- K₂O
- MgO

De N-werkingscoëfficiënt kan worden geschat op basis van:

- de verhouding N-NH₃ en N-org
- de toedieningsmethode, op basis waarvan het ammoniakvervluchtigingsverlies na toediening wordt geschat
- modelmatige berekening van de mineralisatiesnelheid van N-org

Bij twijfel of ter verificatie kan de N-werkingscoëfficiënt worden vastgesteld in veldproeven.

De mineralisatiesnelheid kan in eerste instantie worden geschat m.b.v. het mineralisatiemodel Minip (Janssen, 1996 en 1984).

Daarvoor moeten bekend zijn:

- de humificatiecoëfficiënt (HC) van de organische stof (OS) in de mest
- de C/N-verhouding van de organische stof in de mest

In sommige gevallen kunnen wellicht bestaande kengetallen voor de HC worden genomen, afhankelijk van het diertype waarvan de mest afkomstig is en de bewerking die het mestproduct heeft ondergaan. In andere gevallen (waar twijfel is of het niet kan worden geschat), moet het worden gemeten via bijvoorbeeld incubatieproeven.

Voor de berekening van C/N-verhouding moet het N-org-gehalte zijn gemeten en het C-org-gehalte of het OS-gehalte. In het laatste geval wordt vaak uitgegaan van een gemiddeld C-gehalte van 50% C in de OS van het dierlijke mestproduct (hoewel dit enigszins kan variëren).

Verder is van belang om te weten/meten:

- dichtheid (kg/m³)
- pH
- EC

De dichtheid moet bekend zijn om van m³ naar tonnen om te rekenen, als de dosering op volumebasis plaatsvindt (kuubs per ha), terwijl de gehalten op gewichtsbasis zijn vastgesteld (kg/ton).

Aan de hand van de pH-waarde van het product kan het risico op ammoniakvervluchtiging beter worden bepaald (hoger bij pH>7 en lager bij pH<7).

De EC is een maat voor het zoutgehalte van het product. De drempelwaarde voor de EC waarboven gewasschade kan optreden, verschilt per gewas.

Overige hoofdelementen en sporenelementen (S, Ca, Zn, Cu, B, Mn, Fe, Mo, Co, Se)

Telers willen tegenwoordig ook graag weten hoeveel zwavel, calcium en sporenelementen er met mestproducten wordt aangevoerd om te voorzien in de gewasbehoefte dan wel de bodemvoorraad op peil te houden. Het is voor het gebruik in praktijk geen groot bezwaar als deze niet zijn gemeten in individuele partijen mestproducten. Bij onbewerkte/onverwerkte mest zijn ze in de regel ook niet bekend. Maar een overzicht van de gemiddelde gehalten van deze elementen per mestproduct is al waardevolle informatie. De Commissie Bemesting Akkerbouw/Vollegroondsgroenten wil op de website handboekbodembemesting.nl uitgebreidere informatie opnemen over de mineralensamenstelling van mestproducten.

Kobalt en selenium zijn niet direct van belang voor gewasgroei, maar wel voor de voederwaarde voor rundvee.

Chloride en natrium

Kennis over het Cl-gehalte is met name van belang voor de zetmeelaardappelteelt i.v.m. een negatief effect van (te hoge) Cl-aanvoer op het zetmeelgehalte.

Voor natrium zijn de volgende aspecten van belang:

- Op zand-, dal- en veengronden heeft natriumbemesting bij suikerbieten vaak een positief effect op het wortelgewicht en suikergehalte.
- Natrium heeft een negatief effect op de structuur van kleigronden.
- Natrium bevordert de smakelijkheid van het gras voor rundvee.

Organische stof (bodemverbeteraar)

Hoeveelheid effectieve organische stof

Een belangrijk criterium is hoeveel effectieve organische stof (EOS) er met mestproducten kan worden aangevoerd binnen de gebruiksnormen (de fosfaatgebruiksnorm en de N-aanvoernorm dierlijke mest).

Parameters: verhouding EOS / P₂O₅ en EOS / N-totaal

EOS is een berekende waarde, die wordt geschat aan de hand van het OS-gehalte van de mest en de humificatiecoëfficiënt (HC): $EOS = OS \times HC$.

Toepasbaarheid

Toedieningstechniek

Vorm: vloeibaar of vast

Beoordeling:

- of het product met bestaande machines is toe te passen (giertank, mestverstrooier enz.),
- of dat eventueel een aanpassing bij bestaande machines moet worden aangebracht om het te kunnen toepassen,
- of dat een nieuwe machine moet worden ontwikkeld.

Welke gewassen (melkveehouderij, akker- en tuinbouw)

In welke gewassen een product kan worden toegepast, hangt af van de bemestende waarde en de toepasbaarheid, mede i.v.m. kans op structuurschade van de bodem. Hierbij is van belang hoe volumineus of geconcentreerd het product is en met welke apparatuur het kan worden toegediend en of het in een staand gewas moet worden toegediend.

Milieukundige aspecten

Gehalte aan zware metalen

Bepaalde meststoffen kunnen vervuild zijn met zware metalen. Voor meststoffen gelden wettelijke normen. Ook komt het voor dat een BOOM-analyse nodig kan zijn.

Verliezen naar lucht en bodem (N) / voorkomen emissies

Ammoniakvervluchtiging

Het risico op ammoniakvervluchtiging hangt af van:

- het aandeel N-NH₃ van N-totaal in de meststof
- de pH van de meststof
- de toedieningsmethode van de mest

Denitrificatie (lachgas)

Snel afbreekbare organische verbindingen kunnen het risico op denitrificatie verhogen. Een maatstaaf hiervoor is meting van de potentiële denitrificatie via incubatieproeven.

Nitraatuitspoeling / ontijdige mineralisatie

Ontijdige mineralisatie van stikstof (mineralisatie in een periode dat er geen gewasopname plaatsvindt) kan de nitraatuitspoeling verhogen. Het treedt met name op in de nazomer en herfst. Als de gemineraliseerde stikstof niet vóór de winter wordt opgenomen door een volgteelt of vanggewas, kan deze in de winter uitspoelen.

De ontijdige mineralisatie kan worden geschat m.b.v. een mineralisatiemodel als Minip. Benodigde parameters hiervoor zijn: N-org, C/N van de OS in de mest en HC van de OS in de mest. Feitelijk betreft dit het complement van het werkzame deel van de aanwezige organische stikstof.

Risico verspreiding ziekten en onkruiden:

Omdat organische meststoffen ziektekiemen en onkruidzaden kunnen bevatten, zullen die risico's per mestproduct moeten worden beoordeeld.

Voor toepassing van dierlijke mest in vollegrondsgroenten is er een hygiëncode die besmetting van verse groenten met ziekteverwerkers uit mest (o.a. E. coli) moet voorkomen.

Soms bevat organische mest onkruidzaden waardoor sommige telers het product minder snel zullen gebruiken

Het risico bij dikke en dunne fractie na scheiding van drijfmest zal weer anders zijn dan bij mestscheiding in de stal in urine en feces. De kans op verspreiding van ziekten of onkruiden is bij toepassing van urine waarschijnlijk gering tot afwezig. Bij feces daarentegen, is het risico van verspreiding wel aanwezig. Mestbewerking kan hier ook invloed op hebben. Door vergisting bijvoorbeeld, worden pathogenen en onkruidzaden deels gedood.

Het risico van aanwezigheid van levende pathogenen en onkruidzaden in mestproducten kan mogelijk worden ingeschat op basis van de scheidingsmethode of bewerkingsmethode. Om meer zekerheid te verkrijgen kunnen levende pathogenen wellicht worden gemeten met een sneltest (op basis van DNA en RNA). De aanwezigheid van kiemkrachtige onkruidzaden kan via proeven worden vastgesteld.

Tabel B1.1 Parameters mestproducten en de landbouwkundige urgentie per parameter

Kenmerk	Wijze bepaling	Urgentie		
		Hoog	Gem	Laag
Samenstelling				
• N-totaal	meetwaarde	X		
• N-NH ₃	meetwaarde	X		
• N-org	afgeleide waarde (N-totaal – N-NH ₃)	X		
• N-NH ₂ ?	meetwaarde			
• Drogestof	meetwaarde	X		
• Organische stof (OS)	meetwaarde	X		
• eventueel C-org	meetwaarde		X	
• HC	forfaitaire waarde of meetwaarde	X		
• P ₂ O ₅	meetwaarde	X		
• K ₂ O	meetwaarde	X		
• MgO	meetwaarde	X		
• Overige macro- en micronutriënten (S, Ca, Zn, Cu, B, Mn, Fe, Mo, Co, Se)	meetwaarden		X	
• Cl en Na	meetwaarden		X	
• zware metalen (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, As)	meetwaarden			X
Berekend				
• N-werkingscoëfficiënt	afgeleide waarde	X		
• C/N van de OS	afgeleide waarde	X		
• EOS, EOS/P ₂ O ₅ , EOS/N-totaal	afgeleide waarden	X		
Overig				
• dichtheid (kg/m ³)	meetwaarde		X	
• pH	meetwaarde	X		
• EC	meetwaarde		X	
• vorm: vloeibaar/vast	beoordeling	X		
• risico denitrificatie	meting potentiële denitrificatie			X
• benodigde toedieningstechniek	beoordeling	X		
• levende pathogenen	risico-inschatting of meting (sneltest) ?		X	
• kiemkrachtige onkruidzaden	risico-inschatting of experimenteel vaststellen?		X	
• Processen waarmee product is gemaakt (inclusief toegevoegde hulpstoffen)	beoordeling cfm. processchema	X		
Berekend				
• ammoniakvervluchtigingsverlies	afgeleide waarde	X		
• ontijdige mineralisatie / risico nitraatuitspoeling	afgeleide waarde	X		
Aanvulling m.b.t. mestbewerking				
• Biogaspotentieel	meetwaarde			
• Consistentie (verpompbaar, stapelbaar)	beoordeling			
• Hoeveelheden te verwerken mest (massabalansen)	aanname			
• Electra/energie, water gebruik	beoordeling			
• Kostenindicatie mestverwerkingstechnieken	beoordeling			
• Parameters voedingswaarde (eiwit, zetmeel, vet en vezels) mest t.b.v. alternatieve teelten	meetwaarde			

Bijlage 2. Afzonderlijke uitkomsten berekeningen per meting per mestproduct en per stalsysteem

Tabel B2.1. Nutriëntengehalten en -verhoudingen en berekende N-werking bij gras, tarwe, aardappelen en suikerbieten (KT = korte termijn/1^e jaar, LT = lange termijn) bij de afzonderlijke metingen van de **dunne** producten bij de diverse stalsystemen.

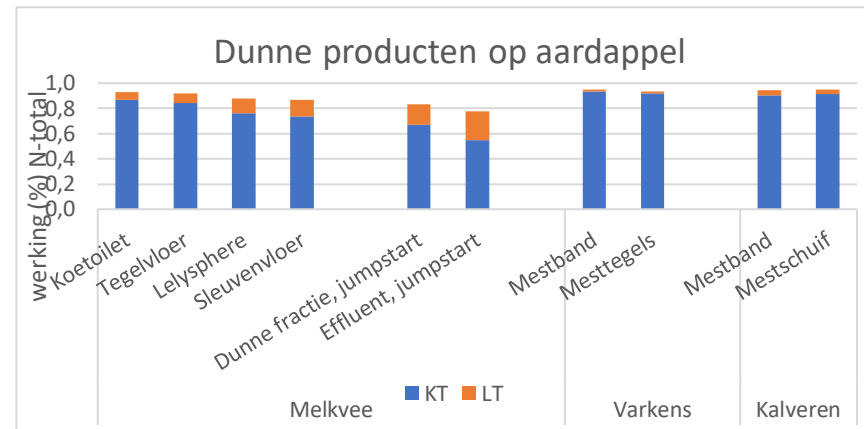
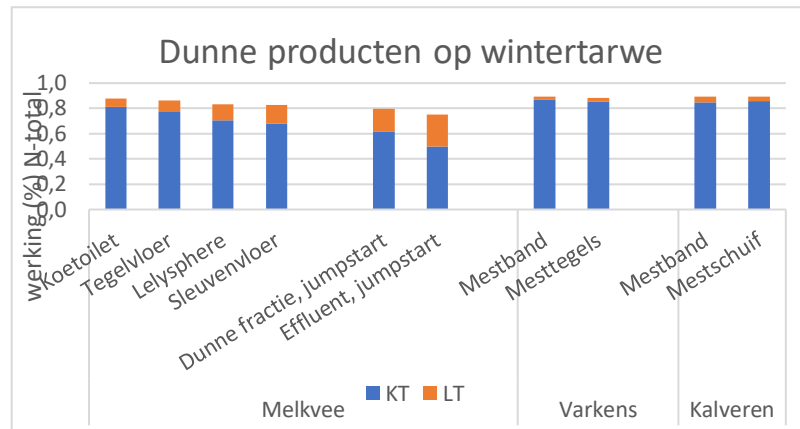
Stalsysteem	Product	Tijdstip bemonstering	Gehalten (kg/ton)					Verhoudingen				N-werking (fractie t.o.v. N-totaal)							
			Ntot	NH3-N	P2O5	K2O	EOS	Nm/Ntot	N/K2O	N/P2O5	EOS/P2O5	Gras (1e snede)		Tarwe		Aard		Sbiet	
												KT	LT	KT	LT	KT	LT	KT	LT
Melkvee																			
Zeraflex doorlatende tegelvloer M1 Leeuwarden	Gier	31-Aug-2021	4.06	2.68	0.24	8.65	17	0.66	0.47	17.06	69	0.70	0.89	0.65	0.81	0.71	0.85	0.71	0.85
Zeraflex doorlatende tegelvloer M1 Leeuwarden	Gier	24-Jan-2022	2.96	2.29	0.46	7.40	12	0.77	0.40	6.43	26	0.77	0.90	0.74	0.85	0.79	0.89	0.79	0.89
Zeraflex doorlatende tegelvloer M2 Hoogland	Gier	8-Sep-2021	3.27	2.47	0.46	6.92	18	0.76	0.47	7.14	40	0.74	0.90	0.72	0.84	0.77	0.89	0.77	0.89
Zeraflex doorlatende tegelvloer M2 Hoogland	Gier	26-Jan-2022	3.53	2.97	0.30	8.31	11	0.84	0.42	11.77	38	0.81	0.90	0.79	0.87	0.85	0.92	0.85	0.92
Zeraflex doorlatende tegelvloer M2 Hoogland	Gier	8-Sep-2021	2.95	2.40	0.32	6.75	10	0.81	0.44	9.28	31	0.79	0.90	0.77	0.86	0.82	0.91	0.82	0.91
Zeraflex doorlatende tegelvloer M2 Hoogland	Gier	26-Jan-2022	1.48	1.32	0.14	3.69	4	0.89	0.40	10.57	31	0.84	0.91	0.83	0.89	0.89	0.94	0.89	0.94
Zeraflex doorlatende tegelvloer M3, Noord Berghum	Gier	10-Aug-2021	3.88	3.83	0.09	7.89	6	0.99	0.49	43.11	71	0.91	0.92	0.91	0.92	0.97	0.98	0.97	0.98
Zeraflex doorlatende tegelvloer M3, Noord Berghum	Gier	24-Jan-2022	3.96	3.76	0.10	7.48	7	0.95	0.53	39.60	69	0.88	0.92	0.88	0.90	0.93	0.96	0.93	0.96
LelySphere M5, Nipsen	Gier	16-Feb-2022	3.08	1.98	0.69	5.04	16	0.64	0.61	4.46	23	0.69	0.89	0.63	0.81	0.69	0.84	0.69	0.84
LelySphere M5, Nipsen	Gier	16-Feb-2022	2.87	1.92	0.60	5.70	16	0.67	0.50	4.78	26	0.70	0.89	0.65	0.81	0.71	0.85	0.71	0.85
LelySphere M6, Terheijden	Gier	3-Oct-2022	3.14	2.41	0.35	5.88	11	0.77	0.53	8.97	32	0.77	0.90	0.73	0.85	0.79	0.89	0.79	0.89
LelySphere M6, Terheijden	Gier	3-Oct-2022	3.07	2.60	0.17	5.72	7	0.85	0.54	18.38	40	0.82	0.91	0.80	0.87	0.86	0.92	0.86	0.92
Beton sleuvenvloer met mechanische scheiding en fakkelt M12, Haarsteeg	Gier	16-mrt-2022	3.96	2.64	1.55	5.30	25	0.67	0.75	2.55	16	0.69	0.89	0.65	0.81	0.70	0.85	0.70	0.85
Beton sleuvenvloer met mechanische scheiding en fakkelt M12, Haarsteeg	Gier	16-mrt-2022	3.58	2.31	1.33	4.43	23	0.65	0.81	2.69	17	0.68	0.89	0.63	0.81	0.69	0.85	0.69	0.85
Beton sleuvenvloer met toevoeging stro en fermentatie M13, Uden	Gier	16-Dec-2021	3.86	2.59	0.60	10.71	29	0.67	0.36	6.43	48	0.68	0.89	0.65	0.81	0.70	0.85	0.70	0.85
Beton sleuvenvloer met toevoeging stro en fermentatie M13, Uden	Gier	2-Jan-2022	4.89	3.54	0.44	9.58	27	0.72	0.51	11.11	61	0.73	0.89	0.69	0.83	0.75	0.88	0.75	0.88
Beton sleuvenvloer met toevoeging stro en fermentatie M13, Uden	Gier	2-Jan-2022	4.96	3.75	0.48	8.85	17	0.76	0.56	10.33	35	0.76	0.90	0.73	0.84	0.78	0.89	0.78	0.89
Beton sleuvenvloer met toevoeging stro en fermentatie M13, Uden	Gier	2-Jan-2022	5.44	4.09	0.53	9.40	20	0.75	0.58	10.26	38	0.76	0.90	0.72	0.84	0.78	0.89	0.78	0.89
Beton sleuvenvloer met toevoeging stro en fermentatie M13, Uden	Gier	2-Jan-2022	5.41	3.99	0.56	9.50	21	0.74	0.57	9.66	38	0.75	0.90	0.71	0.84	0.77	0.88	0.77	0.88
Koetloilet M1 Leeuwarden	Urine	31-Aug-2021	4.76	4.28	0.01	11.19	8	0.90	0.43	340.00	545	0.85	0.91	0.84	0.89	0.90	0.94	0.90	0.94
Koetloilet M4 Zelhem	Urine	3-Nov-2022	7.22	5.98	0.69	11.91	17	0.83	0.61	10.46	25	0.81	0.90	0.78	0.87	0.84	0.91	0.84	0.91
Jumpstart mestvergisting en strippen M11, Molenschot	Dunne fractie	8-Sep-2021	3.48	2.07	0.74	3.88	19	0.59	0.90	4.73	26	0.66	0.88	0.60	0.79	0.65	0.83	0.65	0.83
Jumpstart mestvergisting en strippen M11, Molenschot	Dunne fractie	2-Feb-2022	3.99	2.55	1.00	4.54	17	0.64	0.88	3.99	17	0.69	0.89	0.63	0.80	0.69	0.84	0.69	0.84
Jumpstart mestvergisting en strippen M11, Molenschot	Effluent na strip	8-Sep-2021	2.24	0.93	0.71	3.62	18	0.42	0.62	3.17	26	0.54	0.86	0.45	0.73	0.51	0.76	0.51	0.76
Jumpstart mestvergisting en strippen M11, Molenschot	Effluent na strip	2-Feb-2022	3.00	1.56	0.92	4.65	18	0.52	0.65	3.26	20	0.61	0.87	0.54	0.77	0.59	0.80	0.59	0.80
Varkens																			
Mestband onder de roosters V1, Echt	Gier	11-Feb-2021	1.49	1.32	0.09	2.25	1	0.89	0.66	16.56	17	0.88	0.91	0.85	0.88	0.92	0.94	0.92	0.94
Mestband onder de roosters V1, Echt	Gier	18-Jan-2022	3.70	3.53	0.12	3.41	3	0.95	1.09	30.83	23	0.90	0.92	0.89	0.91	0.95	0.96	0.95	0.96
Mesttegels onder de roosters V2, Heurne	Gier	3-Nov-2022	1.66	1.42	0.06	2.07	2	0.86	0.80	27.67	28	0.88	0.91	0.84	0.87	0.91	0.93	0.91	0.93
Mesttegels onder de roosters V2, Heurne	Gier	16-6-2022	2.54	2.28	0.25	3.42	2	0.90	0.74	10.16	7	0.89	0.91	0.86	0.89	0.93	0.94	0.93	0.94
Kalveren																			
Mestband onder de roosters K1, Someren	Gier	8-Nov-2021	5.45	4.90	0.13	8.17	10	0.90	0.67	40.98	74	0.85	0.91	0.84	0.89	0.90	0.94	0.90	0.94
Mestband onder de roosters K1, Someren	Gier	16-Mar-2022	3.85	3.85	0.76	4.45	5	1.00	0.87	5.07	6	0.92	0.92	0.92	0.92	0.98	0.98	0.98	0.98
Mestband onder de roosters K1, Someren	Gier	8-Nov-2021	2.68	2.35	0.40	4.53	5	0.88	0.59	6.68	12	0.84	0.91	0.82	0.88	0.88	0.93	0.88	0.93
Mestband onder de roosters K1, Someren	Gier	16-3-2022	4.27	3.66	0.87	5.86	8	0.86	0.73	4.91	9	0.83	0.91	0.81	0.87	0.87	0.93	0.87	0.93
Mestschuif onder de roosters K2, Overberg	Gier	3-Oct-2022	4.00	3.77	0.17	4.23	4	0.94	0.95	23.53	26	0.88	0.91	0.87	0.90	0.93	0.96	0.93	0.96
Mestschuif onder de roosters K3, Terschuur	Gier	15-Mar-2022	2.40	2.11	0.50	4.36	7	0.88	0.55	4.80	14	0.83	0.91	0.82	0.88	0.88	0.93	0.88	0.93
Mestschuif onder de roosters K4, Barneveld	Gier	3-Jul-2022	3.51	3.33	0.08	5.11	3	0.95	0.69	43.88	39	0.89	0.92	0.88	0.90	0.94	0.96	0.94	0.96

Tabel B2.2. Nutriëntgehalten en -verhoudingen en berekende N-werking bij gras, tarwe, aardappelen en suikerbieten (KT = korte termijn/1^e jaar, LT = lange termijn) bij de afzonderlijke metingen van de **dikke** producten bij de diverse stalsystemen

Stalsysteem	Product	Tijdstip bemonstering	Gehalten (kg/ton)					Verhoudingen				N-werking (fractie t.o.v. N-totaal)			
			Ntot	NH3-N	P2O5	K2O	EOS	Nm/Ntot	N/K2O	N/P2O5	EOS/P2O5	Aard		Sbiet	
												KT	LT	KT	LT
Melkvee															
Zeraflex doorlatende tegelvloer M1 Leeuwarden	Feces	31-Aug-2021	4.03	0.47	2.36	2.17	82	12%	1.86	1.71	35	0.20	0.62	0.23	0.62
Zeraflex doorlatende tegelvloer M2 Hoogland	Feces	8-Sep-2021	3.49	0.44	1.70	1.67	71	13%	2.09	2.05	42	0.20	0.62	0.23	0.62
Zeraflex doorlatende tegelvloer M2 Hoogland	Feces	26-Jan-2022	3.58	0.56	2.18	2.04	75	16%	1.75	1.64	34	0.22	0.63	0.24	0.63
Zeraflex doorlatende tegelvloer M3, Noord Berghum	Feces	10-Aug-2021	4.53	0.64	2.66	2.07	88	14%	2.19	1.70	33	0.22	0.63	0.24	0.63
Zeraflex doorlatende tegelvloer M3, Noord Berghum	Feces	24-Jan-2022	4.32	0.85	2.75	3.10	80	20%	1.39	1.57	29	0.25	0.64	0.28	0.64
Zeraflex doorlatende tegelvloer M2 Hoogland	Feces+stro	8-Sep-2021	5.25	1.01	2.47	2.33	98	19%	2.25	2.13	40	0.25	0.63	0.27	0.63
Zeraflex doorlatende tegelvloer M2 Hoogland	Feces+stro	26-Jan-2022	3.66	0.86	2.08	3.01	73	23%	1.22	1.76	35	0.26	0.64	0.29	0.64
Zeraflex doorlatende tegelvloer M3, Noord Berghum	Feces+stro	10-Aug-2021	4.77	0.91	2.75	3.06	104	19%	1.56	1.73	38	0.23	0.63	0.25	0.63
Zeraflex doorlatende tegelvloer M3, Noord Berghum	Feces+stro	24-Jan-2022	4.29	0.95	2.82	2.61	92	22%	1.64	1.52	33	0.25	0.64	0.27	0.64
LelySphere M5, Nipsen	Feces	16-Feb-2022	3.45	0.99	1.49	2.54	49	29%	1.36	2.32	33	0.32	0.65	0.35	0.65
LelySphere M5, Nipsen	Feces	16-Feb-2022	3.16	1.10	1.33	2.45	36	35%	1.29	2.38	27	0.37	0.66	0.40	0.66
LelySphere M6, Terheijden	Feces	3-Oct-2022	3.88	1.61	1.42	3.30	56	41%	1.18	2.73	40	0.39	0.67	0.41	0.67
LelySphere M7 Oudenbosch	Feces	11-Feb-2021	3.58	0.39	1.83	1.89	80	11%	1.89	1.96	44	0.18	0.62	0.21	0.62
LelySphere M7 Oudenbosch	Feces	28-Feb-2022	3.68	0.45	1.51	1.96	73	12%	1.88	2.44	48	0.20	0.62	0.23	0.62
Beton sleuvenvloer met mechanische scheiding en fakkel M12, Haarsteeg	Feces	29-Oct-2021	4.31	1.28	2.45	4.45	51	30%	0.97	1.76	21	0.34	0.65	0.37	0.65
Beton sleuvenvloer met mechanische scheiding en fakkel M12, Haarsteeg	Feces	16-Mar-2022	4.94	1.42	2.68	4.69	52	29%	1.05	1.84	19	0.34	0.65	0.37	0.65
Beton sleuvenvloer met toevoeging stro en fermentatie M13, Uden	Feces	16-Dec-2021	3.92	1.11	1.49	5.51	65	28%	0.71	2.63	44	0.31	0.65	0.33	0.65
Beton sleuvenvloer met toevoeging stro en fermentatie M13, Uden	Feces	2-Jan-2022	4.12	1.14	1.72	5.10	62	28%	0.81	2.40	36	0.31	0.65	0.34	0.65
Beton sleuvenvloer met toevoeging stro en fermentatie M13, Uden	Feces, geferm	16-Dec-2021	3.94	1.33	1.74	4.57	81	34%	0.86	2.26	46	0.32	0.66	0.33	0.66
Beton sleuvenvloer met toevoeging stro en fermentatie M13, Uden	Feces, geferm	2-Jan-2022	4.37	1.35	2.04	4.21	85	31%	1.04	2.14	42	0.31	0.66	0.32	0.66
Jumpstart mestvergisting en strippen M11, Molenschot	Dikke fractie	8-Sep-2021	7.39	2.05	5.86	4.10	180	28%	1.80	1.26	31	0.26	0.65	0.28	0.65
Jumpstart mestvergisting en strippen M11, Molenschot	Dikke fractie	2-Feb-2022	9.12	3.06	8.50	4.05	216	34%	2.25	1.07	25	0.30	0.66	0.31	0.66
Vrijloopstal (met houtsnippers) M8, Midden Beemster	Houtsnippermest	19-Jan-2022	11.69	0.29	6.92	18.75	180	2%	0.62	1.69	26	0.12	0.60	0.21	0.60
Vrijloopstal (met houtsnippers) M9 Vinkenbuurt	Houtsnippermest	19-Jan-2022	10.34	0.32	5.52	16.81	180	3%	0.62	1.87	33	0.11	0.61	0.20	0.61
Varkens															
Mestband onder de roosters V1, Echt	Vaste mest	18-Jan-2022	6.77	1.77	4.35	4.62	59	26%	1.47	1.56	13	0.47	0.65	0.52	0.65
Mestband onder de roosters V1, Echt	Vaste mest	11-Feb-2021	7.23	1.72	4.54	4.68	67	24%	1.54	1.59	15	0.45	0.64	0.50	0.64
Mestband onder de roosters V1, Echt	Feces	18-Jan-2022	8.75	2.90	5.13	6.63	62	33%	1.32	1.71	12	0.51	0.66	0.56	0.66
Mestband onder de roosters V1, Echt	Feces	11-Feb-2021	6.16	1.21	4.24	3.25	67	20%	1.90	1.45	16	0.41	0.64	0.46	0.64
Mesttegels onder de roosters V2, Heurne	Feces	3-Nov-2022	14.74	1.48	16.86	6.06	142	10%	2.43	0.87	8	0.42	0.62	0.48	0.62
Mesttegels onder de roosters V2, Heurne	Feces	16-Jun-2022	12.78	2.62	14.87	4.54	108	21%	2.81	0.86	7	0.46	0.64	0.52	0.64
Wroetstal V3, Aalten	Vaste mest	11-Apr-2021	8.83	2.41	4.54	7.15	183	27%	1.23	1.94	40	0.45	0.65	0.50	0.65
Wroetstal V3, Aalten	Vaste mest	24-Jan-2022	7.51	3.12	4.44	6.80	176	42%	1.10	1.69	40	0.44	0.67	0.48	0.67
Kalveren															
Mestband onder de roosters K1, Someren	Feces	8-Nov-2021	8.80	1.18	3.12	3.74	134	13%	2.35	2.82	43	0.24	0.62	0.27	0.62
Mestband onder de roosters K1, Someren	Feces	16-Mar-2022	7.36	1.10	2.36	2.27	126	15%	3.24	3.12	54	0.23	0.63	0.26	0.63
Mestband onder de roosters K1, Someren	Feces	8-Nov-2021	8.52	0.84	2.87	2.66	142	10%	3.20	2.97	49	0.21	0.62	0.24	0.62
Mestband onder de roosters K1, Someren	Feces	16-Mar-2022	8.77	1.17	3.25	4.68	131	13%	1.87	2.70	40	0.24	0.62	0.27	0.62
Mestschuif onder de roosters K2, Overberg	Feces	3-Oct-2022	6.34	2.02	3.69	3.06	91	32%	2.07	1.72	25	0.34	0.66	0.36	0.66
Mestschuif onder de roosters K3, Terschuur	Feces	15-Mar-2022	6.33	2.98	2.98	4.35	81	47%	1.46	2.12	27	0.43	0.68	0.44	0.68
Mestschuif onder de roosters K4, Barneveld	Feces	3-Jul-2022	6.89	2.32	2.45	3.88	103	34%	1.78	2.81	42	0.35	0.66	0.37	0.66

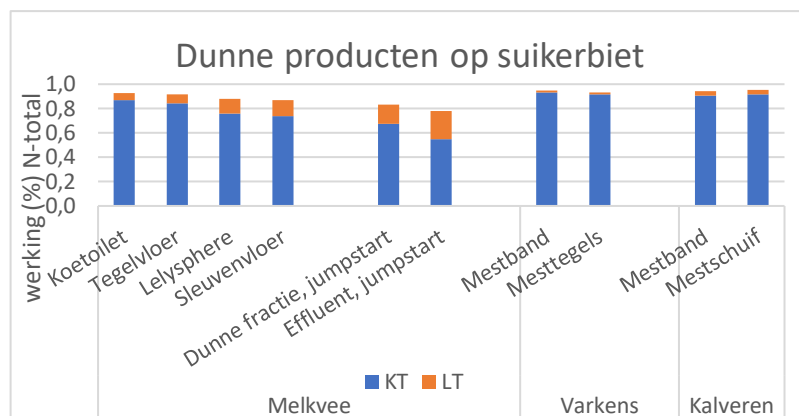
Bijlage 3. N-werking mestproducten

In Figuur B3.1 t/m B3.4 is de N-werking op korte en lange termijn (% van N-totaal) van gebruik van dunne producten in wintertarwe, aardappel en suikerbiet en van dikke producten in suikerbieten weergegeven. In de hoofdtekst is in hoofdstuk 3.2 de N-werking van gebruik van dunne producten op grasland en van dikke producten in aardappel weergegeven.

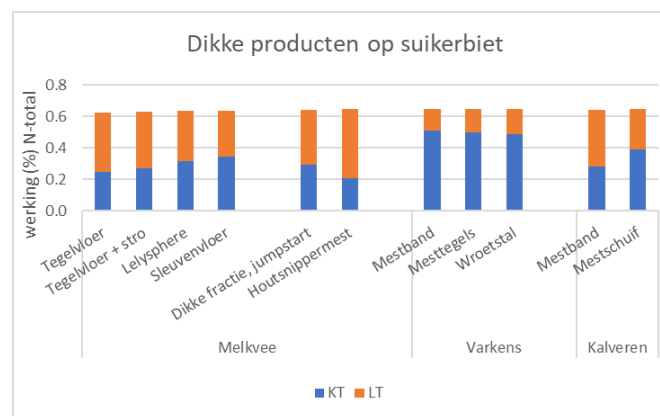


Figuur B3.1 N-werking mestproducten in wintertarwe.

Figuur B3.2. N-werking dunne mestproducten in aardappel.



Figuur B3.3. N-werking dunne mestproducten in suikerbiet.



Figuur B3.4. N-werking dikke mestproducten in suikerbiet.

Bijlage 4. Nutriëntenaanvoer bij gebruik dunne en dikke mestfracties.

Tabel B4.1. Aanvoer van nutriënten en EOS, NH₃-N-verlies en ontijdige N-mineralisatie van een aantal **dunne** mestproducten in de teelt van **wintertarwe** bij een dosering gebaseerd op 90 kg N/ha werkzaam, toegediend in april (t.b.v. tweede N-gift) toegediend met een spaakwielbemester (spuiwater) of een zodebemester (overige producten).

Dier-soort	Mestproduct/stalsysteem	Toedieningsmethode	dosering (ton/ha)	Ntotaal (kg/ha)	N-werkz wettelijk, als KV ¹ (kg/ha)	N-werkz wettelijk, als mest ² (kg/ha)	Nwerkz landb, KT ³ (kg/ha)	Nwerkz landb, LT ⁴ (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)	EOS (kg/ha)	NH ₃ -N- verlies bij dosering (kg/ha)	Ontijdige N-minera- lisatie (kg/ha)
Divers	Spuiwater	spaakwiel	0,9	91	91		90	90	0	0	0	1	0
Melkvee	Koetoilet	zodebemester	19	111	111	89	90	97	6	221	222	8	6
	Tegelvloer	zodebemester	39	116	116	93	90	100	10	259	397	8	8
	Lelysphere	zodebemester	43	129	129	103	90	107	20	237	545	8	14
	Sleuenvloer	zodebemester	30	132	132	106	90	109	25	238	704	8	16
	Dunne fractie, jumpstart Effluent, jumpstart	zodebemester	39	146	146	117	90	117	34	165	715	7	22
		zodebemester	72 ⁵	183	183	146	90	137	57	290	1315	7	39
Varkens	Mestband	zodebemester	49 ⁵	104	104	83	90	93	5	127	90	8	3
	Mesttegels	zodebemester	53 ⁵	106	106	85	90	93	7	137	88	7	5
Kalveren	Mestband	zodebemester	28	107	107	85	90	95	15	153	178	8	4
	Mestschuif	zodebemester	34	105	105	84	90	94	10	153	176	8	3
referentie	KAS	oppervlakkig	0,3	92			90	90	0	0	0	2	0

1 KV = aangemerkt als kunstmestvervanger

2 dier = aangemerkt als dierlijke mest-N

3 KT = korte termijn (1^e jaars)

4 LT = lange termijn (meerjarig)

5 vereiste dosering is niet realistisch bij eenmalige toediening

Tabel B4.2. Aanvoer van nutriënten en EOS, NH₃-N-verlies en ontijdige N-mineralisatie van een aantal **dunne** mestproducten in de teelt van **aardappel** bij een dosering gebaseerd op 150 kg N per ha werkzaam, toegediend met een bouwlandinjecteur.

Dier-soort	Mestproduct/stalsysteem	Toedieningsmethode	dosering (ton/ha)	Ntotaal (kg/ha)	N-werkz wettelijk, als KV ¹ (kg/ha)	N-werkz wettelijk, als mest ² (kg/ha)	Nwerkz landb, KT ³ (kg/ha)	Nwerkz landb, LT ⁴ (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)	EOS (kg/ha)	NH ₃ -N- verlies bij dosering (kg/ha)	Ontijdige N- minera- lisatie (kg/ha)
Divers	Spuiwater	spaakwiel	1,5	151	151		150	150	0	0	0	1	0
Melkvee	Koetoilet	diepe injectie	30	173	173	138	150	160	9	344	345	3	9
	Tegelvloer	diepe injectie	60	180	180	144	150	164	16	401	616	3	13
	Lelysphere	diepe injectie	66	199	199	159	150	174	31	365	838	3	22
	Sleuenvloer	diepe injectie	46	204	204	163	150	177	39	367	1085	3	24
	Dunne fractie, jumpstart	diepe injectie	60	223	223	179	150	186	51	251	1092	3	34
	Effluent, jumpstart	diepe injectie	138 ⁵	144	164	219	150	107	62	324	1558	3	59
Varkens	Mestband	diepe injectie	76 ⁵	161	161	129	150	153	8	197	140	3	5
	Mesttegels	diepe injectie	82 ⁵	164	164	131	150	153	11	212	136	3	8
Kalveren	Mestband	diepe injectie	35	160	160	128	150	154	17	214	243	3	6
	Mestschuif	diepe injectie	52	164	164	131	150	156	15	238	274	3	5
referentie	KAS	oppervlakkig	0,6	154			150		0	0		4	0

1 KV = aangemerkt als kunstmestvervanger

2 dier = aangemerkt als dierlijke mest-N

3 KT = korte termijn (1^e jaars)

4 LT = lange termijn (meerjarig)

5 vereiste dosering is niet realistisch bij eenmalige toediening

Tabel B4.3. Aanvoer van nutriënten en EOS, NH₃-N-verlies en ontijdige N-mineralisatie van een aantal **dunne** mestproducten in de teelt van **suikerbiet** bij een dosering gebaseerd op 120 kg N per ha werkzaam, toegediend met een bouwlandinjecteur.

Diersoort	Mestproduct/ stalsysteem	Toedienings- methode	dosering (ton/ha)	Ntotaal (kg/ha)	N-werkz wettelijk, als KV ¹ (kg/ha)	N-werkz wettelijk, als mest ² (kg/ha)	Nwerkz landb, KT ³ (kg/ha)	Nwerkz landb, LT ⁴ (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)	EOS (kg/ha)	NH ₃ -N- verlies bij dosering (kg/ha)	Ontijdige N-minera- lisatie (kg/ha)
Divers	Spuiwater	spaakwiel	1,2	122	122		120	120	0	0	0	1	0
Melkvee	Koetilet	diepe injectie	24	138	138	111	120	128	7	275	276	2	8
	Tegelvloer	diepe injectie	48	144	144	115	120	132	13	321	493	2	10
	Lelysphere	diepe injectie	52	159	159	127	120	139	25	292	671	2	18
	Sleuenvloer	diepe injectie	37	163	163	131	120	142	31	293	868	2	19
	Dunne fractie, jumpstart Effluent, jumpstart	diepe injectie	48	179	179	143	120	149	41	201	873	2	27
		diepe injectie	87 ⁵	219	219	176	120	170	68	348	1578	2	47
Varkens	Mestband	diepe injectie	61	129	129	103	120	122	6	157	111	2	4
	Mesttegels	diepe injectie	65	131	131	105	120	122	9	170	109	2	6
Kalveren	Mestband	diepe injectie	35	133	133	106	120	125	19	191	221	2	5
	Mestschuif	diepe injectie	42	131	131	105	120	125	12	191	219	2	4
Referentie	KAS	oppervlakkig	0,5	123	123		120	120	0	0		3	0

1 KV = aangemerkt als kunstmestvervanger

2 dier = aangemerkt als dierlijke mest-N

3 KT = korte termijn (1^e jaars)

4 LT = lange termijn (meerjarig)

5 vereiste dosering is niet realistisch bij eenmalige toediening

Tabel B4.4. Aanvoer van nutriënten en EOS, NH₃-N-verliezen en de ontijdige N-mineralisatie bij toediening van **dikke** producten, direct na aanwending ingewerkt, op bouwland bij de teelt van **suikerbiet** bij een fosfaatgift van 70 kg P₂O₅ per ha.

Dier-soort	Mestproduct/ stalsysteem	Toedienings- methode	dosering (ton/ha)	Ntotaal (kg/ha)	N-werkz wettelijk (kg/ha)	Nwerkz landb, KT ³ (kg/ha)	Nwerkz landb, LT ⁴ (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)	EOS (kg/ha)	NH ₃ -N- verlies bij dosering (kg/ha)	Ontijdige N- mineralisatie (kg/ha)
Melkvee	Tegelvloer	direct inwerken	31	121	49	30	76	70	66	2415	4	42
	Tegelvloer + stro	direct inwerken	28	125	50	34	80	70	78	2542	6	40
	Lelysphere	direct inwerken	47	165	66	54	107	70	115	2678	10	49
	Sleuenvloer	direct inwerken	36	152	61	52	99	70	174	2428	10	43
	Dikke fractie, jumpstart	direct inwerken	10	82	33	24	53	70	41	1963	5	23
	Houtsnippermest	direct inwerken	11	125	50	26	75	70	201	2049	1	48
Varkens	Mestband	direct inwerken	15	110	61	57	71	70	73	983	6	33
	Mesttegels	direct inwerken	4	61	33	30	38	70	23	547	2	21
	Wroetstal	direct inwerken	16	127	70	62	84	70	109	1319	9	34
Kalveren	Mestband	direct inwerken	25	203	81	53	127	70	79	3256	6	71
	Mestschuif	direct inwerken	24	155	62	61	104	70	90	2190	13	39
referentie	Rundveedrijfmest	Diepe injectie	47	187	112	102	146	70	252	2319	2	39
	Varkensdrijfmest	Diepe injectie	18	126	101	95	101	70	84	473	1	24
	GFT-compost	Direct inwerken	16	142	14	15	87	70	126	3465	3	52
	GFT-compost	Direct inwerken	32	283	28	30	174	140	251	6930	6	103

1 KT = korte termijn (1^e jaars)

2 LT = lange termijn (meerjarig)

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



Wageningen University & Research

Open Teelten

Edelhertweg 1

Postbus 430

8200 AK Lelystad

T (+31)320 29 11 11

www.wur.nl/openteelten

info.openteelten@wur.nl

Rapport WPR-OT 1071

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.
