



Mestproducten uit innovatieve stalsystemen in de melkveehouderij

Variatie in samenstelling en inventarisatie van volumestromen

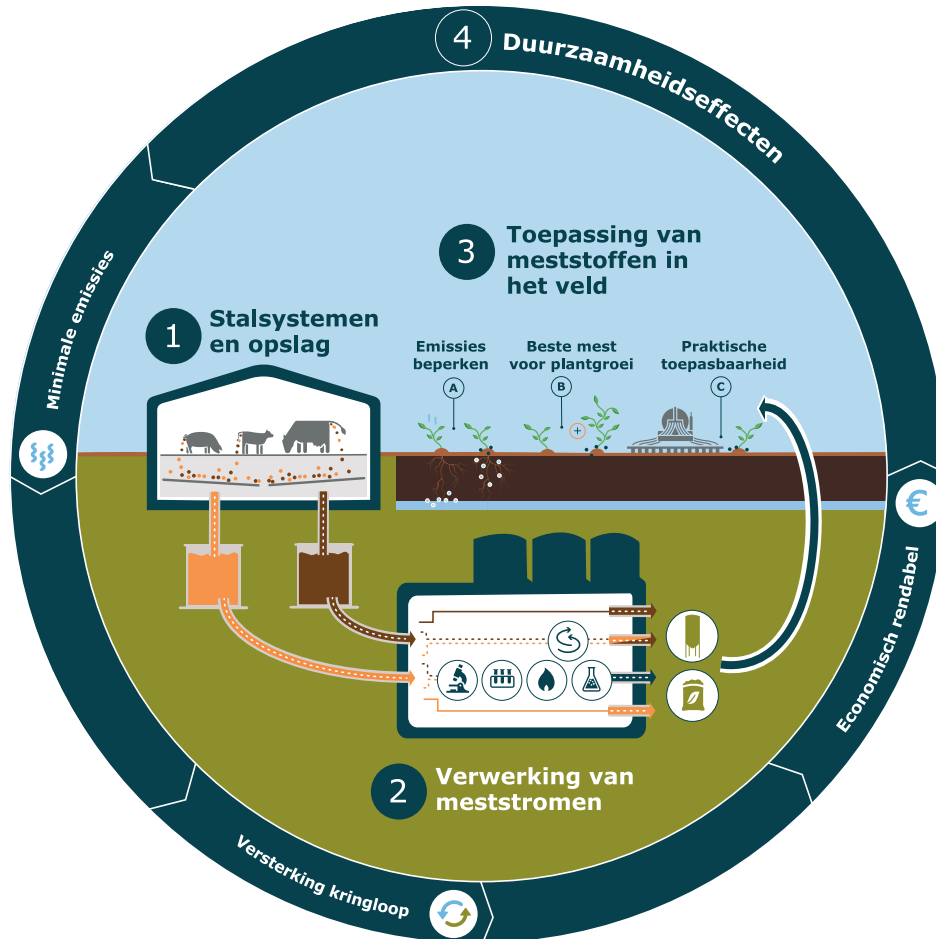
Emma van Boxmeer, Henk Schilder, Harm Smit, Geert Kupers, Paul Galama

Rapport 1655



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

bsmo



Mestproducten uit innovatieve stalsystemen in de melkveehouderij

Variatie in samenstelling en inventarisatie van volumestromen

Emma van Boxmeer, Henk Schilder, Harm Smit, Geert Kupers, Paul Galama

Wageningen Livestock Research

Dit onderzoek is uitgevoerd 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. Specifiek voor dit onderzoek is aanvullend subsidie ontvangen van de provincies Noord-Brabant, Gelderland, Overijssel en Limburg.

Wageningen Livestock Research
Wageningen, juni 2026

Rapport 1655

Van Boxmeer, E.G.G., H. Schilder, H.J Smit, G. Kupers, P. Galama, 2026. Mestproducten uit innovatieve stalsystemen in de melkveehouderij; variatie in samenstelling en inventarisatie van volumestromen. Wageningen Livestock Research, Rapport 1655.

Innovatieve emissiearme stalsystemen gebruiken diverse technieken om emissiereductie te bereiken. Door dagontmesting of bronscheiding toe te passen, mest mechanisch te scheiden of ammoniak af te vangen worden ook diverse mestproducten in dergelijke stalsystemen gemaakt. Dit onderzoek laat bij vijf melkveebedrijven zien wat de samenstelling van de diverse mestproducten, de variatie in samenstelling gedurende het jaar en het volume van de meststroom is. Dit onderzoek bevestigt dat innovatieve stalsystemen en mestbewerkingstechnieken het mogelijk maken om mestproducten met uiteenlopende samenstellingen te produceren, al blijkt de samenstelling niet voor alle mestproducten gedurende het jaar stabiel. Als de mestproducten op het eigen melkveebedrijf gebruikt wordt, dan is de plaatsingsruimte voor stikstof het meest beperkend. De mogelijkheid om ammoniumsulfaat uit strippen/scrubben als kunstmestvervanger (RENURE) te gebruiken biedt al kansen om meer nutriënten op het eigen bedrijf te gebruiken. Dit zou nog meer kunnen indien dunne fractie na mechanische scheiding en gier uit bronscheiding, die kunnen voldoen aan de kwaliteitscriteria, ook als kunstmestvervanger erkent zouden worden.

Innovative low-emission housing systems use a range of technologies to achieve emissions reduction. The implementation of frequent manure removal or source separation, mechanical manure separation, and ammonia capture not only reduces emissions, but also results in the production of various manure-derived products. This study examines five dairy farms and characterize the composition of these different manure products, their seasonal variation and the volume. The results confirm that innovative housing systems and manure-processing technologies enable the production of manure products with diverse compositions. However, the composition of some manure products was found to vary throughout the year and was therefore not consistently stable. When these manure products are applied on the dairy farm, the limiting factor is the available nitrogen application capacity. The possibility of using ammonium sulfate recovered through stripping and scrubbing processes as a mineral fertilizer substitute under the RENURE framework already creates opportunities for greater on-farm nutrient recycling. These opportunities could be further expanded if the liquid fraction obtained after mechanical separation and the urine fraction from source-separation systems, provided they meet the required quality criteria, were also recognized as mineral fertilizer substitutes.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/717946> of op www.wur.nl/livestock-research (onder Wageningen Livestock Research publicaties).



Dit werk valt onder een Creative Commons Naamsvermelding-Niet Commercieel 4.0 Internationaal-licentie.

© Wageningen Livestock Research, onderdeel van Stichting Wageningen Research, 2026

De gebruiker mag het werk kopiëren, verspreiden en doorgeven en afgeleide werken maken. Materiaal van derden waarvan in het werk gebruik is gemaakt en waarop intellectuele eigendomsrechten berusten, mogen niet zonder voorafgaande toestemming van derden gebruikt worden. De gebruiker dient bij het werk de door de maker of de licentiegever aangegeven naam te vermelden, maar niet zodanig dat de indruk gewekt wordt dat zij daarmee instemmen met het werk van de gebruiker of het gebruik van het werk. De gebruiker mag het werk niet voor commerciële doeleinden gebruiken.

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

Wageningen Livestock Research is NEN-EN-ISO 9001:2015 gecertificeerd.

Op al onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Animal Sciences Group van toepassing. Deze zijn gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Wageningen Livestock Research Rapport 1655

Inhoud

Woord vooraf	5
Samenvatting	7
1 Inleiding	10
1.1 Aanleiding	10
1.2 Doel	11
2 Materiaal en methode	12
2.1 Omschrijving bedrijven	12
2.2 Monstername	14
2.3 Analyses	14
2.4 Dataverwerking	15
2.4.1 Variatie	15
2.4.2 RENURE (REcovered Nitrogen from manURE)	15
2.4.3 Volume- en nutriëntenstromen en scheidingsrendement	16
2.4.4 Toepassing mestproducten	17
3 Resultaten	18
3.1 Samenstelling mestproducten	18
3.1.1 Primaire nutriënten	18
3.1.2 Secundaire nutriënten	23
3.1.3 Micronutriënten	25
3.1.4 Overige parameters	26
3.2 RENURE	29
3.3 Volume- en nutriëntenstromen en scheidingsrendement	30
3.4 Toepassing in bedrijfsvoering	37
3.4.1 Stikstof	37
3.4.2 Fosfaat	38
3.4.3 Kali	39
4 Discussie	40
4.1 Variatie in monstername mest	40
4.2 Vastgestelde variatie in samenstelling mestproducten	41
4.3 Variatie in samenstelling tussen bedrijven	41
4.4 Categorisering mestproducten	41
4.4.1 RENURE	41
4.4.2 EU bemestingsproducten	42
4.5 Toepassing op bedrijfsniveau	42
5 Conclusies en aanbevelingen	44
Literatuur	46
Bijlage 1 Selectie van bedrijven	48
Bijlage 2 Analysemethoden	50
Bijlage 3 Mestsamenstelling uit het Handboek Bodem & Bemesting	51
Bijlage 4 Analyse resultaten van primaire nutriënten	52
Bijlage 5 Analyse resultaten van secundaire nutriënten en micronutriënten	58
Bijlage 6 Nutriëntstromen OS, P, K	64

Woord vooraf

De Publieke Private Samenwerking (PPS) "Betere stal, betere mest, betere oogst" (BSMO) onderzoekt de toepassing van mestproducten uit innovatieve stalsystemen. Boeren en leveranciers ontwikkelen nieuwe stalsystemen om tegemoet te komen aan de maatschappelijke wens om emissies te reduceren. Doordat de nutriënten niet naar het milieu verdwijnen, blijven er meer nutriënten in de agrokringloop behouden. Vaak gebruiken boeren scheidingstechnieken, waardoor er diverse mestproducten in deze stallen ontstaan. In 2021 - 2023 werden in het project BSMO reeds een groot aantal stalsystemen onderzocht, waarbij gekeken werd naar welke mestproducten er uit deze systemen komen en wat de samenstelling van deze producten is. Er werden destijds echter maar één of enkele mestmonsters per stalsysteem genomen. Hierdoor ontstond de vraag of de analyse een representatief beeld schetste van de kwaliteit van deze mestproducten uit deze stalsystemen.

In 2024 gaven vier provincies het team van BSMO een nieuwe opdracht om bij een aantal stalsystemen de analyse opnieuw uit te voeren, maar dan gedurende het jaar meerdere monsters te nemen. Zo kon een beeld verkregen worden van de variatie in kwaliteit van deze mestproducten gedurende het groeiseizoen. Daarnaast werd gevraagd om een kwantitatief beeld te geven van de hoeveelheid van de verschillende mestproducten, om zo meer inzicht te krijgen in hoeveel nutriënten in welke mestproducten zitten. Deze informatie kan gebruikt worden voor het bepalen van de toepassingsmogelijkheden van de verschillende producten. Het rapport dat u momenteel in handen heeft, is de analyse van de melkveesystemen. Er volgt nog een rapport over de varkens- en kalversystemen.

Wij danken de provincies Gelderland, Overijssel, Noord Brabant en Limburg voor de financiering van dit project en de deelnemende melkveehouders voor hun medewerking aan dit project.

Projectleider
Harm Smit

Samenvatting

Innovatieve melkveestallen produceren steeds vaker mestproducten die anders zijn dan traditionele drijfmest, bijvoorbeeld door technieken zoals primaire mestscheiding of dagontmesting. Daarnaast worden meststromen bewerkt bijvoorbeeld door vergisten, fermentatie en strippen-scrubben. Voor een effectieve benutting van deze 'nieuwe' mestproducten in de landbouw is inzicht nodig in de samenstelling van deze nieuwe mestproducten. Eerder onderzoek binnen de Publiek Private Samenwerking (PPS) "Betere stal, betere mest, betere oogst (BSMO) liet zien dat innovatieve stalsystemen uiteenlopende mestproducten met verschillende samenstellingen kunnen produceren. Omdat deze resultaten waren gebaseerd op een beperkt aantal monsternames, was nog onvoldoende bekend hoe stabiel de samenstelling van deze mestproducten in de tijd is. Daarnaast is tijdens voorgaand onderzoek niet vastgesteld wat de volumes van de verschillende mestproducten zijn. Het doel van het huidige onderzoek was het bepalen van de samenstelling en de variatie van de samenstelling van mestproducten uit innovatieve stalsystemen in de melkveehouderij en het in kaart brengen van volumes van meststromen om tot scheidingsrendementen en volume- en nutriëntenstromen te komen.

Op vijf melkveebedrijven (M1 t/m M5) zijn de verschillende meststromen op vijf momenten door het jaar heen bemonsterd. In Tabel S1 zijn de locatie, het stalsysteem en de mestproducten omschreven. De mestmonsters zijn geanalyseerd op droge stof (DS), as, totaal stikstof (N-totaal), ammonium stikstof (N-mineraal), fosfor, kalium, pH, natrium (Na), calcium (Ca), magnesium (Mg), koper (Cu), zink (Zn), mangaan (Mn) en borium (B). Daarnaast is per bedrijf en per mestproduct de variatiecoëfficiënt (CV) bepaald. Dit is de verhouding tussen het gemiddelde en de standaarddeviatie en is een maat voor de variatie in samenstelling in de tijd. Naast de samenstelling van de mestproducten is ook in kaart gebracht wat de volumes van de geproduceerde mestproducten en tussenproducten waren. Hieruit is per bedrijf een nutriëntenstroom van organische stof, stikstof, fosfor en kalium opgesteld en zijn de scheidingsrendementen berekend.

Tabel S1 Locatie, stalsysteem en eindproducten van melkveebedrijven M1 t/m M5.

Code	Provincie	Stalsysteem	Mestproducten
M1	Overijssel	Gangbare roostervloer + luchtwasser	Drijfmest Spuiwater
M2	Noord-Brabant	Dagontmesting (dichte vloer met robot) + mestvergisting + mechanische scheiding + strippen-scrubben	Dikke fractie digestaat Ammoniumsulfaat Effluent
M3	Noord-Brabant	Primaire scheiding (betonnen vloer met giergoot en -gaten en schuif) + fermentatie	Gier Gefermenteerde feces
M4	Zuid-Holland	Primaire scheiding/dagontmesting (sleuenvloer met schuif) + mestvergisting + mechanische scheiding + strippen-scrubben	Dikke fractie digestaat Ammoniumsulfaat Effluent
M5	Friesland	Primaire scheiding (rubberen semi-dichte vloer met schuif) + mechanische scheiding	Gier Dikke fractie Dunne fractie

De gemiddelde gehalten droge stof, organische stof, totaal stikstof, mineraal stikstof, fosfaat en kali en de bijbehorende variatiecoëfficiënt (CV) staan weergegeven in Tabel S2 en Tabel S3 geeft de gemiddelde gehalten en CV van secundaire nutriënten en micronutriënten weer. Uit de resultaten blijkt dat de verschillende mestproducten qua samenstelling anders zijn dan drijfmest. Wanneer mest wordt vergist, het

digestaat vervolgens wordt gescheiden en de dunne fractie wordt gestript (bedrijven M2 en M4), ontstaan drie verschillende mestproducten met elk een eigen samenstelling. De dikke fractie van het digestaat kenmerkt zich door een hoog gehalte aan organische stof, (organische) stikstof, fosfaat, secundaire nutriënten en micronutriënten. Ammoniumsulfaat bevat een hoog gehalte aan minerale stikstof en vrijwel geen andere nutriënten. Daarnaast is ammoniumsulfaat uit luchtwassers (spuiwater) een anorganische meststof die bovenop de gebruiksnorm voor dierlijke mest mag worden gebruikt (bedrijf M1) en voldoet ammoniumsulfaat uit stripper-scrubbers aan de kwaliteitseisen voor RENURE (kunstmestvervanger). Het effluent bevat vooral veel kalium en daarnaast secundaire nutriënten en micronutriënten. Bij bronscheiding van mest, gevolgd door fermentatie van feces (bedrijf M3) worden twee afzonderlijke meststromen verkregen. De gezeefde gier bevat minder stikstof dan drijfmest, maar heeft een relatief hoger aandeel minerale stikstof, waardoor dit product voldoet aan de samenstellingseisen voor RENURE. De gefermenteerde feces hebben een hoog gehalte organische stof, secundaire nutriënten en micronutriënten. Als urine en feces aan de bron worden gescheiden en de feces fractie daarna mechanisch verder wordt gescheiden (bedrijf M5), resulteert dit in drie mestproducten. Hierbij zijn vooral de gier en de dikke fractie verschillend van samenstelling. De dikke fractie bevat relatief veel organische stof en heeft een hoog gehalte aan organische stikstof, terwijl de gier juist een hoger aandeel minerale stikstof heeft. Daarnaast is het fosfaat min of meer gelijkmatig over de verschillende fracties verdeelt, zodat er geen sprake is van een typische fosfaatmeststof.

Tabel S2 Gemiddelde samenstelling van primaire nutriënten; droge stof (DS), organische stof (OS), totaal stikstof (N-totaal), mineraal stikstof (N-mineraal), fosfaat (P₂O₅) en kali (K₂O) in g/kg en bijbehorende variatiecoëfficiënt (CV).

	DS		OS		N-totaal		N-mineraal		P ₂ O ₅		K ₂ O	
	Gem.	CV	Gem.	CV	Gem.	CV	Gem.	CV	Gem.	CV	Gem.	CV
M1 Drijfmest	97,3	5%	77,0	5%	4,0	3%	1,3	13%	1,6	11%	4,5	15%
Ammoniumsulfaat	167,9	9%	-	0%	31,2	4%	13,5	4%	0,0	38%	0,2	32%
M2 Dikke fractie digestaat	346,3	6%	296,5	7%	8,9	7%	3,0	6%	8,9	17%	4,8	4%
Ammoniumsulfaat	293,8	3%	-	0%	59,9	2%	18,3	2%	0,0	67%	0,0	35%
Effluent	39,9	13%	25,3	9%	2,9	26%	1,5	37%	1,1	17%	4,2	8%
M3 Gier (gezeefd)	27,4	4%	11,3	7%	2,8	6%	2,4	7%	0,1	18%	8,0	5%
Gefermenteerde feces	160,7	12%	121,2	9%	4,1	15%	1,1	18%	1,9	17%	4,2	12%
M4 Dikke fractie digestaat	302,9	11%	264,6	12%	6,7	7%	2,6	10%	5,0	13%	4,2	9%
Ammoniumsulfaat	192,9	16%	-	0%	35,9	11%	14,3	11%	0,0	25%	0,2	34%
Effluent	48,4	1%	28,0	1%	4,0	5%	2,4	9%	1,1	3%	4,8	7%
M5 Gier	38,8	19%	24,8	21%	2,5	10%	1,7	8%	0,5	19%	4,5	10%
Dikke fractie	253,3	28%	229,4	29%	3,6	15%	0,5	27%	1,2	8%	3,0	18%
Dunne fractie	66,7	5%	50,1	6%	3,3	4%	0,9	18%	1,6	10%	3,4	10%

De variatie in samenstelling tussen de verschillende monstername momenten verschilde per mestproduct, nutriënt en bedrijf (Tabel S2 en S3). Over het algemeen vertoonde dikke fracties en gefermenteerde feces de meeste variatie. Daarnaast was de CV van ammoniumsulfaat voor fosfaat, kali en zink hoog, omdat deze absolute gehalten erg laag waren, waardoor een klein absoluut verschil leidt tot een groot relatief verschil. Bedrijf M2 en M4 produceerde dezelfde mestproducten, maar de dikke fractie van het digestaat en het ammoniumsulfaat van bedrijf M2 lijken stabiel (lagere CV) dan van bedrijf M4, terwijl het effluent van bedrijf M4 juist weinig variatie vertoont. De variatie in samenstelling van de mestproducten van bedrijf M5 vertoonde veel variatie in de gehalten primaire nutriënten, met name de gier en dikke fractie, maar de variatie in gehalten secundaire nutriënten en micronutriënten was lager vergeleken met de andere bedrijven. Het kopergehalte vertoonde van de secundaire nutriënten en micronutriënten over het algemeen in alle mestproducten veel variatie. De variatie in de pH was laag, behalve voor ammoniumsulfaat van bedrijf M4, wat komt door één monster met een hogere pH.

Tabel S3 Gemiddelde samenstelling van secundaire nutriënten en micronutriënten. Natrium (Na₂O), calcium (Ca) en magnesium (MgO) in g/kg en koper (Cu), zink (Zn), mangaan (Mn) en borium (B) in mg/kg en pH.

	Na ₂ O		Ca		MgO		Cu		Zn		Mn		B		pH	
	Gem.	CV	Gem.	CV	Gem.	CV	Gem.	CV	Gem.	CV	Gem.	CV	Gem.	CV	Gem.	CV
M1 Drijfmest	-	-	1,8	5%	1,2	20%	4,4	50%	14,9	32%	17,5	19%	2,7	21%	7,3	7%
Ammoniumsulfaat	0,9	13%	-	-	-	-	0,2	46%	8,7	36%	-	-	-	-	2,3	11%
M2 Dikke fractie digestaat	-	-	7,1	14%	6,8	16%	12,5	54%	44,8	9%	97,9	21%	15,2	15%	8,9	2%
Ammoniumsulfaat	0,1	21%	-	-	-	-	0,1	0%	0,1	0%	-	-	-	-	3,5	6%
Effluent	-	-	1,1	14%	1,0	12%	3,9	50%	12,3	18%	11,5	10%	2,7	14%	8,4	3%
M3 Gier (gezeefd)	0,7	6%	-	-	-	-	0,6	22%	3,2	16%	-	-	-	-	8,5	2%
Gefermenteerde feces	-	-	4,8	46%	2,1	15%	6,7	19%	31,8	14%	31,0	14%	4,8	32%	7,4	4%
M4 Dikke fractie digestaat	-	-	5,7	18%	4,9	17%	9,2	14%	45,4	12%	99,1	18%	6,7	5%	8,7	8%
Ammoniumsulfaat	-	-	0,1	19%	0,1	34%	0,1	29%	0,7	48%	0,5	37%	0,3	47%	2,9	98%
Effluent	-	-	1,1	4%	1,3	2%	3,8	0%	15,8	6%	15,4	2%	2,5	3%	9,1	0%
M5 Gier	1,4	4%	-	-	-	-	1,6	25%	7,3	26%	-	-	-	-	7,4	2%
Dikke fractie	-	-	0,8	6%	1,3	6%	4,5	10%	24,0	8%	25,3	14%	3,9	19%	8,0	1%
Dunne fractie	-	-	1,4	10%	1,2	8%	4,2	13%	19,6	19%	27,2	6%	2,0	4%	6,9	2%

De nutriëntenstromen en de berekende scheidingsrendementen geven een indruk over hoe nutriënten zich over de meststromen verdelen. Hieruit blijkt dat stalsystemen met bronscheiding in staat zijn nutriënten te scheiden, maar dat de efficiëntie varieert. Daarnaast heeft het effluent van strippen-scrubben een groot volume, waardoor het naast kalium ook nog een forse hoeveelheid stikstof bevat. Het ammoniumsulfaat is een sterk geconcentreerd stikstofproduct, maar door het hogere volume van de dikke fractie en het effluent, bevat het uiteindelijk maar circa 25% van de totale stikstof. Ook de scheidingsrendementen laten zien dat de meeste fosfaat in gefermenteerde feces en dikke fracties terecht komen, terwijl kali naar (gezeefde) gier en effluent gaat. De nutriëntstromen zijn in dit onderzoek grofmazig opgezet en zal in de toekomst bij meerdere bedrijven met hetzelfde systeem getoetst moeten worden.

Door gebruik van innovatieve stalsystemen of aanvullende mestbewerkingstechnieken is het dus mogelijk om mestproducten te produceren met verschillende samenstelling, maar niet alle mestproducten hebben een stabiele samenstelling door het jaar heen. De volume- en nutriëntenstromen en de scheidingsrendementen geven een indruk over hoe nutriënten zich verdelen over de meststromen. Ook blijkt dat op de meeste bedrijven eerder sprake is van een stikstofoverschot dan een fosfaat- of kali-overschot. Dit betekent dat een veehouder mest (met fosfaat en kali) moet afvoeren, om vervolgens kunstmest aan te voeren. De mogelijkheid om ammoniumsulfaat uit strippen/skrubben als RENURE te gebruiken biedt al kansen om meer nutriënten op het eigen bedrijf te gebruiken. Dit zou nog meer kunnen indien dunne fracties zoals dunne fractie na mechanische scheiding en gier uit bronscheiding ook als RENURE erkend zouden worden. Deze studie laat zien dat deze producten kunnen voldoen aan de kwaliteitscriteria, maar nog niet altijd even stabiel zijn.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Nederland streeft naar een circulaire landbouw in 2030 (Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, 2018). Dit betekent dat grondstoffen, nutriënten en energie zo veel mogelijk binnen de landbouw worden hergebruikt. Door verliezen te beperken en de afhankelijkheid van externe inputs te verminderen, kan de ecologische voetafdruk van de landbouw worden verkleind. De landbouw staat daarbij voor verschillende grote uitdagingen, zoals de uitputting van fossiele en minerale grondstoffen, klimaatverandering, stikstof- en fosfaatverliezen naar het milieu en de toenemende druk op de biodiversiteit. Een circulaire benadering helpt om deze uitdagingen aan te pakken door kringlopen van nutriënten en energie beter te sluiten en reststromen opnieuw te benutten.

In de melkveehouderij worden nieuwe stalsystemen ontwikkeld, waarbij gasvormige verliezen (emissies) uit de stal worden beperkt. Deze stalsystemen berusten vaak op twee principes: 1) scheiding van urine en feces bij de bron of 2) snelle mestverwijdering uit de stal. Voor scheiding bij de bron wordt, afhankelijk van het type stalsysteem, zo'n 25 – 55% ammoniakemissie voorkomen, vergeleken met een reguliere melkveestal met mestopslag onder de roosters (Van Boxmeer et al., 2023a,b). Op Innovatiecentrum Dairy Campus zijn stikstofverliezen bepaald van primaire scheiding door CowToilet en een doorlaatbare tegelvloer (de Boer, 2023;2025). Van stalsystemen met snelle mestverwijdering uit de stal zijn nog maar weinig cijfers bekend. Gollenbeek et al. (2022) heeft met een model berekend dat zowel ammoniak- als methaanemissies uit de mest bij dagontmesting fors gereduceerd kunnen worden (respectievelijk zo'n 40% en 80% in de gehele keten van stal tot aanwending). Directe verwerking van de mest is dan wel nodig om emissies tijdens de mestopslag te voorkomen.

Naast deze innovatieve stalsystemen waarbij verschillende mestproducten geproduceerd worden kan ook verdere bewerking van de mest ingezet worden. Door middel van mechanische scheiding, anaerobe vergisting, fermentatie, compostering of strippen en scrubben van ammoniak kunnen nog meer verschillende mestproducten gemaakt worden. Al deze afzonderlijke meststromen bieden kansen voor toepassing verderop in de mestketen, bijvoorbeeld als kunstmestvervanger of bodemverbeteraar. De beschikbaarheid van verschillende mestproducten met variërende samenstellingen zijn ook geschikt voor precisielandbouw, waarbij nutriënten worden toegediend naar behoefte van de plant.

In het kader van de Publiek Private Samenwerking (PPS) "Beter stal, betere mest, betere oogst (BSMO) is in 2021 en 2022 onderzoek gedaan naar de samenstelling van mestproducten uit innovatieve stalsystemen (Boxmeer et al., 2023a). In dat onderzoek zijn bij 13 melkveebedrijven met een innovatief en emissiearm stalsysteem mestmonsters genomen van de verschillende mestproducten op het bedrijf. Op de meeste bedrijven is enkele weken tot maanden later nog een tweede monstername gedaan. Van deze mestmonsters is de samenstelling geanalyseerd en is vervolgens bepaald in hoeverre de mestproducten voldoen aan de criteria die gesteld worden voor kunstmestvervangers (RENURE), organische meststof of bodemverbeteraar. Op basis van de resultaten werd geconcludeerd dat meerdere innovatieve stalsystemen waardevolle mestproducten produceren, al is soms verdere verwerking van een mestproduct nodig.

Uit eerder onderzoek is bekend dat de spreiding in mestsamenstelling in de praktijk groot is en dat dit kan ontstaan door variatie in monstername, opslagtype, werking van een techniek en in de tijd (Hoeksma, 1988; Timmerman en Smolders, 2003). De samenstelling van mestproducten zoals bepaald door Van Boxmeer et al. (2023a) zijn slechts een momentopname en het is onduidelijk of deze systemen mestproducten produceren met een stabiele kwaliteit over een langere periode. Daarnaast zijn er in de eerdere studie geen volumes van de meststromen gemeten, waardoor het niet bekend is hoeveel van een bepaalde meststof beschikbaar komt uit een stalsysteem en daaropvolgend hoeveel nutriënten beschikbaar zijn in de diverse mestproducten. Dit maakt het lastig om een bemestingsplan te maken voor het bedrijf, omdat niet bekend is hoeveel van een bepaald mestproduct beschikbaar is en hoe deze op het land gebruikt kan worden. Er is

behoefte aan meer inzicht in de kwaliteit en kwantiteit van mestproducten uit innovatieve melkveestallen om de waarde van deze stalsystemen voor een circulaire landbouw in Nederland in te schatten.

1.2 Doel

Het doel van dit onderzoek was om de samenstelling en de volumestromen van mestproducten uit innovatieve stalsystemen in de melkveehouderij te karakteriseren. Door het uitgebreid analyseren van mestmonsters, zijn de primaire nutriënten (stikstof, fosfor en kalium), secundaire nutriënten (calcium, magnesium en natrium) en micronutriënten (koper, zink, mangaan en borium) in kaart gebracht. Door meerdere mestmonsters door het jaar heen te nemen, is ook de variatie in samenstelling in de tijd bepaald. Daarnaast leidt inzicht in de volumes van de meststromen tot volume- en nutriëntenstromen en scheidingsrendementen van uitscheiding in de stal tot afvoer van het bedrijf.

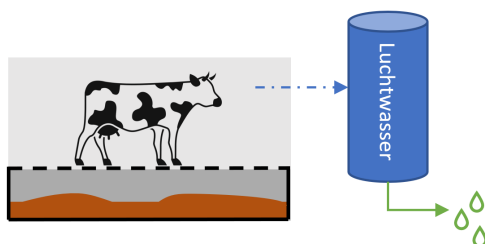
2 Materiaal en methode

Aan de start van het onderzoek is geïnventariseerd welke bedrijven potentie hebben om bemonsterd te worden. Boxmeer et al. (2023a) had het doel om meerdere bedrijven te bemonsteren met weinig herhalingen, terwijl het doel van de huidige studie is om enkele bedrijven intensiever te bemonsteren. De basis voor de selectie van de bedrijven was de lijst met bedrijven die deel hebben genomen aan het onderzoek van Boxmeer et al. (2023a), aangevuld met bedrijven uit andere onderzoeken. Een voorwaarde was dat op een bedrijf meer dan één mestproduct geproduceerd wordt. Ook is gekeken naar de verdeling van de bedrijven over Nederland. Vervolgens zijn vijf bedrijven uit deze lijst geselecteerd. In Bijlage 1 is de volledige lijst van bedrijven weergegeven met onderbouwing van de selectie.

2.1 Omschrijving bedrijven

M1: Gangbare roostervloer + luchtwasser

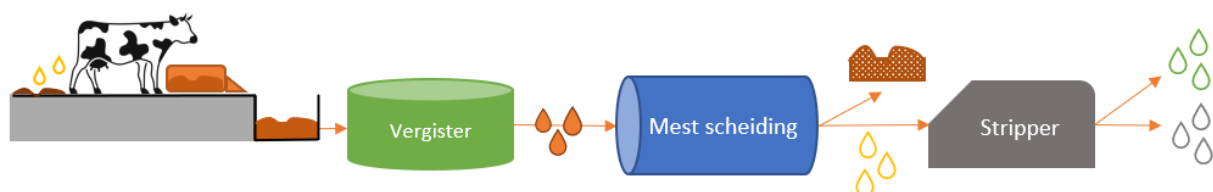
Bij een gangbare roostervloer vallen feces en urine door de roosterspleten heen naar de onderliggende mestkelder (Figuur 2.1). Hier mengen de feces met de urine tot drijfmest. De lucht uit de stal wordt afgezogen en naar het waspakket van de chemische luchtwasser gebracht. Ammoniak wordt door het waswater afgevangen, waardoor de ammoniakconcentratie in de lucht die uit de luchtwasser komt lager is. Wanneer het waswater verzadigd is (dit wordt spuiwater genoemd), wordt het naar een opslag gebracht. De beschikbare mestproducten zijn drijfmest en spuiwater (ammoniumsulfaat).



Figuur 2.1 Schematische weergave van de meststromen op bedrijf M1. De beschikbare mestproducten zijn: drijfmest en spuiwater.

M2: Dagontmesting + vergisting + strippen

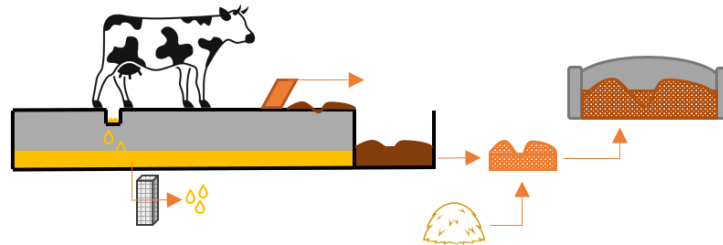
Feces en urine vallen op dichte, geprofileerde, rubberen matten en worden binnen één uur opgeraapt door een mestrobot (Figuur 2.2). De drijfmest wordt afgestort en vervoerd naar de mono-mestvergister. Door middel van een Warmte-Kracht-Koppeling (WKK) wordt het biogas omgezet in elektriciteit en warmte. De mest die overblijft na het vergistingsproces is digestaat, wat wordt gescheiden in een dikke en dunne fractie. De dikke fractie wordt gebruikt als beddingmateriaal in de ligboxen en een deel wordt afgezet aan akkerbouwers in de buurt. De dunne fractie gaat door een stikstof stripper en scrubber, waarbij gebruik wordt gemaakt van warmte uit de WKK, en hieruit ontstaan ammoniumsulfaat en effluent. De beschikbare mestproducten zijn dikke fractie van het digestaat, ammoniumsulfaat en effluent.



Figuur 2.2 Schematische weergave van de meststromen op bedrijf M2. De beschikbare mestproducten zijn: dikke fractie digestaat, ammoniumsulfaat en effluent.

M3: Primaire scheiding + fermentatie

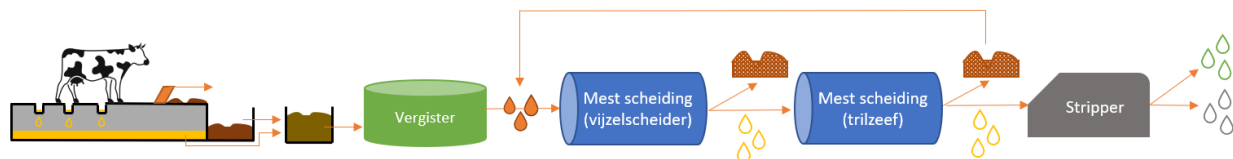
Via een betonnen vloer met een goot met giergaten worden feces en urine in de stal gescheiden (Figuur 2.3). Urine wordt via de goot met gaten afgevoerd en opgeslagen in de kelder. Vervolgens wordt de gier gefilterd (5 mm). De feces blijven op de vloer liggen en worden verzameld door een mestschuif. De afgeschoven feces worden gemengd met stro, schelpenkalk, kleimineralen en fermentatievloestof met een speciale menger. Dit mengsel wordt gefermenteerd in een afgedekte sleufsilo. De beschikbare mestproducten zijn gezeefde gier en gefermenteerde feces.



Figuur 2.4 Schematische weergave van de meststromen op bedrijf M3. De beschikbare mestproducten zijn: gezeefde gier en gefermenteerde feces.

M4: Primaire scheiding + vergisten + strippen

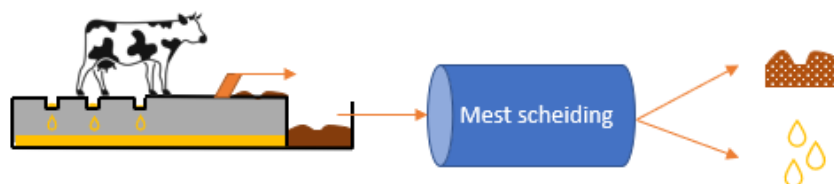
De urine wordt via een sleuvenvloer naar de kelder onder de vloer gebracht (Figuur 2.4). De feces blijven liggen en worden met een mestschuif naar één kant van de stal gebracht. Buiten de stal worden de urine en feces weer gemengd, zodat de mest verpompbaar wordt, en dit mengsel gaat direct de vergister in. Het digestaat wordt met een vijzelscheider gescheiden in een dikke en dunne fractie. De dunne fractie wordt vervolgens nogmaals gescheiden met een trilzeef, om de laatste deeltjes te verwijderen. De dikke fractie die hierbij ontstaat gaat terug naar opslag na de vergister. De dunne fractie wordt gestript (met warmte) en geschrubd door een stikstof-stripper. Hieruit ontstaat een ammoniumsulfaat en een effluent.



Figuur 2.4 Schematische weergave van de meststromen op bedrijf M4. De beschikbare mestproducten zijn: Dikke fractie van digestaat, ammoniumsulfaat en effluent.

M5: Primaire scheiding + mechanische scheiding

Op de bestaande roosters is een rubberen semi dichte vloer geplaatst met sleuven met daarin gaten. Hierdoor kan de urine in de sleuven lopen en via de gaten komt dit in de kelder terecht (Figuur 2.5). De vloer wordt ook gespoeld met water. De feces blijven op de vloer liggen en worden vervolgens met een mestschuif verzameld in een aparte opslag. De verzamelde feces worden mechanisch gescheiden in een dikke en dunne fractie. De beschikbare mestproducten zijn dikke fractie, dunne fractie en gier.



Figuur 2.5 Schematische weergave van de meststromen op bedrijf M5. De beschikbare mestproducten zijn: dikke fractie, dunne fractie en gier.

2.2 Monstername

Op de vijf melkveebedrijven zijn monsters genomen van de verschillende mestproducten die op het bedrijf geproduceerd worden (Tabel 2.1), inclusief eventuele tussenproducten. Op vijf verschillende momenten door het jaar heen zijn de mestproducten bemonsterd. Alleen bij bedrijf M3 is vier keer bemonsterd in plaats van vijf keer. Bij bedrijf M4 is de dikke fractie van het digestaat vijf keer bemonsterd (februari, mei, juni, augustus, september) en zijn het ammoniumsulfaat en effluent drie keer bemonsterd (augustus, september, oktober). Om praktische redenen is tijdens monstername moment 4 bij bedrijf M4 geen dunne fractie van de vijzelscheider en tijdens monstername moment 2 bij bedrijf M5 geen feces van de vloer bemonsterd.

Tabel 2.1 Bemonsterde bedrijven.

Code	Provincie	Stalsysteem	Mestproducten	Monstername momenten
M1	Overijssel	Gangbare roostervloer + luchtwater	Drijfmest Spuiwater	Januari, april, juni, augustus, oktober
M2	Noord-Brabant	Dagontmesting + mestvergisting + mechanische scheiding + strippen en scrubben	Dikke fractie digestaat Ammoniumsulfaat Effluent	Februari, mei, juni, augustus, september
M3	Noord-Brabant	Primaire scheiding + fermentatie	Gier Gefermenteerde feces	Januari, mei, augustus, september
M4	Zuid-Holland	Primaire scheiding + mestvergisting + mechanische scheiding + strippen en scrubben ¹	Dikke fractie digestaat Ammoniumsulfaat Effluent	Februari, mei, juni, augustus, september, oktober
M5	Friesland	Primaire scheiding + mechanische scheiding	Gier Dikke fractie Dunne fractie	Mei, juni, augustus, september, oktober

¹Halverwege de monsternameperiode is gestart met het strippen en scrubben van de dunne fractie met een mobiele stripper

Monsters uit een mestkelder zijn genomen met een samplebuis van Eykelkamp. Met deze buis kan een verticale doorsnede van de mestkelder worden genomen. Op 10 verschillende plekken is met de buis een monster genomen en deze monsters zijn samengevoegd in een emmer. Hier is vervolgens een gemengd monster genomen wat representatief is voor de gehele mestkelder.

Van dikke, drogere mestfracties is zes keer een hoeveelheid samengevoegd in een emmer en hiervan is vervolgens een gemengd monster genomen. Afhankelijk van het type opslag bij dunne mestfracties is het monster afgetapt (bijvoorbeeld bij een spuiwater) of is de dunne fractie in de opslag gemengd en is hieruit een monstername-pot gevuld.

2.3 Analyses

De chemische analyses zijn uitgevoerd door het laboratorium van Wageningen Livestock Research. De mestmonsters zijn geanalyseerd op droge stof (DS), as, totaal stikstof (N-totaal), ammonium stikstof (N-mineraal), fosfor, kalium en pH. De methoden en gevolgde normvoorschriften voor de analyse van de verschillende chemische parameters zijn weergegeven in Bijlage 2.

Aanvullend zijn gehalten aan secundaire nutriënten en micronutriënten bepaald met behulp van 'Inductively coupled plasma optical emission spectrometry' (ICP-OES) na ontsluiting via magnetron destructie in 10% aqua regia. Zo zijn gehalten natrium (Na), calcium (Ca), magnesium (Mg), koper (Cu), zink (Zn), mangaan (Mn) en borium (B) bepaald. Bij enkele dunne fracties (ammoniumsulfaat en gier) is het Mn en B gehalte niet bepaald, omdat werd verwacht dat deze micronutriënten niet in hoge concentraties aanwezig zijn en om zo analysekosten te beperken. Het Na gehalte is om dezelfde reden juist wel in de dunne fracties geanalyseerd, maar niet in de dikkere mestfracties.

2.4 Dataverwerking

Voor de praktische toepasbaarheid en om verder te kunnen rekenen in onder andere de nutriëntenstromen, zijn sommige gehalten omgerekend. Hiervoor zijn omrekenfactoren uit de Europese verordening EU-bemestingsproducten¹ gebruikt. Daarnaast zijn enkele parameters bepaald uit de geanalyseerde waarden. Deze berekeningen zijn hieronder opgesomd:

- Fosfor is omgerekend naar fosfaat (P_2O_5) door: $P * (1/0,436)$
- Kalium is omgerekend naar kali (K_2O) door: $K * (1/0,830)$
- Na is omgerekend naar Na_2O door: $Na * (1/0,742)$
- Mg is omgerekend naar MgO door: $Mg * (1/0,603)$
- Organische stof (OS) is berekend door: $DS - AS$
- Organisch koolstof (TOC) is berekend door: $OS * 0,56$

De gehalten uit de analyse zijn uitgedrukt in gram of miligram per kilogram (mest)product. In Bijlage 4 en 5 is de samenstelling van de mestproducten ook weergegeven in gram of miligram per kilogram DS. Dit is als volgt berekend:

$$Gehalte (g/kg DS) = \frac{gehalte (g/kg product) * 1.000}{gehalte DS (g/kg)}$$

2.4.1 Variatie

Om de variatie in de samenstelling van de mest in de tijd te bepalen, is voor de verschillende gemeten componenten per mestsoort de variatiecoëfficiënt (in het Engels Coefficient of Variance: CV) berekend. De CV geeft de relatieve spreiding van een dataset weer. Een lage CV duidt op een kleine spreiding rond het gemiddelde, wat betekent dat de samenstelling van de mest relatief consistent in de tijd is. Een hoge CV duidt op een grote spreiding rond het gemiddelde, wat betekent dat de samenstelling veel variatie in de tijd vertoont. De CV wordt berekend aan de hand van de volgende formule:

$$CV = \left(\frac{\text{standaardafwijking}}{\text{gemiddelde}} \right) * 100$$

Bij mestcomponenten met een CV groter dan 20% is door middel van een grafiek bekeken of een patroon in de tijd zichtbaar was.

2.4.2 RENURE (REcovered Nitrogen from manURE)

Aan de hand van de samenstelling van de mest is gekeken of de bemonsterde mestproducten kunnen voldoen als RENURE product. Een RENURE meststof is een stikstofhoudend product uit dierlijke mest dat vergelijkbaar werkt als kunstmest zonder extra risico op nitraatuitspoeling. Het voordeel van RENURE meststoffen is dat het producten uit dierlijke mest zijn, maar het gebruik van dit product niet meetelt in de gebruiksruijnte voor dierlijke mest. Op 9 februari 2026 heeft de Europese Commissie het gebruik van RENURE-producten (oftewel kunstmestvervangers) toegestaan². In deze nieuwe regels zijn een aantal voorwaarden opgenomen waar een RENURE product aan moet voldoen, waaronder:

- De stikstof in de meststof moet voor minimaal 90% mineraal zijn (N-mineraal/N-totaal $\geq 90\%$) *OE*
- De verhouding tussen koolstof en stikstof moet lager zijn dan 3 (C-totaal/N-totaal ≤ 3).
- Het product moet meer dan 3% stikstof op basis van droge stof bevatten.
- Het kopergehalte (Cu) mag maximaal 300 mg/kg droge stof zijn.
- Het zinkgehalte (Zn) mag maximaal 800 mg/kg droge stof zijn.

Daarnaast is er een limiet gesteld op bepaalde ziekteverwekkers (E-coli en Salmonella). Uiteindelijk mag maximaal 80 kg stikstof per hectare per jaar afkomstig van RENURE producten worden toegepast, bovenop de 170 kg stikstof per hectare per jaar uit dierlijke mest.

¹ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R1009>

² https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=OJ:L_202600288

2.4.3 Volume- en nutriëntenstromen en scheidingsrendement

Naast de samenstelling van de mestproducten is ook in kaart gebracht wat de volumes van de geproduceerd mestproducten en tussenproducten was. Hiervoor is gebruikt gemaakt van door de bedrijven aangeleverde getallen, inschattingen en aannames. Op enkele bedrijven zijn aanvullende metingen gedaan, bijvoorbeeld met een meetdag of een flowmeter. Met deze gegevens is vervolgens per bewerkingsstap berekend hoe organische stof (OS), stikstof (N), fosfor (P) en kalium (K) zich verdelen tussen de producten en is het zogenaamde scheidingsrendement van het gehele systeem berekend.

Bij bedrijf M1 en M2 was het bemeten van de hoeveelheid drijfmest niet mogelijk. Daarom is de drijfmest productie forfaitair bepaald aan de hand van de gemiddelde mestproductie per diercategorie zoals gerapporteerd in Tabel 6 van RVO (2026). Hiervoor is het aantal dieren en de melkproductie van de melkkoeien opgevraagd. De mestproductie in Tabel 6 van RVO (2026) is weergegeven in m³ mest per 7 maanden. De mestproductie per bedrijf per jaar is berekend met de volgende formule:

$$\text{Mestproductie (m3/jaar)} = \text{aantal dieren} * \text{forfaitaire mestproductie/7} * 12$$

Bij bedrijf M3, M4 en M5 was geen drijfmest aanwezig vanwege een stalsysteem met scheiding aan de bron. Voor deze bedrijven is een fictieve drijfmest berekend door het volume en de nutriënten van de feces en de gier op te tellen.

Wanneer er sprake was van weidegang, is de mestproductie tijdens weidegang berekend aan de hand van het aantal uren weidegang per jaar en dit is van de totale mestproductie afgetrokken. Met de volumes en samenstelling van de meststromen is vervolgens berekend hoeveel kilogram OS, N, P en K in elke meststroom zit. Hiermee is vervolgens met stroomdiagrammen in kaart gebracht hoe de nutriënten zich door de verschillende verwerkingstappen verdelen en in welke eindproducten zij terecht komen. Daarnaast is voor de eindproducten het scheidingsrendement van het systeem berekend, door de hoeveelheid OS, N, P of K in het eindproduct te delen door de hoeveelheid in de uitgangsdrijfmest.

Om verschillende mestproducten om te rekenen van volume naar gewicht zijn de dichtheden uit Tabel 2.2 gebruikt.

Tabel 2.2 *Dichtheid van verschillende mestproducten.*

Mestproduct	Dichtheid (kg/m ³)	Bron
Drijfmest	1.005	Handboek Bodem & Bemesting ¹
Gier	1.030	Handboek Bodem & Bemesting ¹ , Van Boxmeer et al. (2023a)
Feces	1.050	Van Boxmeer et al. (2023a)
Gefermenteerde feces	1.065	Van Boxmeer et al. (2023a)
Dikke fractie na mechanische scheiding	1.100	Van Boxmeer et al. (2023a)
Dunne fractie na mechanische scheiding	1.030	Van Boxmeer et al. (2023a)
Ammoniumsulfaat	1.200	Van Boxmeer et al. (2023a)
Effluent	1.025	Van Boxmeer et al. (2023a)
Spuiwater	1.100	Mosquera et al. (2007), Amery et al. (2022)
Stro	120	Vandenbosch (2012)

¹ <https://www.handboekbodemembemesting.nl/bemestingsadviezen/samenstelling-organische-meststoffen/>, geraadpleegd op 23-07-2025. Zie ook Bijlage 3.

Het was niet mogelijk om de volumes van alle meststromen nauwkeurig te meten. De meeste volumes zijn gebaseerd op inschattingen van de veehouder met enkele aanvullende metingen. Daarnaast is het volume van de uitgangsmest (drijfmest) bij bedrijf M1 en M2 forfaitair bepaald. Daardoor geven de volume- en nutriëntenstromen en scheidingsrendementen enkel een globaal inzicht in de nutriëntenverdeling tussen de mestproducten en is deze niet volledig kloppend. De scheidingsrendementen zijn niet gecorrigeerd voor P of K.

2.4.4 Toepassing mestproducten

Voor de vijf bedrijven is berekend hoe de toepassing van de beschikbare mestproducten uit zo'n stalsysteem eruit ziet voor de stikstof en fosfaat gebruiksruimte en het kali advies. Aan de hand van de samenstelling van de mestproducten en het aantal dieren per bedrijf is uitgerekend hoeveel stikstof, fosfaat en kali per koe per jaar beschikbaar is. Vervolgens zijn twee varianten qua veebezetting doorgerekend, namelijk met 1,5 en 2 koeien per hectare. Op deze manier is voor stikstof, fosfaat en kali berekend in hoeverre de gebruiksruimte (en in het geval van kali het bemestingsadvies) met de mestproducten wordt ingevuld en of er sprake is van een overschot. De gebruiksruimten voor stikstof en fosfaat uit dierlijke mest en het bemestingsadvies voor kali is gebaseerd op 80% grasland en 20% bouwland en is weergegeven in Tabel 2.3. Daarnaast is rekening gehouden met maximaal 80 kg N uit RENURE producten.

Tabel 2.3 Maximale stikstof, fosfaat en kali gift, gebaseerd op de gebruiksruimten voor stikstof en fosfaat en het bemestingsadvies voor kali, uitgaand van 80% grasland en 20% bouwland.

Nutriënt	Maximale gift	Bron + toelichting
Stikstof	170 kg N/ha	RVO (2026b)
Fosfaat	90 kg P ₂ O ₅ /ha ¹	RVO (2026b,c) Fosfaatgebruiksnorm van grasland en bouwland zijn respectievelijk 95 en 70 kg P ₂ O ₅ /ha, uitgaande van een neutrale fosfaattoestand van de bodem.
Kali	420 kg K ₂ O/ha ²	Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen (2026) De kalibehoeftes van grasland en bouwland zijn respectievelijk 490 en 180 kg K ₂ O/ha.

3 Resultaten

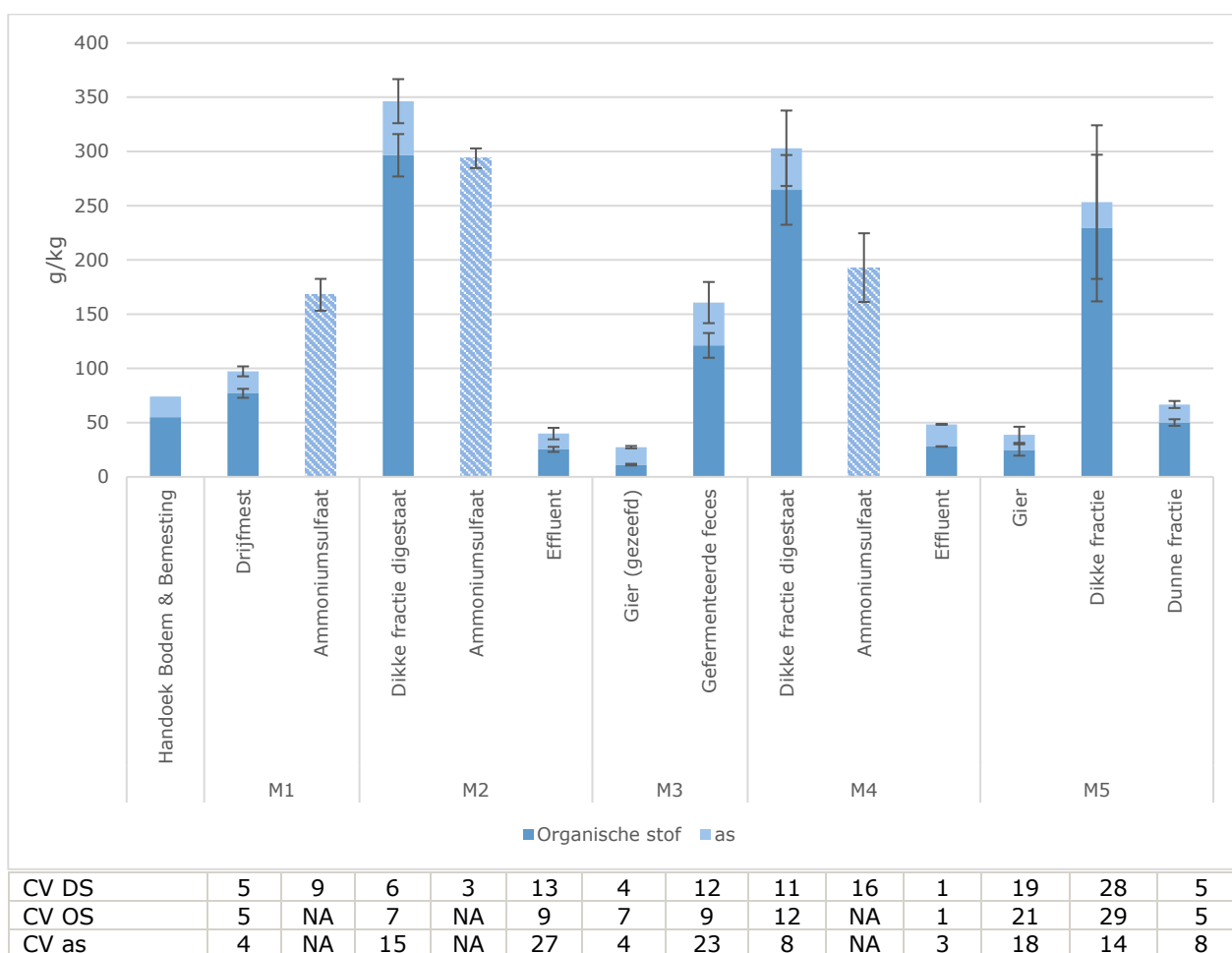
In dit hoofdstuk zijn de resultaten van de vijf melkveebedrijven (M1 t/m M5) weergegeven. Eerst wordt per type nutriënt (primaire, secundaire en micro) ingegaan op de verschillen in gehalten tussen mestproducten. Daarna worden per bedrijf (M1 t/m M5) de volume- en nutriëntenstromen en scheidingsrendementen weergegeven. De analyseresultaten per mestmonster zijn weergegeven in Bijlage 4.

3.1 Samenstelling mestproducten

3.1.1 Primaire nutriënten

De vijf stalsystemen produceren mestproducten met verschillende droge stof, organische stof, stikstof, fosfaat en kali gehalten. Hieronder wordt de samenstelling per nutriënt in gram per kilogram product toegelicht.

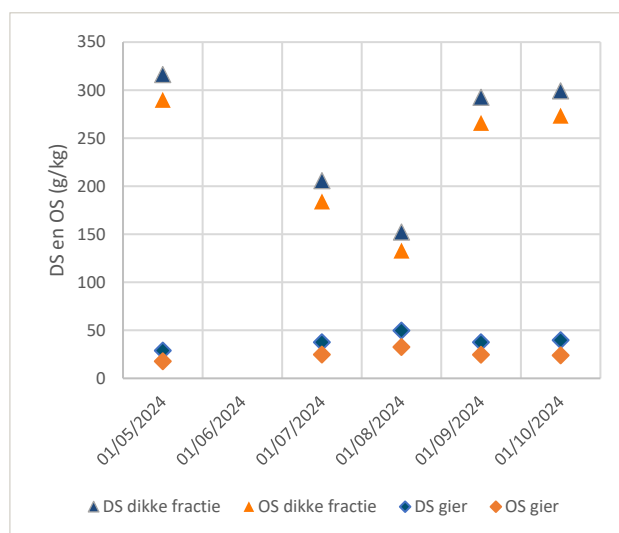
Droge stof en organische stof



Figuur 3.1 Droge stof (DS) gehalte opgesplitst in organische stof (donker blauw) en as (lichtblauw) in g/kg. De foutbalken op de donkerblauwe balken geven de standaarddeviatie (SD) van organische stof (OS) weer. De foutbalken op de lichtblauwe balken geven de SD van DS weer (de SD van as is niet weergegeven in deze tabel). De tabel onder de figuur geeft de variatiecoëfficiënt (CV) van droge stof (DS), organische stof (OS) en as in % weer. Organische stof in ammoniumsulfaat is niet berekend (NA). Ammoniumsulfaat valt uit elkaar bij een temperatuur hoger dan 275°C en de as bepaling vindt plaats bij 500°C. Hierdoor valt het as-gehalte te laag uit, waardoor het organische stof gehalte in spuiwater wordt overschat. In deze figuur is voor ammoniumsulfaat alleen het totale droge stof gehalte weergegeven.

Drijfmest (bedrijf M1) bevatte 97 gram droge stof (DS) per kg, waarvan ongeveer 80% organische stof (OS) was (Figuur 3.1). Zowel het DS als OS gehalte in de drijfmest van bedrijf M1 was iets hoger dan de gemiddelde waarden die worden gerapporteerd in het Handboek Bodem & Bemesting (Bijlage 3). Over het algemeen hadden de dikke fracties van digestaat (bedrijf M2 en M4) en de dikke fractie na mechanische scheiding (bedrijf M5) een hoog DS gehalte (respectievelijk 346, 303 en 253 g/kg) en bevatten ze relatief veel OS (>85% van DS). Ook de gefermenteerde feces bevatte meer DS dan drijfmest (161 g/kg), maar in verhouding minder OS (75% van DS). De gier (bedrijf M3 en M5), het effluent (bedrijf M2 en M4) en de dunne fractie (bedrijf M5) bevatten het minste DS (27 - 67 g/kg) met ook relatief het minste OS. Afhankelijk van de concentratie bevatte ammoniumsulfaat ook vrij veel droge stof (>150 g/kg). Het OS gehalte in ammoniumsulfaat kon niet bepaald worden, omdat ammoniumsulfaat uit elkaar valt bij temperaturen hoger dan 275°C en de as bepaling plaatsvindt bij 500°C. Hierdoor valt het as-gehalte te laag uit, waardoor het OS gehalte in ammoniumsulfaat zou worden overschat.

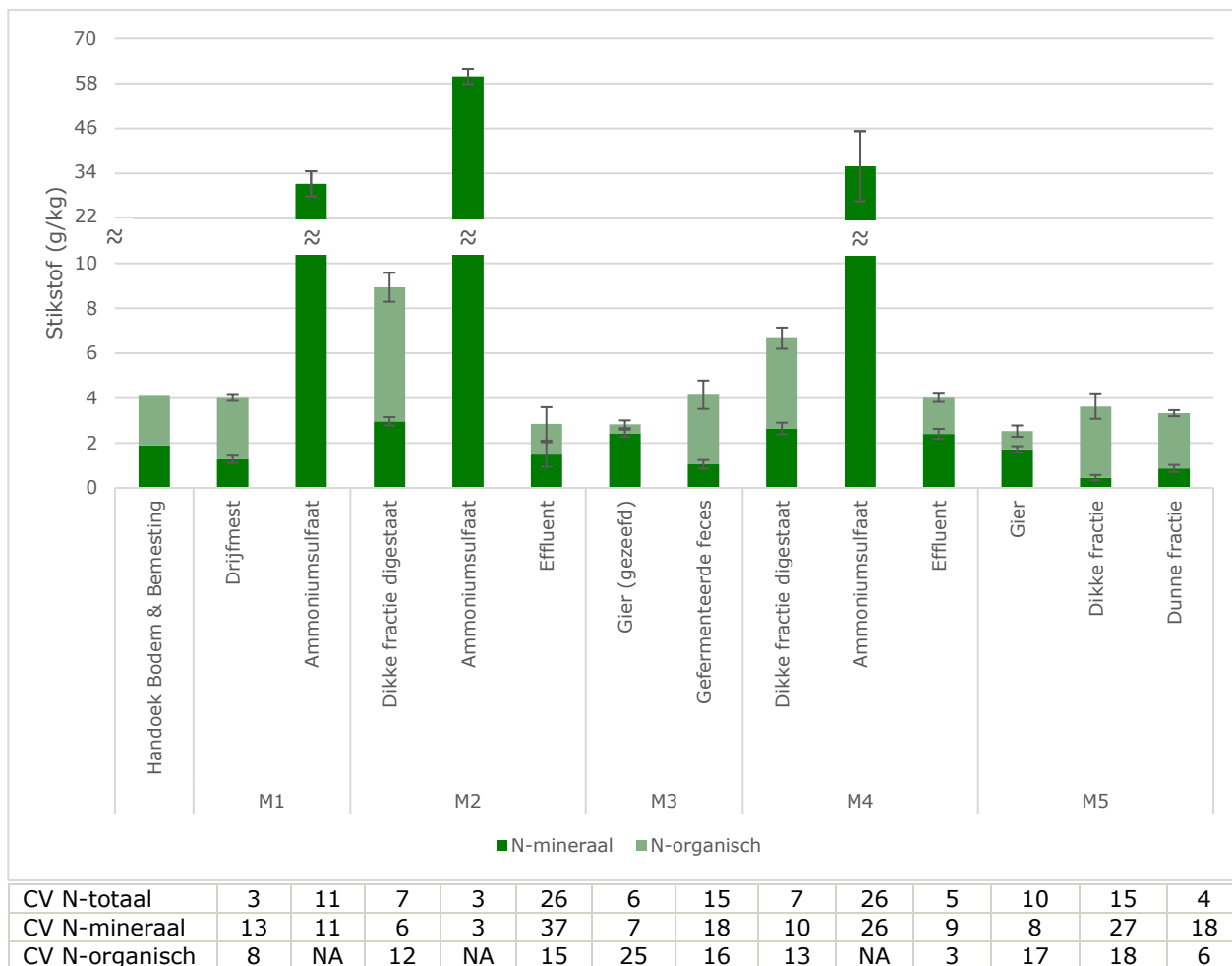
Het DS en OS gehalte in de mestproducten was constant in de tijd (CV < 20%). Alleen het DS en OS gehalte in gier en dikke fractie van bedrijf M5 hadden een hogere CV, terwijl de CV voor beide gehalten in de dunne fractie juist zeer laag was. Figuur 3.2 laat zien dat de tweede en derde monstername van de dikke fractie een lager DS gehalte hadden en de gier juist een iets hoger DS gehalte had. Het OS gehalte laat in beide fractie hetzelfde patroon zien als het DS gehalte.



Figuur 3.2 Droge stof (DS) en organische stof (OS) gehalte (g/kg product) in dikke fractie (driehoek) en gier (ruit) van bedrijf M5.

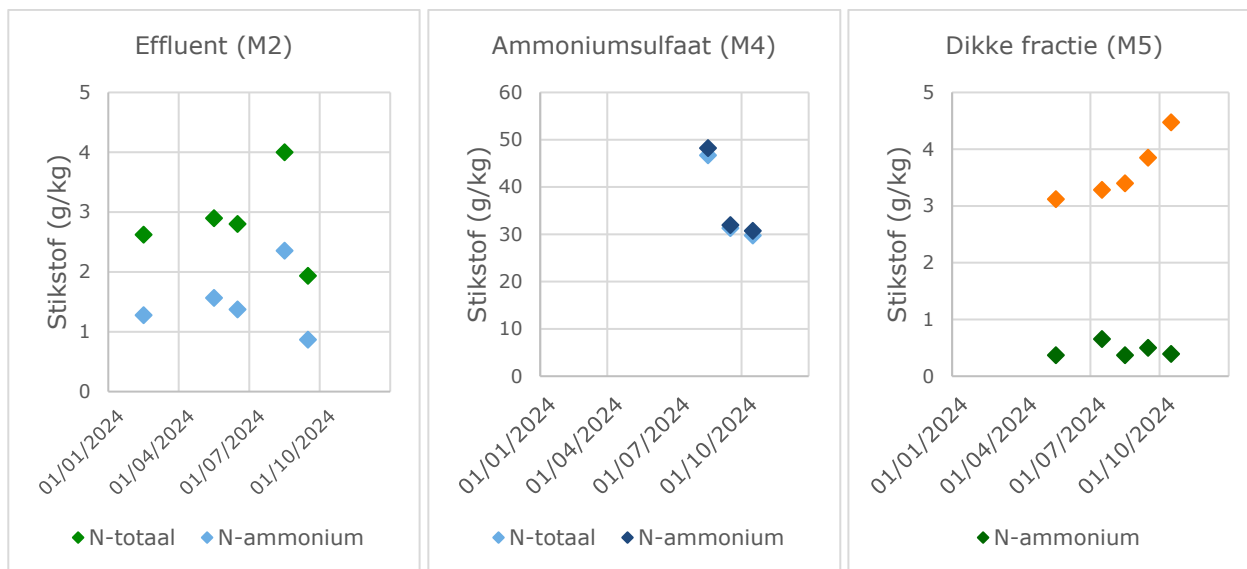
Stikstof

Drijfmest (bedrijf M1) bevatte 4,1 gram stikstof per kg mest, waarvan ongeveer de helft in minerale vorm (Figuur 3). Het totale stikstof gehalte van de drijfmest van bedrijf M1 was vergelijkbaar met de gemiddelde die wordt gerapporteerd in het Handboek Bodem & Bemesting, maar de hoeveelheid minerale stikstof lijkt wat lager. Ammoniumsulfaat uit luchtwassers (bedrijf M1) of strippers en scrubbers (bedrijf M2 en M4) hadden van alle mestproducten veruit het hoogste stikstof gehalte (30 – 60 g/kg) en bestonden volledig uit mineraal stikstof. De dikke fractie van het digestaat (bedrijf M2 en M4) bevatte fors meer stikstof dan drijfmest, maar naar verhouding bevatte het meer organische stikstof (circa 60 – 70%). Het stikstofgehalte van het effluent van bedrijf M4 was vergelijkbaar met drijfmest, terwijl het stikstofgehalte van het effluent van bedrijf M2 wat lager lag (2,9 g/kg). Ook het stikstof gehalte van de gefermenteerde feces (bedrijf M3) en de dikke fractie na primaire en mechanische scheiding (bedrijf M5) was vergelijkbaar met dat van drijfmest, maar ook deze fracties bevatten in verhouding meer organische stikstof (respectievelijk 75% en 87%). De primaire gescheiden gier (bedrijf M3 en M5) bevatte iets minder stikstof dan drijfmest, maar deze fracties bevatten juist meer minerale stikstof. De dunne fractie na het mechanisch scheiden van de dikke fractie van bedrijf M5 bevatte iets meer stikstof dan de gier fractie, maar wel met minder stikstof in minerale vorm. De verhouding tussen N-mineraal en N-totaal is opgenomen in Tabel 3.1 in paragraaf 3.2).



Figuur 3.3 Stikstof gehalte opgesplitst in mineraal stikstof (donker groen) en organisch stikstof (licht groen) in g/kg. De foutbalken op de donker groene balken geven de standaarddeviatie (SD) van N-mineraal weer. De foutbalken op de licht groene balken geven de SD van het totale stikstofgehalte weer. De SD van N-organisch is niet weergegeven. De tabel onder de figuur geeft de variatiecoëfficiënt (CV) van totaal stikstof (N-totaal), mineraal stikstof (N-mineraal) en organisch stikstof (N-organisch) in % weer. **Let op:** vanaf 10 g/kg verandert de verdeling van de y-as.

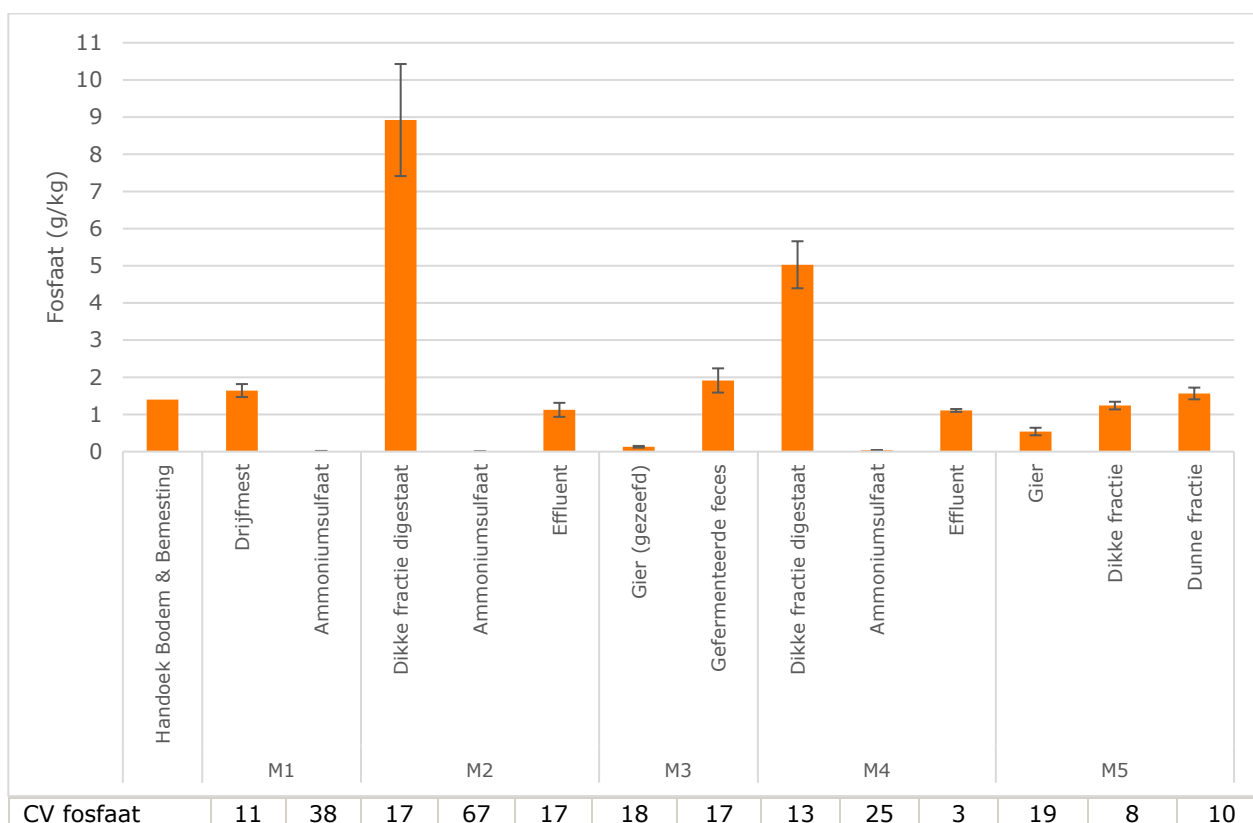
Over het algemeen was het totale stikstof gehalte en het minerale stikstofgehalte in de mestproducten constant in de tijd (CV < 20%). Het effluent van bedrijf M2 liet wel een hoge variatie in de tijd zien voor zowel het totale als het minerale stikstofgehalte. Figuur 3.4 geeft weer dat met name het stikstofgehalte in de laatste twee monsters afweek van de eerdere drie monsters, maar er is geen duidelijk patroon zichtbaar. Ook het ammoniumsulfaat van bedrijf M4 liet een hogere CV waarde zien. Dit wordt veroorzaakt doordat het stikstofgehalte in het eerste monster hoger was dan in de latere twee (Figuur 3.4, midden). Het stikstofgehalte in het eerste monsters was vergelijkbaar met het stikstofgehalte van het ammoniumsulfaat van bedrijf M2. Aangezien de monsters zijn genomen kort nadat de stikstof stripper bij bedrijf M4 is gebruik is genomen, kan het zijn dat dit nog verder afgesteld moet worden. Daarnaast had de dikke fractie van bedrijf M5 een hogere CV en is er een duidelijk patroon zichtbaar in het totaal stikstof gehalte (Figuur 3.4, rechts). Dit leek in het najaar toe te nemen, terwijl de hoeveelheid minerale stikstof constant bleef.



Figuur 3.4 Totaal stikstof (N-totaal) en mineraal stikstof (N-ammonium) in het effluent van bedrijf M2 (links), het ammoniumsulfaat van bedrijf M4 (midden) en de dikke fractie van bedrijf M5 (rechts).

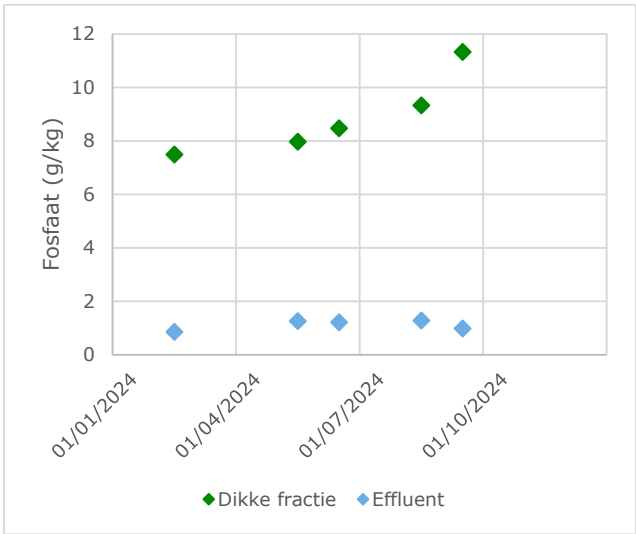
Fosfaat

Drijfmest (bedrijf M1) bevatte 1,6 gram fosfaat (P_2O_5) per kg mest, wat vergelijkbaar was met het gemiddelde fosfaatgehalte in drijfmest dat wordt gerapporteerd in het Handboek Bodem & Bemesting. De dikke fractie van het digestaat van bedrijf M2 bevatte het meeste fosfaat (8,9 g/kg), gevolgd door de dikke fractie van het digestaat van bedrijf M4 (5,0 g/kg). Het fosfaatgehalte van het effluent (bedrijf M2 en M4) was wat lager dan in drijfmest (1,1 gr/kg), net als de dikke fractie van bedrijf M5 (1,2 gr/kg). Ammoniumsulfaat (bedrijf M2 en M4) bevatte nagenoeg geen fosfaat en ook de gier van bedrijf M3 had een laag fosfaatgehalte. De gier van bedrijf M5 had een iets hoger fosfaatgehalte (0,5 g/kg), maar dit was nog steeds lager dan dat van drijfmest. De dunne fractie na mechanische scheiding van de feces op hetzelfde bedrijf (M5) had een fosfaatgehalte dat vergelijkbaar was met drijfmest. De gefermenteerde feces (bedrijf M3) bevatte gemiddeld meer fosfaat dan drijfmest, maar de standaarddeviatie was ook wat groter.



Figuur 3.5 Fosfaat (P_2O_5) gehalte in g/kg. De foutbalken geven de standaarddeviatie (SD) weer. De tabel onder de figuur geeft de variatiecoëfficiënt (CV) van fosfaat in % weer.

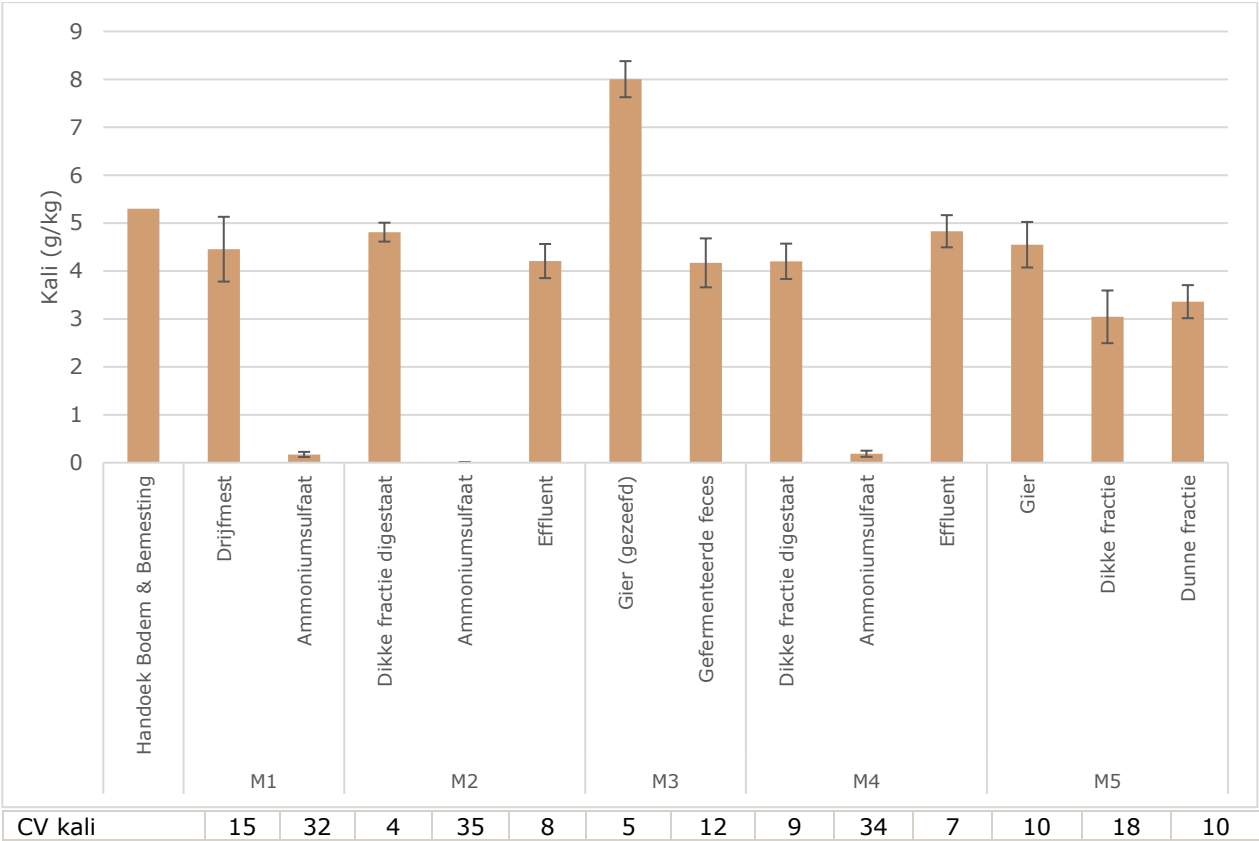
Over het algemeen was de variatie in het fosfaatgehalte in de tijd iets groter dan voor de andere primaire nutriënten, maar de meeste CV-waarden waren lager dan 20%. Het ammoniumsulfaat (bedrijf M1, M2 en M4) liet de hoogste CV waarden zien. Dit komt niet zozeer door de variatie tussen de monsters op verschillende momenten, maar doordat de CV gevoelig is voor lage absolute waarden. De fosfaatgehalten in ammoniumsulfaat waren zeer laag, waardoor een klein absoluut verschil resulteerde in een groot relatief verschil. Hetzelfde geldt voor de CV waarden van gier (bedrijf M3 en M5) die dicht bij 20% lagen.



Figuur 3.6 Fosfaat (P_2O_5) gehalte in de dikke fractie en het effluent van bedrijf M2.

De standaarddeviatie van het fosfaatgehalte van de dikke fractie van het digestaat (bedrijf M2) lijkt vrij groot (Figuur 3.5), ondanks dat de CV waarde lager dan 20% was. Figuur 3.6 laat zien dat het fosfaat gehalte toenam gedurende het jaar. Het fosfaatgehalte van het effluent van bedrijf M2 had dezelfde CV als de dikke fractie, maar hier is geen duidelijk patroon zichtbaar (Figuur 3.6).

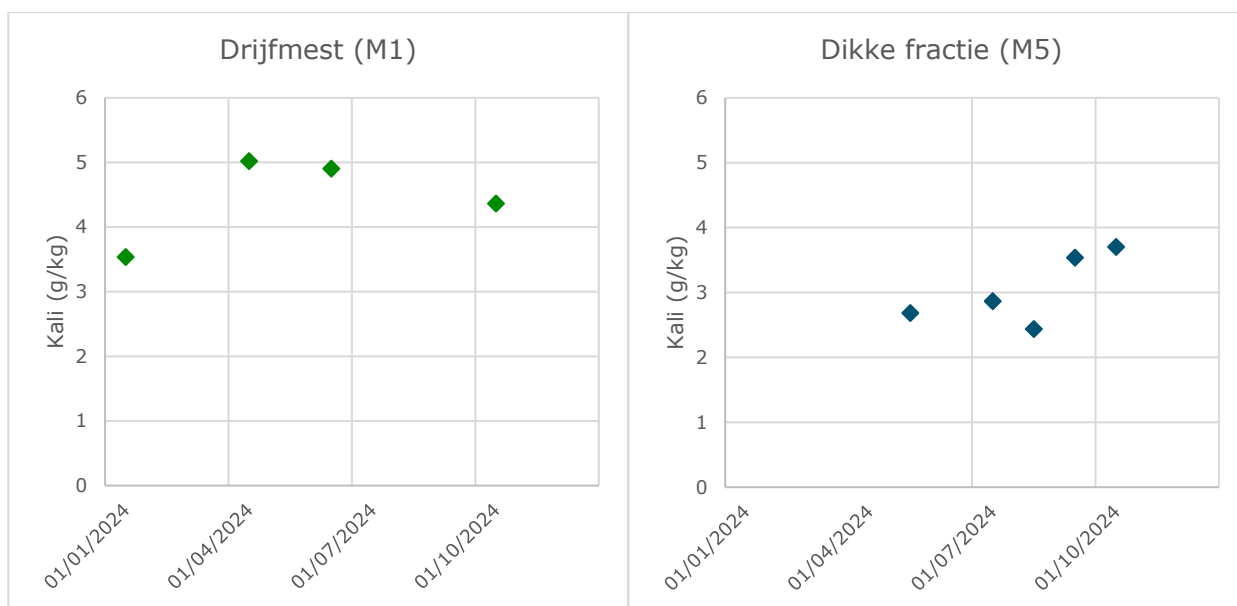
Kali



Figuur 3.7 Kali (K_2O) gehalte in g/kg. De foutbalken geven de standaarddeviatie (SD) weer. De tabel onder de figuur geeft de variatiecoëfficiënt (CV) van kali in % weer.

Drijfmest (bedrijf M1) bevatte gemiddeld 4,5 gram kali (K_2O) per kg mest, wat iets lager was dan het gemiddelde kaligehalte in drijfmest wat wordt gerapporteerd in het Handboek Bodem & Bemesting (5,3 g/kg). Het kaligehalte in ammoniumsulfaat (bedrijf M1, M2 en M4) was zeer laag. Alle andere mestfracties bevatten minimaal 3 gram kali per kg mest, waarbij het kali gehalte in de dikke fractie van het digestaat en het effluent (bedrijf M2 en M4), de gefermenteerde feces (bedrijf M3) en de gier van bedrijf M5 vergelijkbaar is het drijfmest. In de gier van bedrijf M3 zat de meeste kali (8,0 g/kg), terwijl de dikke en dunne fractie van bedrijf M5 na ammoniumsulfaat de laagste kaligehalten hadden (respectievelijk 3,0 en 3,3 g/kg).

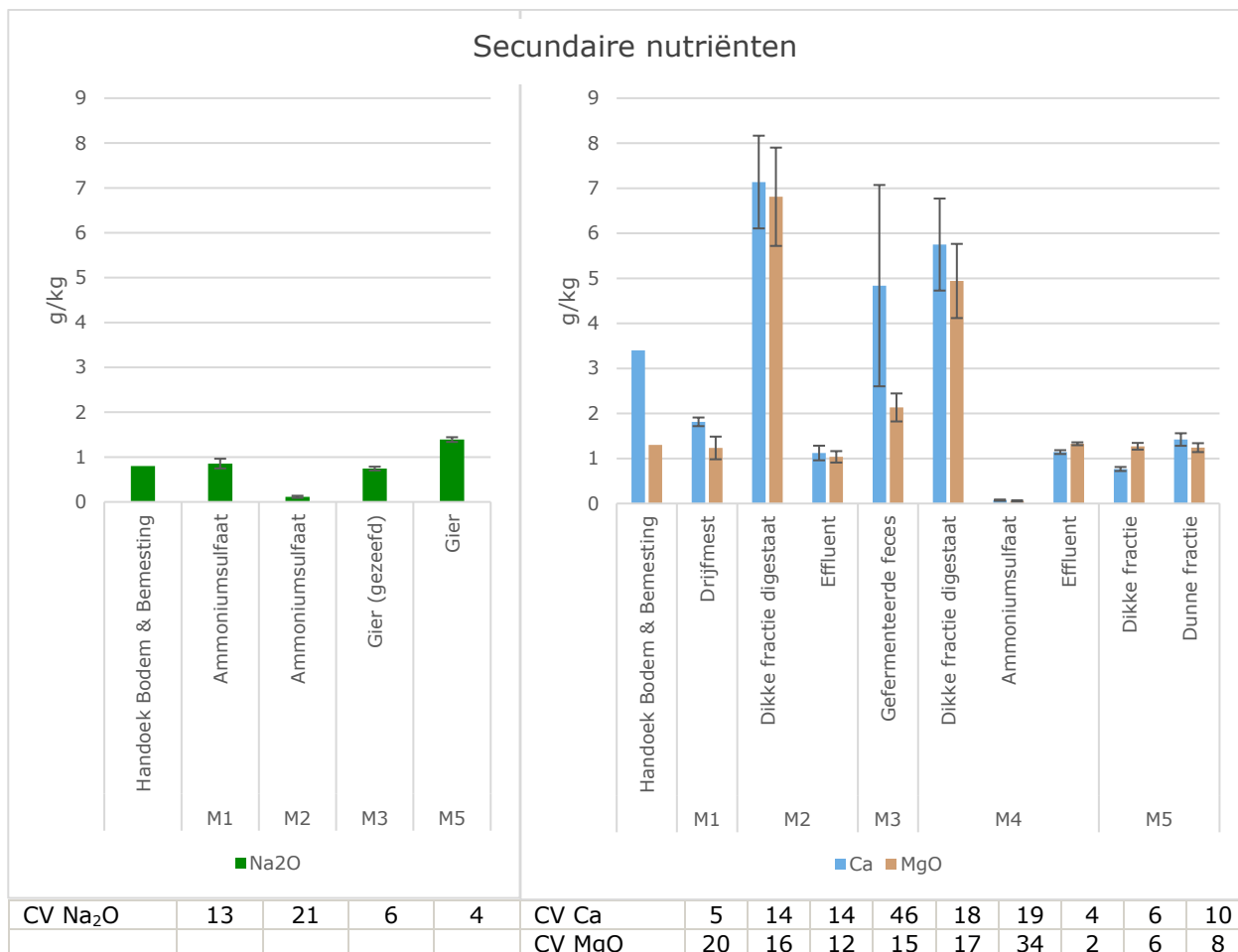
Over het algemeen was het kaligehalte in de mestproducten constant in de tijd ($CV < 20\%$). Wederom had het ammoniumsulfaat (bedrijf M1, M2 en M4) de hoogste CV, doordat de CV gevoelig is voor lage absolute waarden. De kaligehalten in ammoniumsulfaat zijn zeer laag, waardoor een klein absoluut verschil resulteerde in een groot relatief verschil. De CV van kali in drijfmest (bedrijf M1) en dikke fractie (bedrijf M5) lag dicht bij 20%. Het kaligehalte in drijfmest van bedrijf M1 en in de dikke fractie van bedrijf M5 vertoont variatie, maar er is geen duidelijk patroon zichtbaar.



Figuur 3.8 Kali (K_2O) gehalte in de drijfmest van bedrijf M1 (links) en in de dikke fractie van bedrijf M5 (rechts).

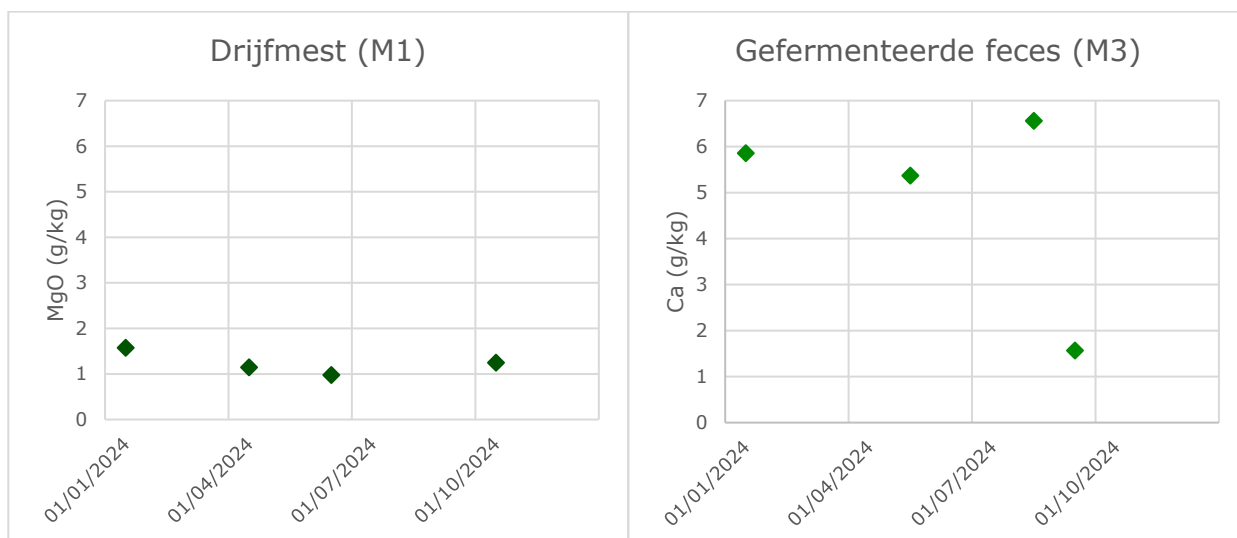
3.1.2 Secundaire nutriënten

Drijfmest (bedrijf M1) bevatte gemiddeld 1,8 gram calcium (Ca) en 1,2 gram magnesium (MgO) per kg mest. Dit MgO gehalte is vergelijkbaar met het gemiddelde gehalte dat wordt gerapporteerd in het Handboek Bodem & Bemesting, terwijl het Ca gehalte van de drijfmest van bedrijf M1 lager is. Dikke fractie van digestaat (bedrijf M2 en M4) en gefermenteerde feces bevatten hoge gehalten Ca en MgO , terwijl dit in ammoniumsulfaat (bedrijf M1, M2 en M4) het laagst is. Het ammoniumsulfaat van bedrijf M1 bevatte een vergelijkbare hoeveelheid natrium (Na_2O) als de gemiddelde concentratie in drijfmest uit het Handboek Bodem & Bemesting, maar het ammoniumsulfaat van bedrijf M2 en M4 bevat nagenoeg geen Na_2O . De gier van bedrijf M3 heeft een vergelijkbare Na_2O concentratie als de drijfmest uit het Handboek Bodem & Bemesting, terwijl dit in de gier van bedrijf M5 hoger ligt. De Ca en MgO concentratie in effluent (bedrijf M2 en M4) en de dikke en dunne fractie van bedrijf M5 zijn vergelijkbaar. De Ca concentratie in deze mestproducten ligt wat lager dan in drijfmest, terwijl de MgO concentratie vergelijkbaar is met drijfmest (bedrijf M1).



Figuur 3.9 Links: Natrium (Na₂O) en rechts: calcium (Ca) en magnesium (MgO) gehalte in g/kg. De foutbalken geven de standaarddeviatie (SD) weer. De tabel onder de figuur geeft de variatiecoëfficiënt (CV) in % weer.

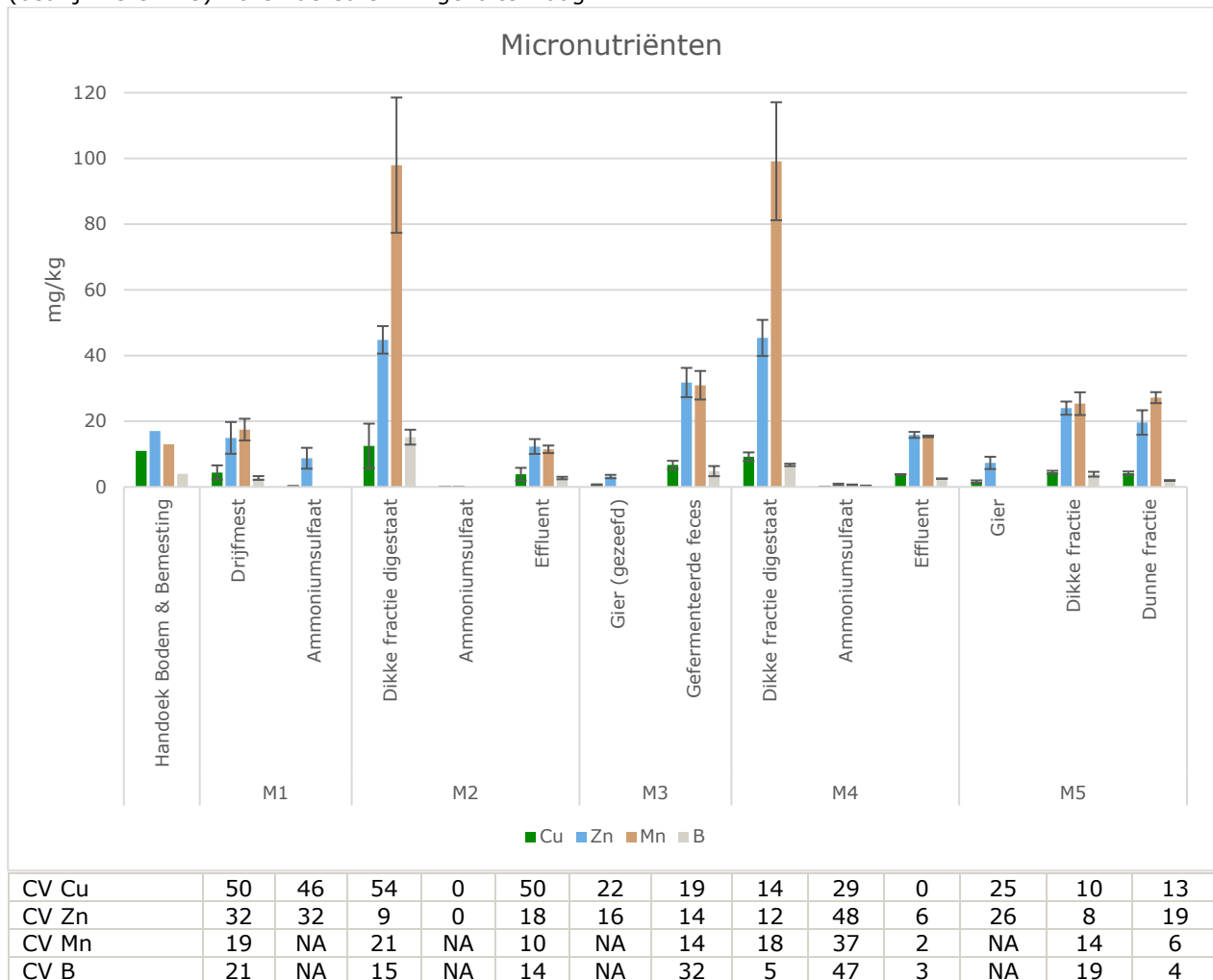
De CV van Na₂O van het ammoniumsulfaat van bedrijf M2 en van MgO van het ammoniumsulfaat van bedrijf M4 was hoger dan 20%, doordat de absolute gehalten laag waren en daardoor een klein absoluut verschil tussen de monsters leidt tot een groot relatief verschil. De CV van het MgO gehalte in drijfmest (bedrijf M1) was 20% en Figuur 3.10 (links) laat zien dat het MgO gehalte van het tweede en derde monster wat lager was dan het eerste en vierde monster. Het calcium gehalte van de gefermenteerde feces van bedrijf M3 heeft een hoge CV, wat wordt veroorzaakt door de lage Ca concentratie in het laatste monster (Figuur 3.10, rechts). De toegevoegde kleimineralen en stro bevatten ook Ca, waardoor de variatie mogelijk kan worden verklaard door verschillen in de hoeveelheid toevoeging voor het fermentatieproces van de feces.



Figuur 3.10 Magnesium (MgO) gehalte in drijfmest van bedrijf M1 (links) en calcium (Ca) gehalte van gefermenteerde feces van bedrijf M3.

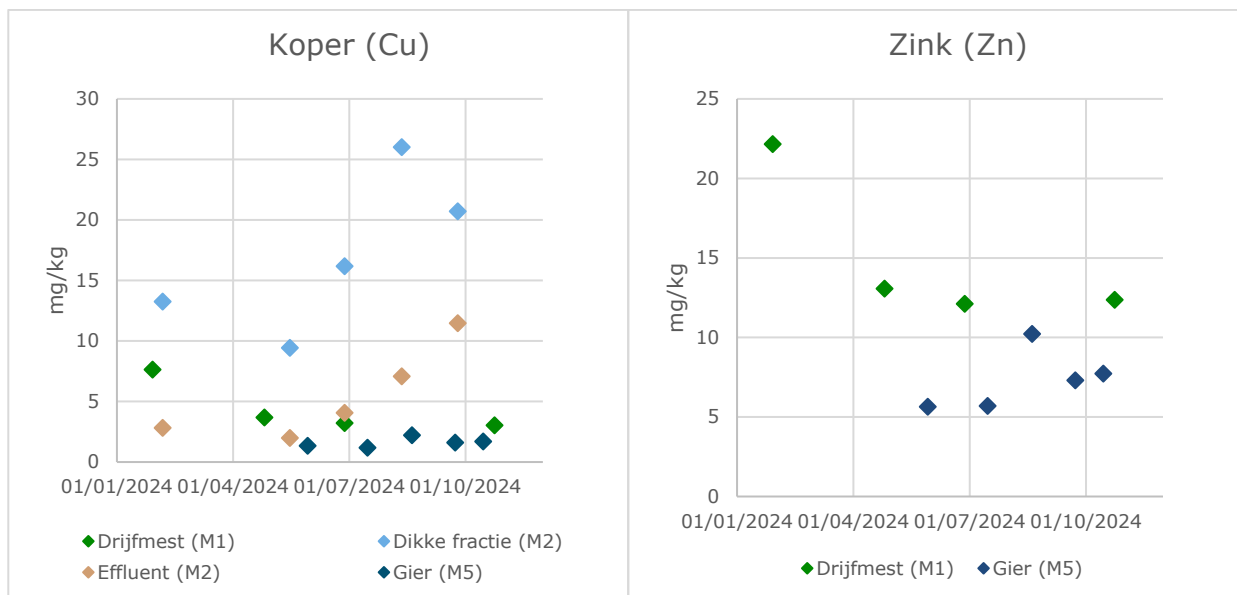
3.1.3 Micronutriënten

Drijfmest (bedrijf M1) bevatte gemiddeld 4,4 milligram koper (Cu), 14,9 milligram zink (Zn), 17,5 milligram mangaan (Mn) en 2,7 milligram borium (B) per kilogram mest. Dit Zn, Mn en B gehalte is vergelijkbaar met de gemiddelde gehalten die worden gerapporteerd in het Handboek Bodem & Bemesting, terwijl het Cu gehalte van de drijfmest van bedrijf M1 lager is. Dikke fractie van digestaat (bedrijf M2 en M4) bevat de hoogste gehalten Zn, Mn en B, terwijl het Cu gehalte vergelijkbaar is met dat in drijfmest (M1). Het Zn gehalte in de dikke fractie van digestaat (bedrijf M2 en M4) en de gefermenteerde feces (bedrijf M3) zijn ongeveer even hoog. Ook het Zn gehalte van de dikke fractie en dunne fractie van bedrijf M5 waren hoger dan in drijfmest (bedrijf M1). De gehalten micronutriënten (Cu, Zn, Mn en B) in het effluent van bedrijf M4 was vergelijkbaar met dat in drijfmest (bedrijf M1), terwijl de Zn en Mn gehalten in het effluent van bedrijf M2 iets lager waren. Het ammoniumsulfaat (bedrijf M2 en M4) bevat nagenoeg geen Cu en Zn (Mn en B zijn niet geanalyseerd), terwijl het ammoniumsulfaat van bedrijf M1 wel wat Zn bevat. Ook in de gier fracties (bedrijf M3 en M5) waren de Cu en Zn gehalten laag.



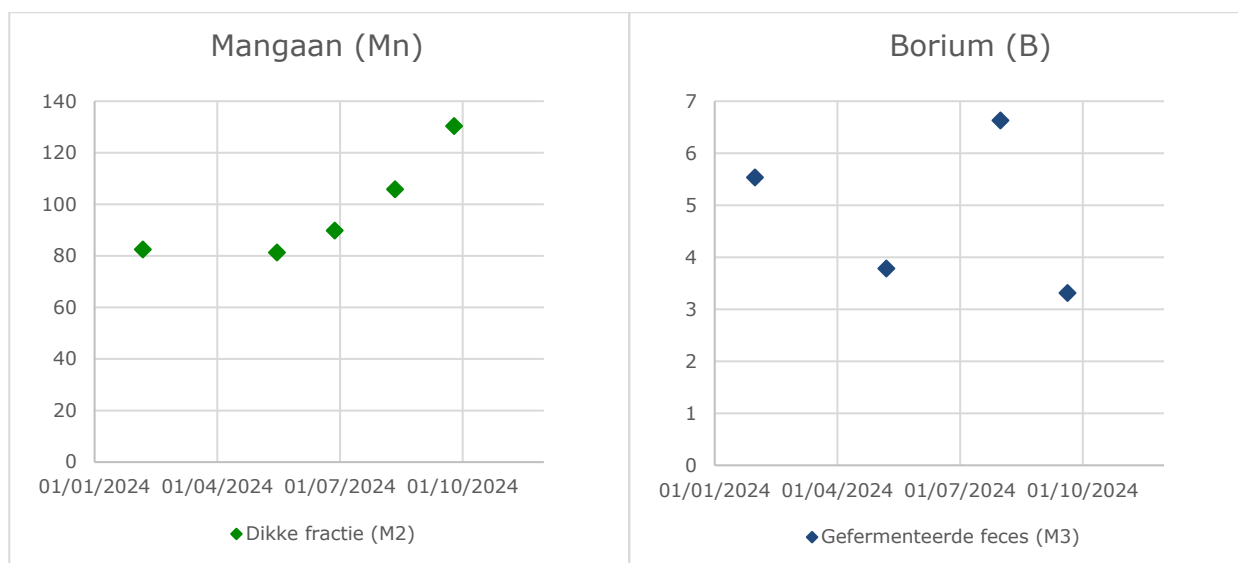
Figuur 3.11 Koper (Cu), zink (Zn), mangaan (Mn) en borium (B) gehalte in g/kg. De foutbalken geven de standaarddeviatie (SD) weer. De tabel onder de figuur geeft de variatiecoëfficiënt (CV) in % weer. De Mn en B gehalten in ammoniumsulfaat en gier zijn niet bepaald (NA).

Voor het ammoniumsulfaat (bedrijf M1, M2 en M4), maar ook voor de gezeefde gier (bedrijf M3) geldt dat de gehalten micronutriënten zeer laag waren, waardoor een klein absoluut verschil leidt tot een groot relatief verschil. Over het algemeen laat het Cu gehalte veel variatie zien, ook in de mestfracties met een wat hogere concentratie (Figuur 3.12, links). Het Cu gehalte in het eerste monster van de drijfmest van bedrijf M1 lijkt hoger te zijn dan de andere monsters of het Cu gehalte neemt in de loop van het voorjaar af. In de dikke fractie van het digestaat van bedrijf M2 lijkt het Cu gehalte in het voorjaar ook af te nemen, maar neemt in de loop van de zomer juist sterk toe. Ook in het effluent van hetzelfde bedrijf neemt het kopergehalte in de loop van de zomer toe. Het Cu gehalte in de gier van bedrijf M5 lijkt op wat variatie na constant in de tijd.



Figuur 3.12 Links: koper (Cu) gehalte in drijfmest (bedrijf M1), dikke fractie van digestaat en effluent (bedrijf M2) en gier (bedrijf M5). Rechts: Zink (Zn) gehalte in drijfmest (bedrijf M1) en gier (bedrijf M5).

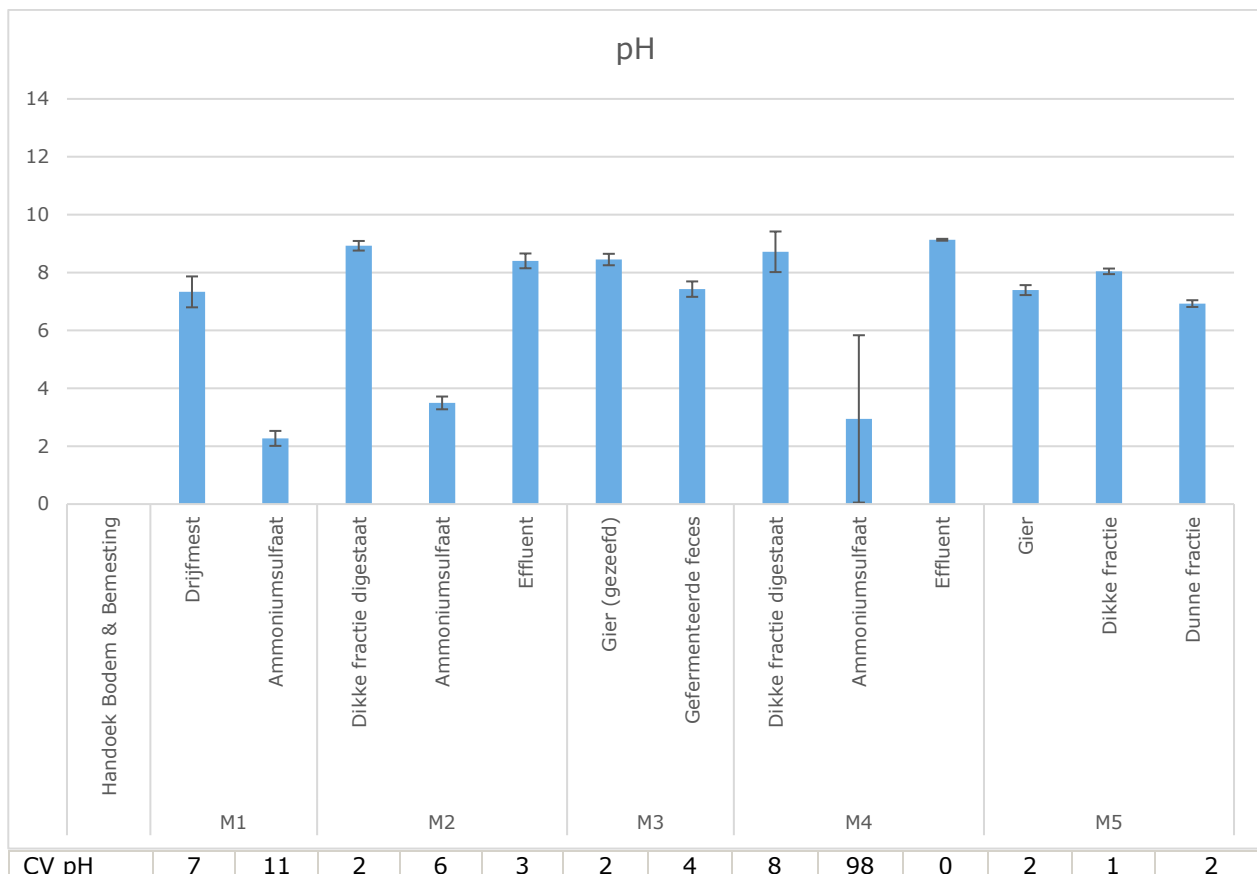
Figuur 3.12 (rechts) laat zien dat het Zn gehalte in drijfmest (bedrijf M1) dezelfde hogere concentratie in het eerste monster zien als bij het Cu gehalte. Het Zn gehalte in de volgende drie monsters zijn vrij constant. Ook het Zn gehalte van de gier van bedrijf M5 laat eenzelfde verloop zien als het Cu gehalte, al lijken de laatste twee monsters toch wat hoger uit te komen dan de eerste twee. Het Mn gehalte in de dikke fractie van het digestaat van bedrijf M2 neemt toe in de zomer en het najaar (Figuur 3.13, links). Het B gehalte in de gefermenteerde feces (bedrijf M3) laat geen duidelijk patroon zien (Figuur 3.13, rechts).



Figuur 3.13 Links: mangaan (Mn) gehalte in de dikke fractie van digestaat (bedrijf M2). Rechts: borium (B) gehalte in gefermenteerde feces (bedrijf M3).

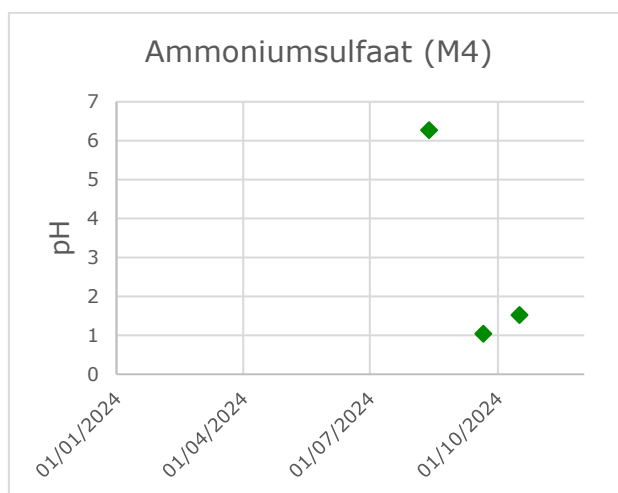
3.1.4 Overige parameters

Naast primaire, secundaire en micro nutriënten is ook de pH en de verhouding tussen stikstof en fosfor (N/P) bepaald (Figuur 3.14). De pH in de drijfmest (bedrijf M1) was gemiddeld 7,3. Over het algemeen lag de pH van de dikke fractie van digestaat en het effluent (bedrijf M2 en M4), gier van bedrijf M3 en de dikke fractie van bedrijf M5 hoger dan dat van drijfmest. De pH van de gefermenteerde feces (bedrijf M3) en gier (bedrijf M5) was vergelijkbaar met de pH van drijfmest, terwijl de pH van de dunne fractie van bedrijf M5 iets lager was. De laagste pH waarden zijn gevonden in het ammoniumsulfaat van bedrijf M1, M2 en M4, wat wordt veroorzaakt door het toegevoegde zuur tijdens het proces.



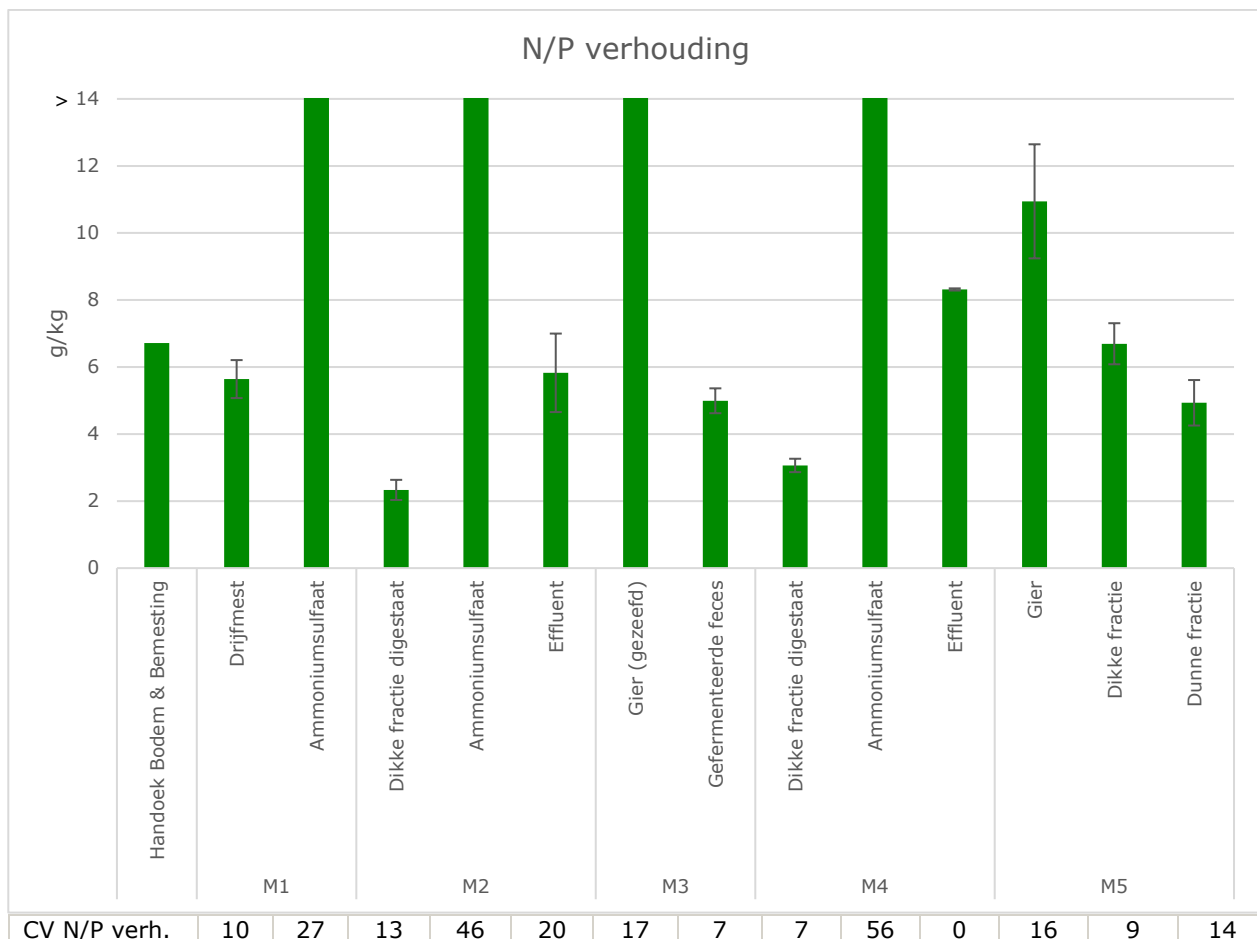
Figuur 3.14 pH waarden van de verschillende mestproducten per bedrijf. De foutbalken geven de standaarddeviatie (SD) weer. De tabel onder de figuur geeft de variatiecoëfficiënt (CV) in % weer.

Over het algemeen was de CV van de pH waarden laag. Alleen het ammoniumsulfaat van bedrijf M4 laat een hoge variatie zien, die wordt veroorzaakt door de pH waarde van het eerste monster (Figuur 3.15). Dit was hetzelfde monster wat in Figuur 3.4 een afwijkend stikstofgehalte liet zien.



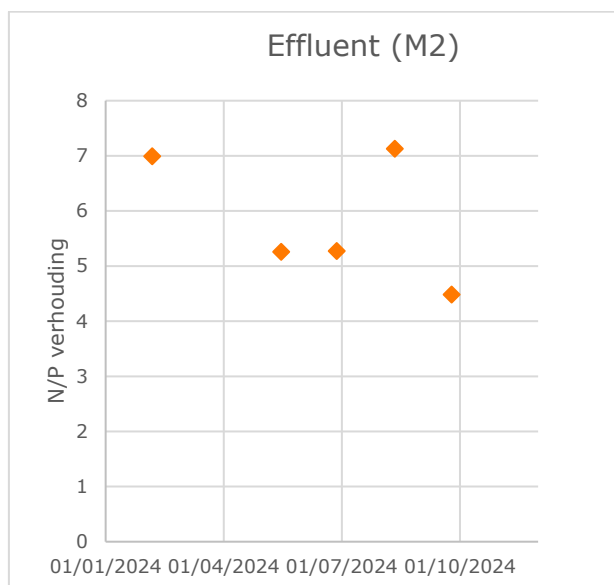
Figuur 3.15 pH van ammoniumsulfaat van bedrijf M4.

De N/P verhouding in drijfmest (bedrijf M1) was iets lager dan wat wordt gerapporteerd in het Handboek Bodem & Bemesting (Figuur 3.16). Het ammoniumsulfaat (bedrijf M1, M2 en M4) en de gier (bedrijf M3 en M5) hadden een zeer hoge N/P verhouding die bij ammoniumsulfaat ruim boven 1.000 ligt en voor gier (bedrijf M3) rond 50. Dit betekent dat deze producten voornamelijk stikstof en zeer weinig fosfaat bevatten. Ook het effluent van bedrijf M4 heeft een hogere N/P verhouding dan drijfmest (bedrijf M1), terwijl het effluent van bedrijf M2 een vergelijkbare N/P verhouding heeft met drijfmest. Ook de gefermenteerde feces (bedrijf M3) en de dunne fractie (bedrijf M5) hebben een vergelijkbare N/P verhouding met drijfmest. De dikke fractie van het digestaat (bedrijf M2 en M4) had een lage N/P verhouding, omdat deze producten relatief meer fosfaat bevatten.



Figuur 3.16 Verhouding tussen stikstof (N) en fosfor (P). De foutbalken geven de standaarddeviatie (SD) weer. De tabel onder de figuur geeft de variatiecoëfficiënt (CV) in % weer.

De CV waarden van de N/P verhouding in ammoniumsulfaat (M1, M2 en M4) waren hoog, maar ondanks deze variatie blijft de N/P verhouding in deze producten zeer hoog. De N/P verhouding in het effluent van bedrijf M2 vertoont variatie, maar er is geen duidelijk patroon zichtbaar (Figuur 3.17).



Figuur 3.17 N/P verhouding in het effluent van bedrijf M2.

3.2 RENURE

Van de mestproducten is ook bekeken in hoeverre zij voldoen aan de kwaliteitsvoorwaarden die worden gesteld aan kunstmestvervangers uit dierlijke mest (RENURE) en deze resultaten zijn weergegeven in Tabel 3.1. Van de bemonsterde mestproducten voldoet ammoniumsulfaat (bedrijf M1, M2 en M4) en de gezeefde gier van bedrijf M3 qua samenstelling aan de voorwaarden voor RENURE. Het ammoniumsulfaat (spuiwater) van bedrijf M1 mag echter al boven de gebruiksnorm voor dierlijke mest worden gebruikt. Het stikstofgehalte was in andere mestproducten vaak wel voldoende hoog (> 3%), maar dan was de verhouding mineraal N te laag (drijfmest M1, effluent M2 en M4, gier M5, dunne fractie M5). Ook de verhouding C-totaal/N-totaal was dan niet laag genoeg. Alle mestproducten bleven ruim onder de bovengrens voor het Cu en Zn gehalte. Er is niet getoetst op microbiologische parameters.

Tabel 3.1 Toetsing van mestproducten op voorwaarden voor RENURE. Dikgedrukt geeft aan dat aan deze voorwaarde wordt voldaan. Voor N-min/N-totaal en C-totaal/N-totaal geldt dat aan één van de twee voorwaarden moet worden voldaan.

	N-min/N-totaal ¹		C-totaal/N-totaal		% N ²		Cu (mg/kg DS)		Zn (mg/kg DS)		RENURE op basis van samenstelling
Voorwaarde	≥ 0,90		≤ 3,0		≥ 3,0		≤ 300		≤ 800		
	Gem.	SD.	Gem.	SD.	Gem.	SD.	Gem.	SD.	Gem.	SD.	
Bedrijf M1											
Drijfmest	0,32	0,04	10,8	0,5	4,1	0,1	44	20	152	42	NEE
Ammoniumsulfaat	1,02	0,02	NA	NA	18,6	0,5	1	1	213	25	JA ³
Bedrijf M2											
Dikke fractie digestaat	0,33	0,04	18,6	0,7	2,6	0,1	49	19	129	6	NEE
Ammoniumsulfaat	1,02	0,03	NA	NA	20,4	0,2	< 1	< 1	< 1	< 1	JA
Effluent	0,51	0,05	5,2	1,0	7,1	1,1	94	36	308	29	NEE
Bedrijf M3											
Gier (gezeefd)	0,86	0,03	2,2	0,2	10,3	0,4	24	5	116	19	JA
Gefermenteerde feces	0,25	0,02	16,5	1,1	2,6	0,1	42	4	198	13	NEE
Bedrijf M4											
Dikke fractie digestaat	0,40	0,05	22,2	1,7	2,2	0,2	31	4	150	11	NEE
Ammoniumsulfaat	1,03	0,01	NA	NA	18,4	1,7	< 1	< 1	3	2	JA
Effluent	0,60	0,03	3,9	0,2	8,3	0,4	79	< 1	329	18	NEE
Bedrijf M5											
Gier	0,68	0,03	5,5	0,7	6,6	0,7	41	6	188	21	NEE
Dikke fractie	0,13	0,04	35,7	11,0	1,5	0,5	19	8	102	35	NEE
Dunne fractie	0,26	0,04	8,4	0,4	5,0	0,2	63	7	294	56	NEE

¹ Voor ammoniumsulfaat was deze verhouding vaak > 100%. Dit komt doordat de concentraties N-totaal en N-mineraal dicht bij elkaar liggen en hierdoor de meeton nauwkeurigheid van de analyse zichtbaar wordt.

² Op droge stof basis

³ Spuiwater is een anorganische meststof die boven de gebruiksnorm dierlijke mest mag worden gebruikt.

Bedrijf M3 zeefde de gier fractie met als doel het koolstofgehalte te verlagen om zo te voldoen aan de RENURE-voorwaarde voor de verhouding tussen C-totaal en N-totaal. Tabel 3.2 geeft voor de vier genomen monsters de verschillen in N-mineraal/N-totaal en C-totaal/N-totaal voor de niet-gezeefde en de gezeefde gier. Wat opvalt is dat de verhouding C-totaal/N-totaal alleen in het tweede monster hoger is na het zeven. In de andere drie monsters wordt deze verhouding juist lager wanneer de gier gezeefd wordt. Ook heeft het zeven een invloed op de verhouding N-mineraal/N-totaal. In het eerste, tweede en derde monster was deze verhouding lager na het zeven. Het eerste monster had zelfs voor het zeven een voldoende hoge verhouding N-mineraal/N-totaal, maar na het zeven niet meer.

Tabel 3.2 N-mineraal/N-totaal en C-totaal/N-totaal verhouding van niet-gezeefde en gezeefde gier van bedrijf M3 voor de verschillende genomen monsters.

Monstername	Niet-gezeefde gier				Gezeefde gier			
	1	2	3	4	1	2	3	4
N-mineraal/N-totaal	92%	90%	83%	83%	86%	90%	84%	82%
C-totaal/N-totaal	2,3	2,3	2,3	2,0	2,2	2,5	2,1	2,1

In Van Boxmeer et al. (2023a) is een zeefproef uitgevoerd en zij vonden dat bij het zeven van gier met een 5 mm zeef voldoende organische stof uit de gier werd gezeefd, waardoor de C-totaal/N-totaal verhouding van 3,9 naar 2,8 daalde. Bij het gebruik van fijnere zeven (3 en 4 mm) verlaagde deze verhouding nog meer. De C-totaal/N-totaal van de niet-gezeefde gier in het huidige onderzoek was al voldoende laag (< 3,0), waardoor het zeven in dit geval niet nodig was deze verhouding verder te verlagen.

3.3 Volume- en nutriëntenstromen en scheidingsrendement

Per bedrijf is in kaart gebracht hoeveel van elk mestproduct beschikbaar was. Voor bedrijf M1 is de drijfmestproductie berekend aan de hand van forfaitaire waarden (RVO, 2026a) en de drijfmestproductie van bedrijf M2 is ingeschat door de veehouder. Bedrijven M3, M4 en M5 hebben primaire mestscheiding, waardoor er geen drijfmestfractie aanwezig is. Voor deze bedrijven is een fictieve drijfmest berekend door de volumes en nutriënten van de feces en gier fracties bij elkaar op te tellen. De volumes van de andere meststromen zijn gemeten of ingeschat door de veehouders. Op basis van deze gegevens is het scheidingsrendement voor massa, organische stof, N, P en K bepaald en is de nutriëntenstroom over het gehele bedrijf in kaart gebracht. Vanwege deze grofmazige aanpak geven de resultaten uitsluitend een indicatie van de verdeling van nutriënten over de verschillende mestproducten. Deze nutriëntenbalansen zijn te grofmazig om uitspraken te doen over eventuele verliezen als bijvoorbeeld ammoniakemissies.

3.3.1 M1: gangbare roostervloer + luchtwasser

Bedrijf M1 had 159 melkkoeien, 35 stuks jongvee van 1 – 8 maanden oud en 30 stuks jongvee van 8 – 20 maanden oud. De gemiddelde melkproductie per koe was 9.040 kg. Het melkvee was gedurende 120 dagen per jaar, 6 uur per dag in de weide. Jongvee was 120 dagen per jaar gedurende dag en nacht in de weide. De mestproductie in de stal was in het totaal 4.486 m³/jaar (Tabel 3.3) en de spuiwaterproductie was 60 m³/jaar.

Tabel 3.3 Mestproductie bedrijf M1.

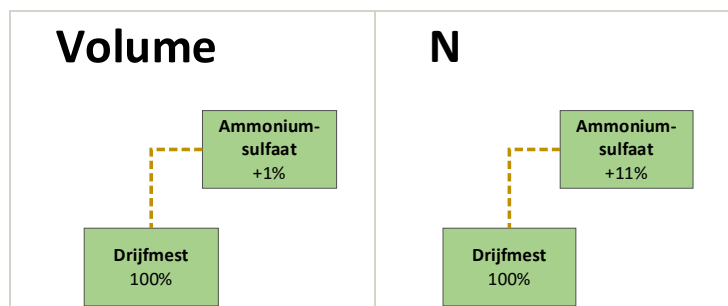
	Melkvee	Jongvee (1 – 8 maanden)	Jongvee (8 – 20 maanden)
Aantal dieren	159	35	30
Mestproductie (m ³ mest/7 maanden/dier) ¹	15,9 ¹	4,4 ²	9,6 ³
Mestproductie (m ³ /jaar)	4.334	264	494
Mest in weide (m ³ /jaar)	356	87	162
Mestproductie in stal (m ³ /jaar)	3.978	177	331

¹ Op basis van een melkproductie per koe van 9.040 kg (RVO, 2026a)

² Excretie van jongvee jonger dan 1 jaar (RVO, 2026a)

³ Excretie van jongvee ouder dan 1 jaar (RVO, 2026a)

De volume- en nutriëntenstroom voor stikstof zijn weergegeven in Figuur 3.18. De nutriëntenstromen voor organische stof, P en K zijn weergegeven in Bijlage 6. De drijfmest is het uitgangspunt (100%) en bestaat uit de mestproductie van melkvee en jongvee in de stal. Aangezien ammoniumsulfaat een extra geproduceerde meststof is door het afvangen van ammoniakemissies, is dit een aanvulling op de drijfmest. Hierdoor wordt dus op bedrijf M1 aanvullend op de drijfmest een anorganische meststof geproduceerd wat 1% extra volume en 11% extra stikstof (vermeden ammoniak emissie) geeft.

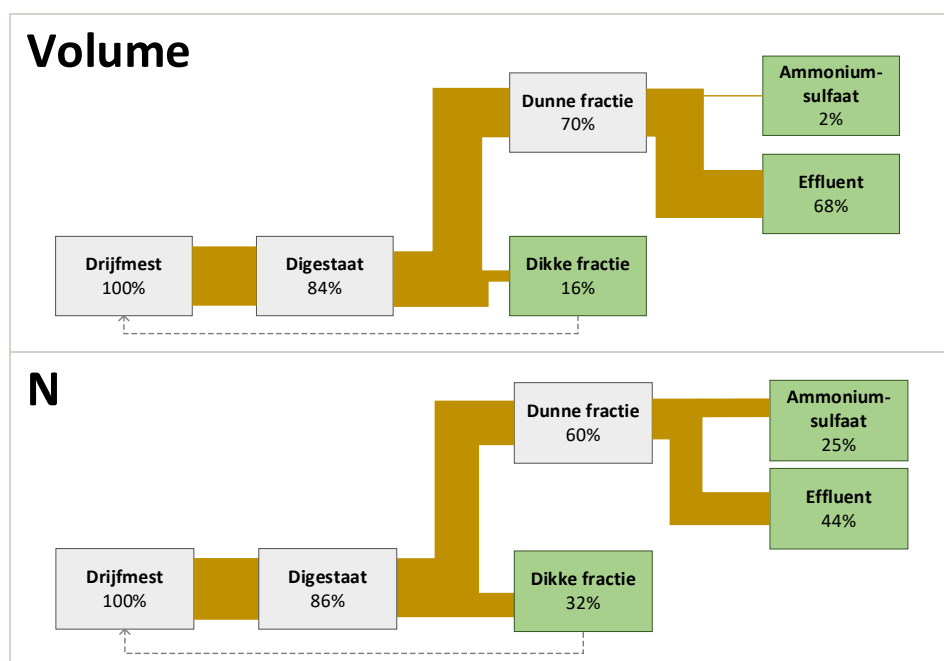


Figuur 3.18 Volumestroom (links) en nutriëntstroom van stikstof (rechts) van de mestproducten van bedrijf M1.

3.3.2 M2: dagontmesting + vergisting + strippen

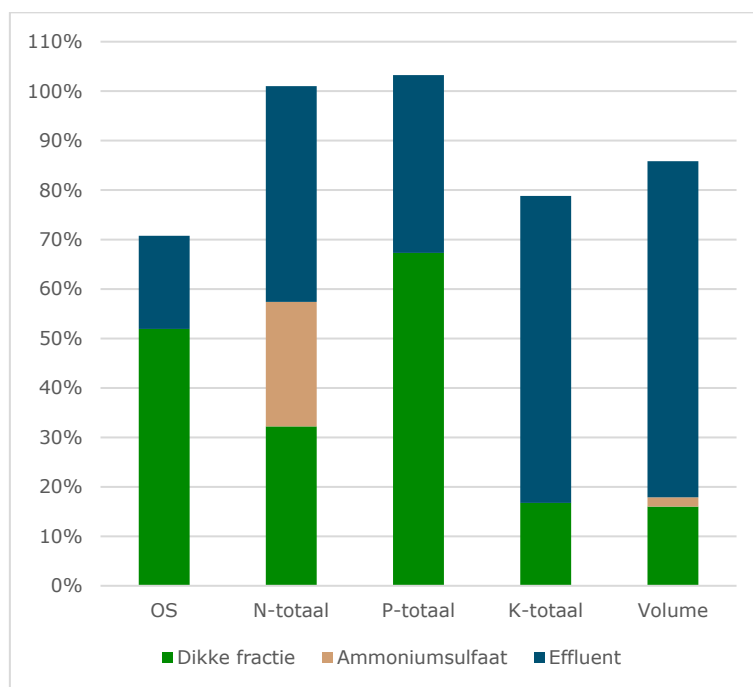
Bedrijf M2 had 187 melkkoeien met een gemiddelde melkproductie per koe per jaar van 11.333 kg. De mestproductie van de melkkoeien was ingeschat op 5738 m³/jaar. Het jongvee stond in een andere stal en deze mest werd niet vergist. Er werd geen weidegang toegepast. De volumes van de overige meststromen (aangeleverd door de veehouder): water van de drinkbakken en robot wat bij de mest kwam was 660 m³/jaar, het digestaat was circa 5.360 m³/jaar, het digestaat werd gescheiden in 1.000 m³/jaar dikke fractie en 4.360 m³/jaar dunne fractie, de dunne fractie werd gestript wat resulteerde in 100 m³/jaar ammoniumsulfaat en 4.250 m³/jaar effluent.

De volume- en nutriëntenstroom voor stikstof zijn weergegeven in Figuur 3.19. De nutriëntenstromen voor organische stof, P en K zijn weergegeven in Bijlage 6. De drijfmest is het uitgangspunt (100%) en bestaat uit drijfmest van het melkvee, water van de drinkbakken en robot en dikke fractie uit de boxen. Tijdens het vergistingsproces (van drijfmest naar digestaat) gaat er volume verloren (Figuur 3.19), doordat er organische stof wordt afgebroken. Er lijkt volgens de nutriëntenstroom voor stikstof ook minder stikstof in het digestaat te komen vergeleken met de drijfmest, maar dit is in de praktijk onwaarschijnlijk, omdat de meeste stikstof tijdens het vergistingsproces achterblijft in het digstaat. Tijdens het scheiden van het digestaat gaat ongeveer 80% van het volume naar de dunne fractie, waar 70% van het stikstof in zit. Het ammoniumsulfaat is klein qua volume, maar bevat wel een groot deel van de stikstof uit de dunne fractie. Hoeveel dit exact is, is lastig te zeggen, aangezien de som van het aandeel stikstof in het ammoniumsulfaat en het effluent meer is dan de hoeveelheid stikstof die in de dunne fractie zat.



Figuur 3.19 Volumestroom (boven) en nutriëntstroom van stikstof (onder) van de mestproducten van bedrijf M2. De percentages geven per processtap de verdeling van het betreffende nutriënt weer ten opzichte van de drijfmest aan het begin.

Tijdens het proces op bedrijf M2 is het volume effluent veruit het grootst, gevolgd door de dikke fractie en het ammoniumsulfaat (Figuur 3.20). De ontbrekende 11% van de mesthoeveelheid is waarschijnlijk verloren gegaan tijdens het vergistingsproces (Figuur 3.19). Het ammoniumsulfaat bestaat bijna volledig uit stikstof en 25% van de stikstof uit de drijfmest komt terecht in het ammoniumsulfaat. Ongeveer 30% van de organische stof uit drijfmest gaat verloren tijdens het vergistingsproces (zie ook Bijlage 6). Daarna komt de meeste organische stof terecht in de dikke fractie van het digestaat (Figuur 3.20). Van het fosfaat in de drijfmest komt 67% in de dikke fractie terecht. Aangezien het effluent groot is qua volume, komt absoluut gezien de meeste stikstof en kalium in het effluent terecht. Ondanks dat het effluent gebruikt kan worden als kalium meststof, moet niet vergeten worden dat hiermee ook een substantieel deel stikstof aangewend wordt (44% van het totaal).

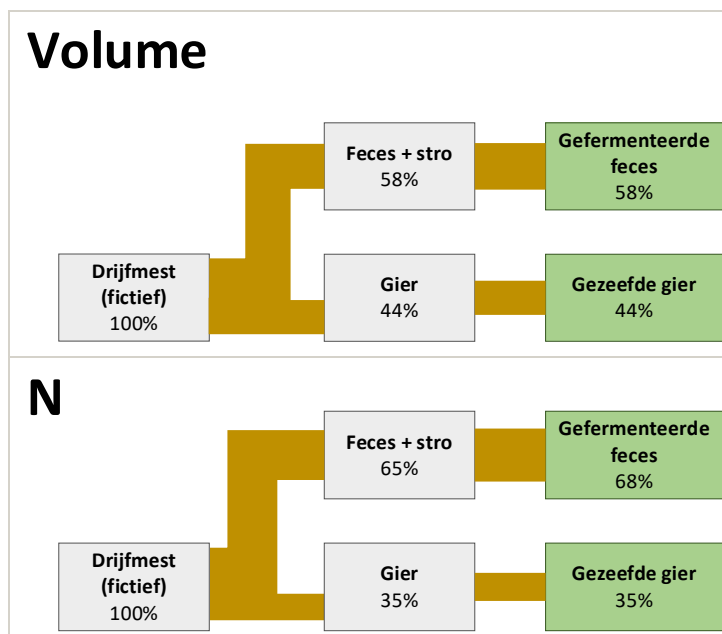


Figuur 3.20 Scheidingsrendement van M2 voor organische stof (OS), stikstof (N), fosfor (P), kalium (K) en op basis van het volume. De berekening van het scheidingsrendement is gebaseerd op inschattingen van volumes en gerelateerd aan forfaitair berekende drijfmest, waardoor de P- en K-balans niet op 100% uitkomt.

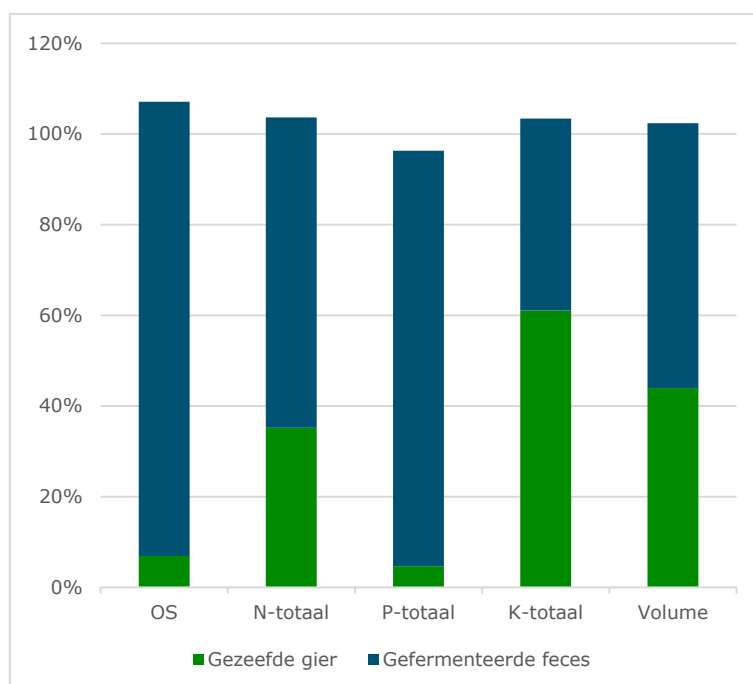
3.3.3 M3: primaire scheiding + fermentatie

Bedrijf M3 had 110 melkkoeien met een gemiddelde melkproductie per koe per jaar van 9.200 kg en 20 stuks jongvee. Er werd geen weidegang toegepast. De hoeveelheid (aangeleverd door de veehouder) en samenstelling van de (fictieve) drijfmest is berekend door urine en feces bij elkaar op te tellen. Dit kwam uit op een mestproductie in de stal van in totaal 3.781 m³/jaar. De volumes van de overige meststromen en toevoegmiddelen zijn aangeleverd door de veehouder: feces inclusief stro was 2.078 m³/jaar en de gier was 1.622 m³/jaar. Aan de feces werd 78 ton stro/jaar, 12 kg/ton OS kleimineraal, 12 kg/ton OS zeeschelpkalk en 2 kg/ton OS vloeistof met micro-organismen toegevoegd.

De volume- en nutriëntenstroom voor stikstof zijn weergegeven in Figuur 3.21. De nutriëntenstromen voor organische stof, P en K zijn weergegeven in Bijlage 6. De (fictieve) drijfmest is het uitgangspunt (100%) en bestaat uit feces en gier. Iets meer dan de helft van het volume komt in de feces terecht en hier zit 65% van de stikstof in. De som van feces en gier is groter dan 100% (drijfmest), omdat aan de feces stro is toegevoegd.



Figuur 3.21 Volumestroom (boven) en nutriëntstroom van stikstof (onder) van de mestproducten van bedrijf M3. De percentages geven per processtap de verdeling van het betreffende nutriënt weer ten opzichte van de drijfmest aan het begin.

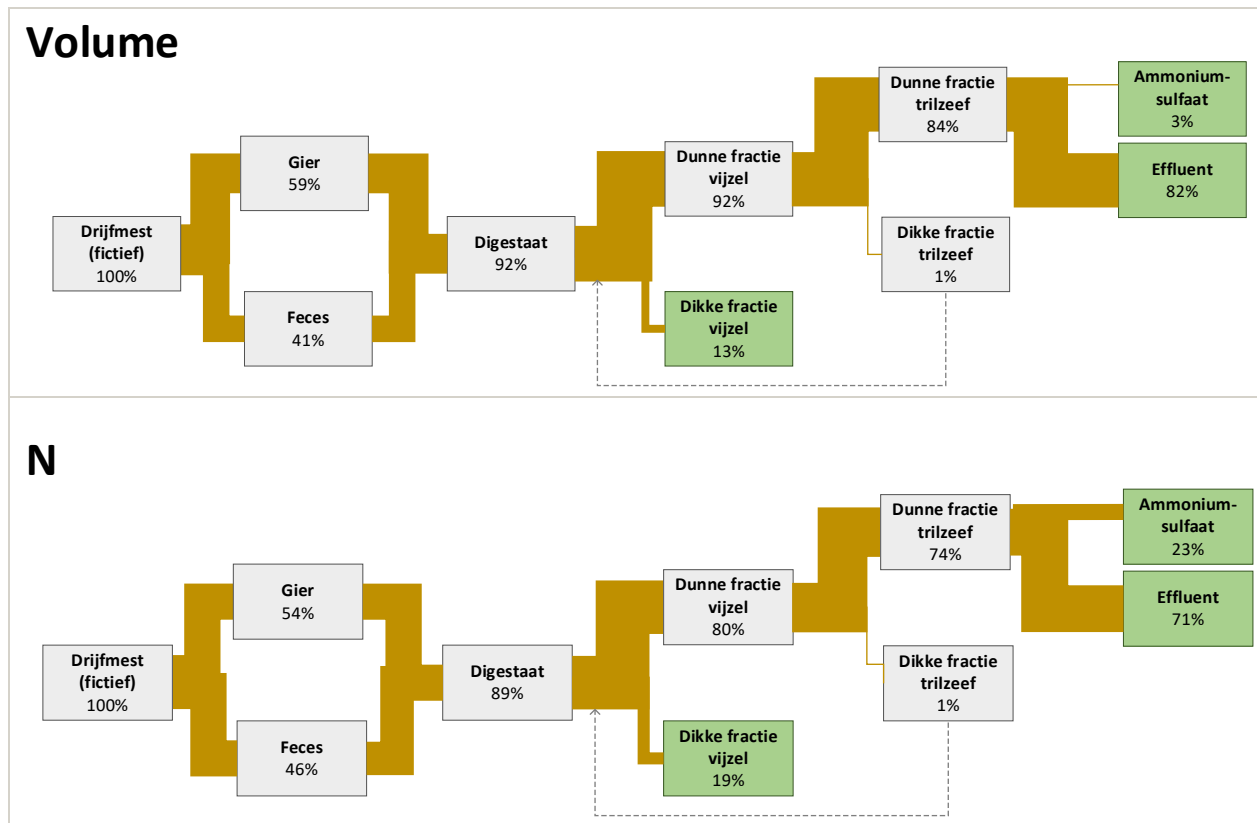


Figuur 3.22 Scheidingsrendement van M2 voor organische stof (OS), stikstof (N), fosfor (P), kalium (K) en op basis van het volume. De uitgangsmest is drijfmest, waarvan het volume en de samenstelling de som van de feces en gier zijn. De berekening van het scheidingsrendement is gebaseerd op inschattingen van volumes, waardoor de P-balans niet op 100% uitkomt.

Tijdens het proces op bedrijf M3 komt iets meer dan de helft van het volume (58%) terecht in de gefermenteerde feces en iets minder dan de helft (44%) in de gezeefde gier (Figuur 3.22). Het totale volume is meer dan 100%, omdat aan de feces onder andere stro wordt toegevoegd voordat het wordt gefermenteerd. Hierdoor is ook K-totaal groter dan 100%. Van het fosfaat en de organische stof in de (fictieve) drijfmest komt veruit het grootste deel in de gefermenteerde feces terecht. Ook een groot deel van het stikstof (68%) komt in de gefermenteerde feces terecht. De meeste kali (61%) komt juist in de gezeefde gier terecht.

3.3.4 M4: primaire scheiding + vergisten + strippen

Bedrijf M4 had 430 melkkoeien met een gemiddelde melkproductie per koe per jaar van 11.315 kg. Het jongvee en de droge koeien stonden in een andere stal en deze mest werd niet vergist. Er werd geen weidegang toegepast. De hoeveelheid (aangeleverd door de veehouder) en samenstelling van de (fictieve) drijfmest is berekend door urine en feces bij elkaar op te tellen. Dit kwam uit op een mestproductie in de stal van in totaal 12.301 m³/jaar. De volumes per jaar van de overige meststromen zijn aangeleverd door de veehouder: primaire gescheiden feces en gier waren respectievelijk 4.946 en 7.355 m³, het digestaat was 11.717 m³ wat vervolgens werd gescheiden in 1.497 m³ dikke fractie en 10.366 m³ dunne fractie. De dunne fractie wordt vervolgens verder gescheiden in 146 m³ dikke fractie en 10.220 m³ dunne fractie. De dunne fractie wordt gestript in 319 m³ ammoniumsulfaat en 10.220 m³ effluent.

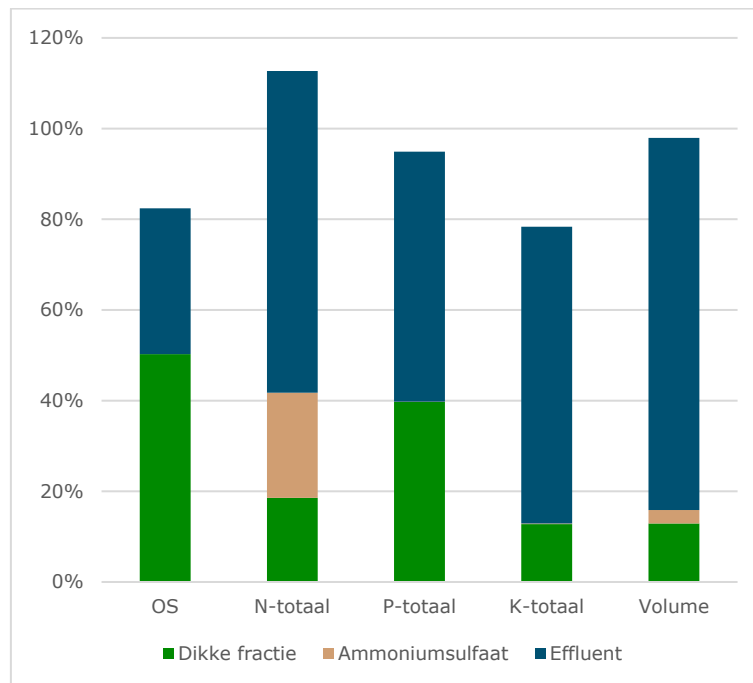


Figuur 3.23 Volumestroom (boven) en nutriëntstroom van stikstof (onder) van de mestproducten van bedrijf M4. De percentages geven per processtap de verdeling van het betreffende nutriënt weer ten opzichte van de drijfmest aan het begin.

De volume- en nutriëntenstroom voor stikstof zijn weergegeven in Figuur 3.23. De nutriëntenstromen voor organische stof, P en K zijn weergegeven in Bijlage 6. De (fictieve) drijfmest is het uitgangspunt (100%) en bestaat uit feces en gier. Bronscheiding in deze stal leidt tot circa 60% gier en 40% feces, waarbij de stikstof ongeveer verdeeld wordt over deze twee fracties (Figuur 3.23). Tijdens het vergistingsproces (van drijfmest naar digestaat) gaat er volume verloren (Figuur 3.19), doordat er organische stof wordt afgebroken. Er lijkt volgens de nutriëntenstroom voor stikstof ook minder stikstof in het digestaat te komen vergeleken met de drijfmest, maar dit is in de praktijk onwaarschijnlijk, omdat de meeste stikstof tijdens het vergistingsproces achterblijft in het digestaat. Tijdens het scheiden van het digestaat gaat het grootste deel van het volume naar de dunne fractie en daarmee ook veruit het grootste deel van de stikstof. In de volgende scheidingsstap wordt nog een kleine hoeveelheid dikke fractie met stikstof uit de dunne fractie verwijderd. Na het strippen gaat bijna het volledige volume naar het effluent. Het volume van het ammoniumsulfaat wordt hoger, omdat er tijdens het scrub-proces zuur wordt toegevoegd. Ook hier is het niet exact duidelijk hoeveel stikstof er in het ammoniumsulfaat en hoeveel in het effluent terecht komt, omdat de som van deze twee mestproducten veel groter is dan de stikstof die in de dunne fractie (trilzeef) zat.

Tijdens het proces op bedrijf M4 komt circa 80% van het volume terecht in het effluent, 3% in het ammoniumsulfaat en 13% in de dikke fractie van het digestaat (Figuur 3.24). N-totaal is groter dan 100%,

doordat zowel in de eerste scheidingsstap als bij het strippen-scrubben meer stikstof in de uitgaande producten dan in het ingaande product zat (Figuur 3.23). Tijdens scheiden en strippen-scrubben wordt ondanks de toevoeging van het zuur geen stikstof aan het proces toegevoegd, waardoor dit waarschijnlijk een inschattingsfout of monsternamenfout is (zie ook Hoofdstuk 4 Discussie). Ruim de helft van de stikstof uit de (fictieve) drijfmest komt terecht in het effluent, een kwart in het ammoniumsulfaat en de rest in de dikke fractie (Figuur 3.24). Doordat de mest is vergist is circa 20% van de organische stof afgebroken in de vergister (zie ook Bijlage 6). Van de fosfor komt ruim de helft terecht in de dikke fractie en de rest in het effluent (figuur 3.24). Het grootste deel van het kalium komt in het effluent en de rest blijft achter in de dikke fractie.

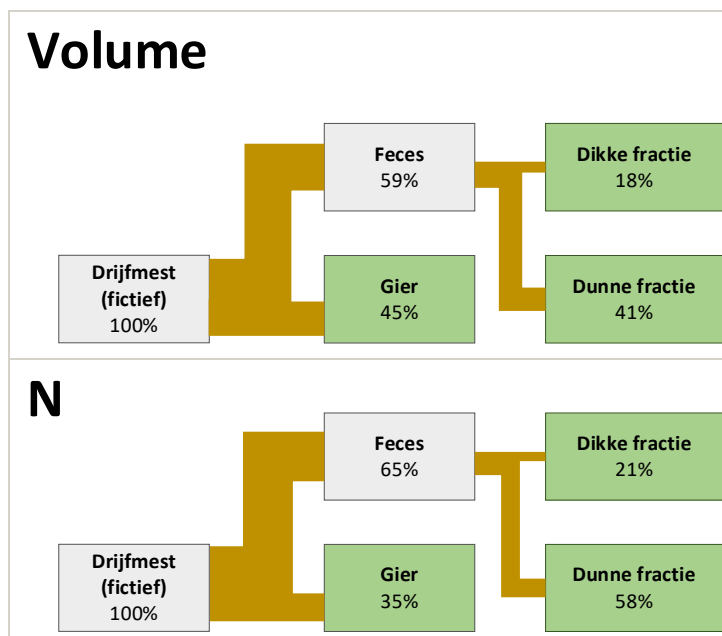


Figuur 3.24 Scheidingsrendement van M4 voor organische stof (OS), stikstof (N), fosfor (P), kalium (K) en op basis van het volume. De uitgangsmest is drijfmest, waarvan het volume en de samenstelling de som van de feces en gier zijn. De berekening van het scheidingsrendement is gebaseerd op inschattingen van volumes, waardoor de P- en K-balans niet op 100% uitkomt.

3.3.5 M5: primaire scheiding + mechanische scheiding

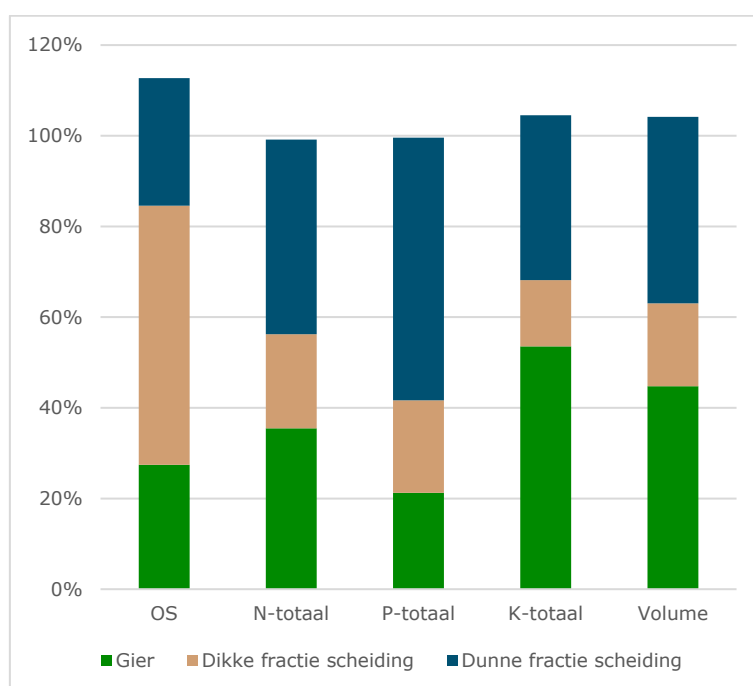
Bedrijf M5 had 258 melkkoeien met een gemiddelde melkproductie per koe per jaar van 9.899 kg. Het jongvee stond op een andere locatie. De hoeveelheid (aangeleverd door de veehouder) en samenstelling van de (fictieve) drijfmest is berekend door urine en feces bij elkaar op te tellen. Het melkvee was gedurende 350 uren per jaar in de weide (299 m³ mest /jaar). De mestproductie in de stal is berekend tot een totaal van 9.074 m³/jaar. De volumes van de overige meststromen zijn gebaseerd op één meet-dag, waarbij de keldervulling (gier + water) is bepaald met een peilstok (3.964 m³/jaar), het toegevoegde water is gemeten met een watermeter (1.614 m³/jaar), de hoeveelheid dikke fractie na mechanische scheiding is gewogen (1.515 m³/jaar) en het volume van de dunne fractie na mechanische scheiding is afgelezen (3.641 m³/jaar). De dikke fractie na mechanische scheiding bevatte circa 375 kg stro per dag uit de boxen. De hoeveelheid primair gescheiden feces (incl. stro) is berekend door de dunne fractie en dikke fractie op te tellen en was 5.552 m³/jaar.

De volume- en nutriëntenstroom voor stikstof zijn weergegeven in Figuur 3.25. De nutriëntenstromen voor organische stof, P en K zijn weergegeven in Bijlage 6. De (fictieve) drijfmest is het uitgangspunt (100%) en bestaat uit feces en gier. Bronscheiding in deze stal leidt tot ongeveer 45% gier met 35% van de stikstof (Figuur 3.25). Het volume aan feces is hoger dan de resterende 55% door de toevoeging van stro uit de boxen. Deze feces worden vervolgens gescheiden in ongeveer één derde dikke fractie en twee derde dunne fractie. De stikstof verdeelt zich op eenzelfde manier over de dikke en dunne fractie na mechanische scheiding van de feces.



Figuur 3.25 Volumestroom (boven) en nutriëntstroom van stikstof (onder) van de mestproducten van bedrijf M5. De percentages geven per processtap de verdeling van het betreffende nutriënt weer ten opzichte van de voorgaande stroom.

Meer dan de helft van de organische stof uit de (fictieve) drijfmest komt terecht in de dikke fractie en de rest is gelijk verdeeld tussen de gier en de dunne fractie (Figuur 3.26). Het totaal aan organische stof is groter dan 100%, wat deels verklaard kan worden door de toevoeging van stro. De meeste stikstof en fosfor komen terecht in de dunne fractie, terwijl de meeste kalium terecht komt in de gier. Qua volume is de dikke fractie het kleinst en zijn de gier en dunne fractie even groot.



Figuur 3.26 Scheidingsrendement van M5 voor organische stof (OS), stikstof (N), fosfor (P), kalium (K) en op basis van het volume. De uitgangsmest is drijfmest, waarvan het volume en de samenstelling de som van de feces en gier zijn. De berekening van het scheidingsrendement is gebaseerd op inschattingen van volumes, waardoor de P- en K-balans niet op 100% uitkomt.

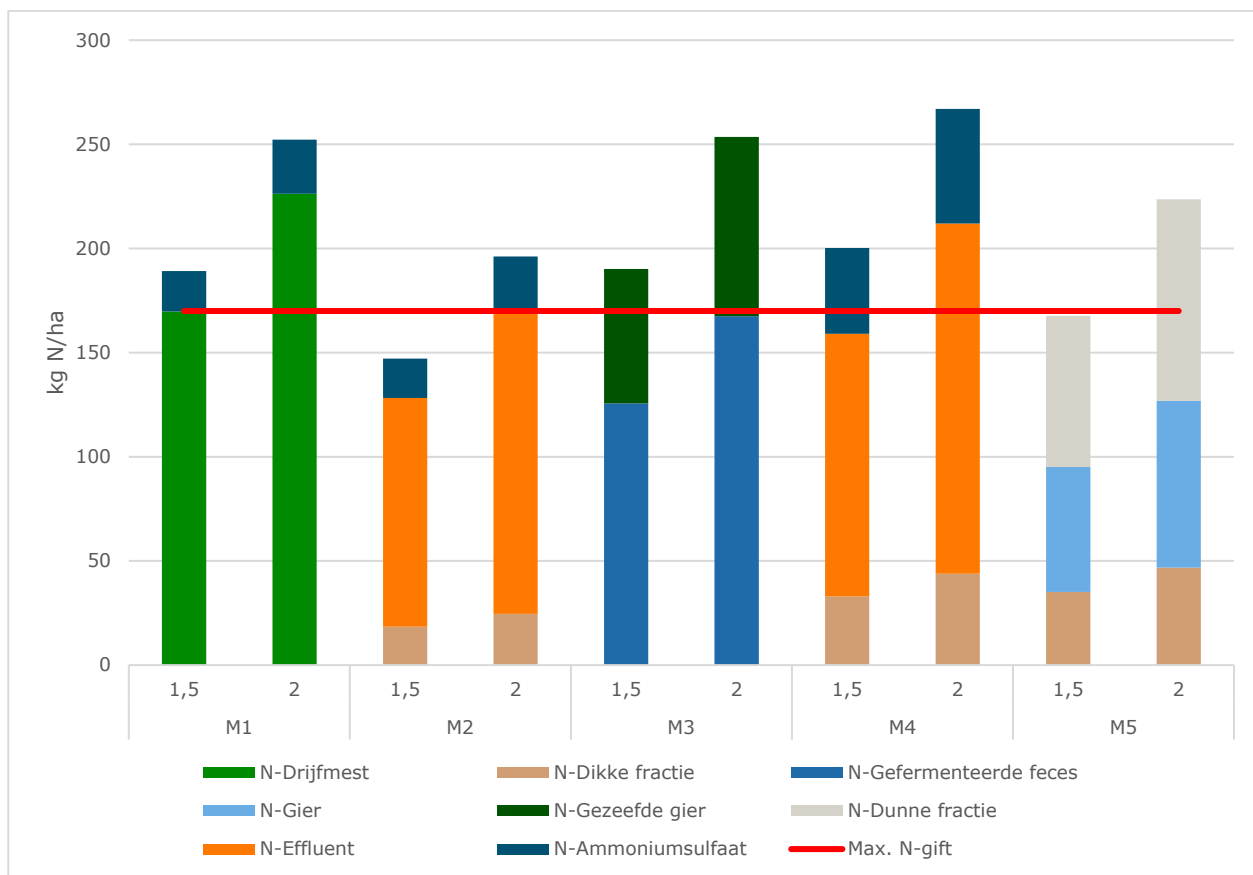
3.4 Toepassing in bedrijfsvoering

Voor de vijf bedrijven is in kaart gebracht hoe de toepassing van de beschikbare mestproducten eruit ziet voor de stikstof en fosfaat gebruiksruimte en het kali advies. Hierbij is uitgegaan van een scenario met 1,5 en 2 koeien per hectare en de samenstellingen en volumes van de eindproducten zoals in eerdere paragrafen besproken.

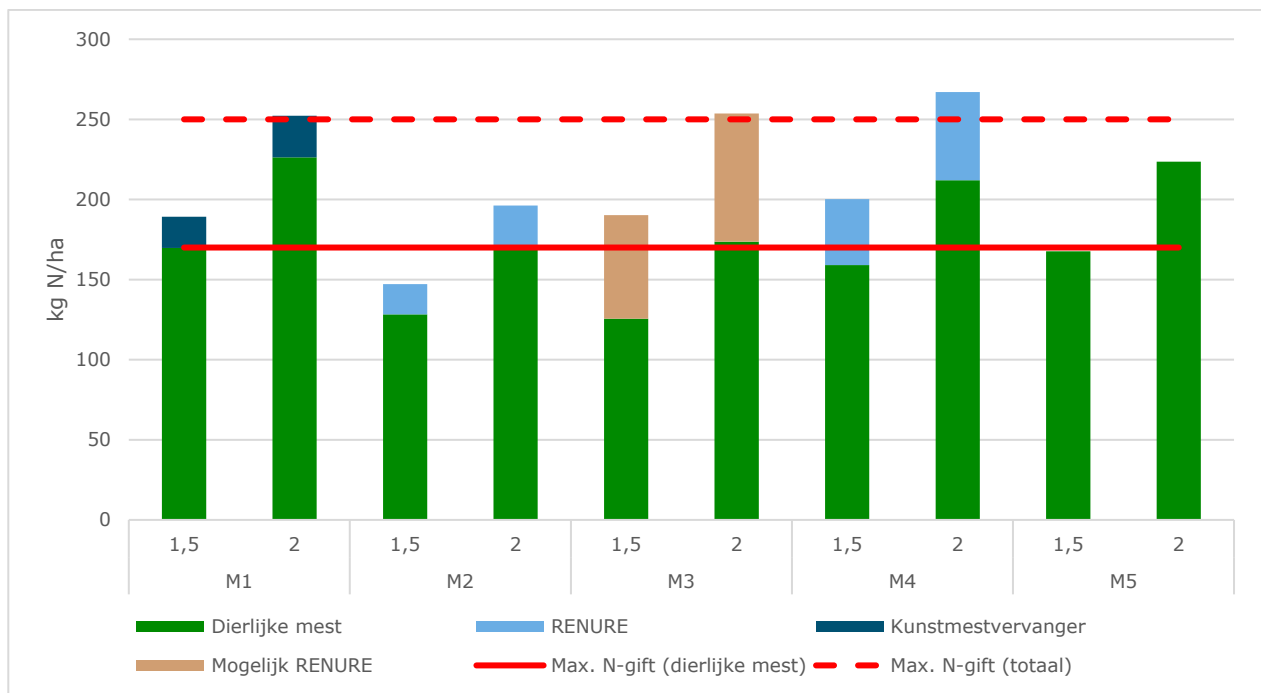
3.4.1 Stikstof

Zonder de toelating van RENURE hebben enkel variant M1, M2 en M5 met 1,5 koe per hectare voldoende ruimte om de mestproducten binnen de gebruiksnorm dierlijke mest aan te wenden (Figuur 3.27). Ammoniumsulfaat uit luchtwassers (spuiwater) is momenteel al toegelaten als kunstmestvervanger, maar in het scenario M1 met 2 koeien per hectare is het aandeel stikstof uit dierlijke mest hoger dan de gebruiksnorm.

Wanneer ammoniumsulfaat uit stripper-scrubbers (en mogelijk later ook dunne fracties) worden erkend als RENURE-meststof, mogen deze tot 80 kg N/ha worden gebruikt bovenop de huidige gebruiksnorm voor dierlijke mest. Voor scenario M2 met 2 koeien per hectare en bedrijf M4 met 1,5 koeien per hectare houdt dit in dat zonder toelating van RENURE niet alle mest op het bedrijf gebruikt kan worden, terwijl met de toelating van RENURE dit wel mogelijk is (Figuur 3.28). Dit bespaart aan de ene kant kosten voor de afvoer van mest en aan de andere kant voor de aankoop van kunstmest. Scenario M3 met 2 koeien per hectare zou dit voordeel ook kunnen behalen, mits (gezeefde) gier ook als RENURE erkend wordt (zie Hoofdstuk Discussie). Wel geldt voor dit scenario dat alsnog niet alle gier als RENURE op het eigen bedrijf mag worden ingezet, omdat er meer dan 80 kg N/ha van dit product beschikbaar is (86 kg N/ha). Dit betekent dat in dit scenario ook gier afgevoerd moet worden, zelfs als dit erkend zou worden als RENURE.



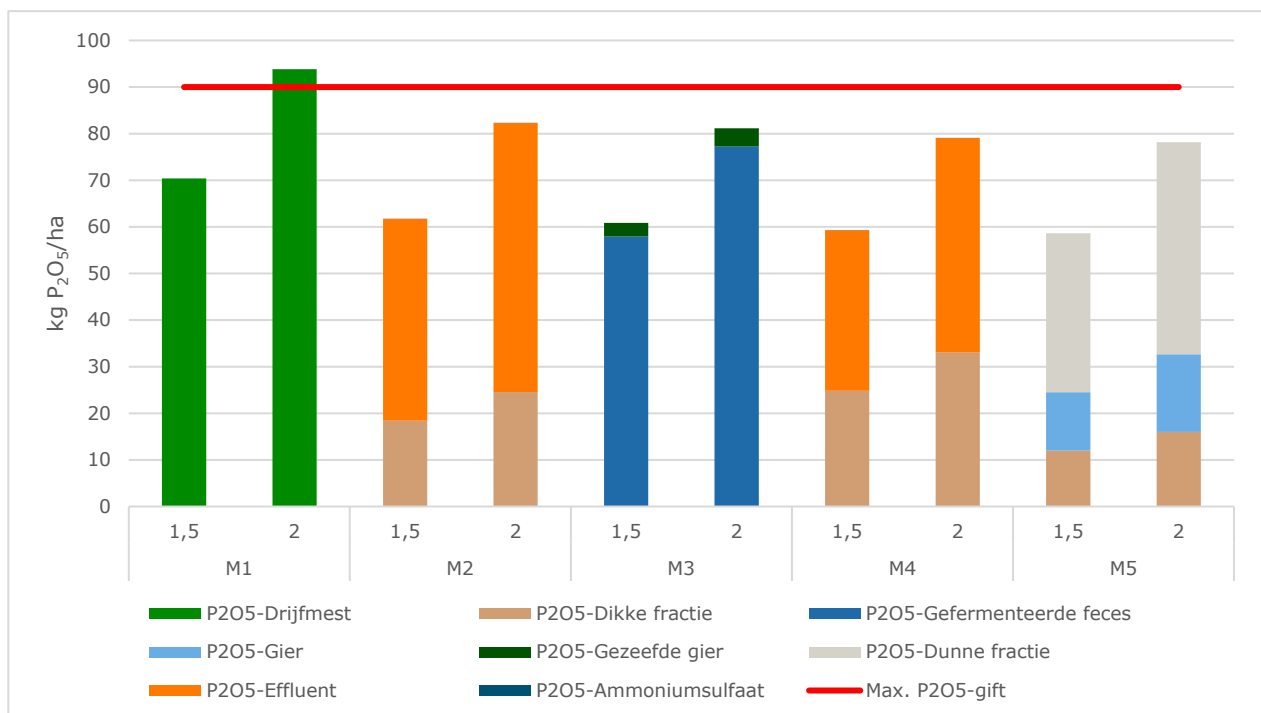
Figuur 3.27 Stikstof excretie per hectare voor de verschillende bedrijven (M1 t/m M5) bij een veebezetting van 1,5 en 2,0 GVE per hectare, opgesplitst in de verschillende mestproducten per bedrijf. De rode lijn geeft de maximale stikstofgift volgens de gebruiksnorm voor dierlijke mest weer.



Figuur 3.28 Stikstof excretie per hectare voor de verschillende bedrijven (M1 t/m M5) bij een veebezetting van 1,5 of 2,0 GVE per hectare, opgesplitst in stikstof uit dierlijke mest, RENURE producten, kunstmestvervangers en RENURE-producten die mogelijk in de toekomst worden toegelaten. De rode dichte lijn geeft de maximale stikstofgift volgens de gebruiksnorm voor dierlijke mest weer. De rode gestippelde lijn geeft de totale maximale stikstofgift weer (dierlijke mest + RENURE).

3.4.2 Fosfaat

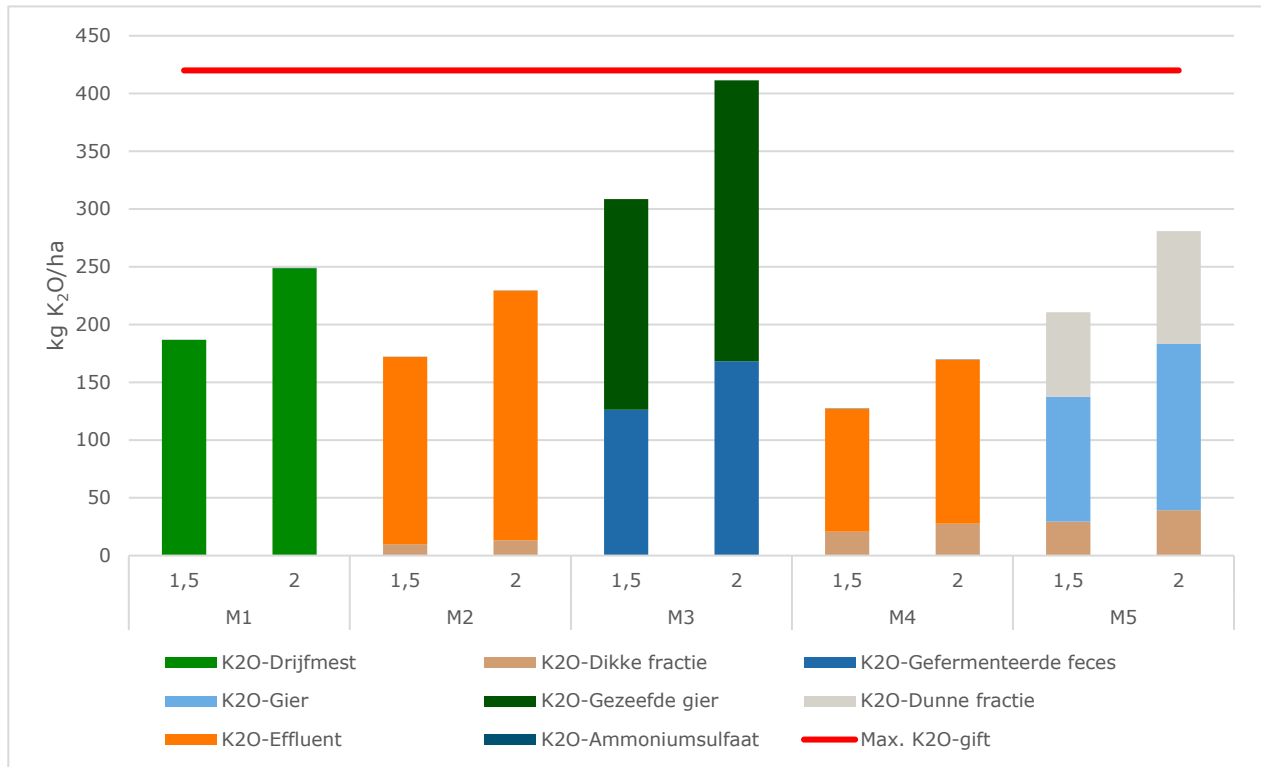
Figuur 3.29 laat zien dat, op scenario M1 met 2 koeien per hectare na, elk ander scenario minder fosfaat in de mestproducten heeft dan is toegestaan binnen de gebruiksruijnte. Op basis van de fosfaatgebruiksruijnte hoeft in de meeste scenario's dus geen mest te worden afgevoerd. Indien mest moet worden afgevoerd vanwege een overschot aan stikstof, dan gaat in veel producten ook fosfaat (en kali) van het bedrijf af. Hierdoor kan het tekort ingevuld kan worden met andere bemestingsproducten (bijvoorbeeld kunstmest of compost).



Figuur 3.29 Fosfaat (P_2O_5) excretie per hectare voor de verschillende bedrijven (M1 t/m M5), opgesplitst in de verschillende mestproducten per bedrijf. De rode lijn geeft de maximale fosfaatgebruiksruimte weer.

3.4.3 Kali

In geen van de scenario's kan met dierlijke mestproducten het volledige bemestingsadvies voor kali ingevuld worden (Figuur 3.30), waardoor dit zal moeten worden aangevuld met kunstmest. De kalibehoeft hangt wel sterk van het aandeel grasland af en kan daardoor sterk variëren tussen bedrijven. In deze scenario's is gerekend met 80% grasland en 20% bouwland.



Figuur 3.30 Kali (K_2O) excretie per hectare voor de verschillende bedrijven (M1 t/m M5) bij een veebezetting van 1,5 of 2,0 GVE per hectare, opgesplitst in de verschillende mestproducten per bedrijf. De rode lijn geeft het bemestingsadvies voor kali weer.

4 Discussie

Het doel van dit onderzoek was om kwaliteit, de variatie in de kwaliteit en de kwantiteit van mestproducten uit innovatieve stalsystemen in de melkveehouderij te bepalen. De samenstelling en de variatie in de samenstelling van mestproducten zijn bepaald door meerdere mestmonsters gedurende het jaar te nemen en deze te analyseren op primaire, secundaire en micronutriënten. Daarnaast is globaal in kaart gebracht wat de volume- en nutriëntenstromen en scheidingsrendementen op de bedrijven is en hoe de verschillende mestproducten op het bedrijf kunnen worden gebruikt.

4.1 Variatie in monstername mest

Tijdens dit onderzoek zijn gedurende één jaar vijf monsters genomen. Hiermee is een deel van de variatie in samenstelling van de mestproducten in de tijd op hetzelfde bedrijf in beeld gebracht. Invloeden van bedrijfsmanagement op de mestsamenstelling die in deze variatie meespelen zijn bijvoorbeeld rantsoen, weidegang, seizoen en mate van verdunning door spoel- of drinkwater. Er zijn echter ook factoren die bij het nemen van een mestmonster voor variatie zorgen, die niet wordt veroorzaakt door het management van het bedrijf. Dit zijn bijvoorbeeld variatie door heterogeniteit van een mestproduct, het moment en de methode van monstername en de analysemethode. Helaas is deze variatie vaak niet goed te kwantificeren en is het moeilijk onderscheid te maken tussen de daadwerkelijke variatie van het systeem en de variatie door de factoren tijdens de bemonstering.

Bij verschillen in samenstelling tussen monsters die op hetzelfde moment zijn genomen speelt de homogeniteit van de mest een grote rol. Hoe homogener de mest, hoe beter vergelijkbaar de analyseresultaten van verschillende mestmonsters van dezelfde mest. Een deel van deze heterogeniteit wordt opgevangen door op verschillende plekken een deelmonster te nemen en hieruit een mengmonster samen te stellen en te analyseren. Voor dunne fracties en (dunne) drijfmest werkt dit goed. Echter voor dikkere drijfmest, dikke fractie of mest met stro is dit lastiger, omdat deze mest heterogener van karakter is, waardoor het lastig is om een representatief (meng)monster te nemen. Een klont of strootje meer of minder leidt al tot verschillen in samenstelling.

Daarnaast kan verschil in de samenstelling van een mestmonster van dezelfde mestfractie in de tijd ontstaan, bijvoorbeeld als de mest niet goed is gemixt voorafgaand aan de monstername of als er net mest is uitgereden of is afgevoerd, waardoor er relatief veel bezinksel bemonsterd wordt in relatie tot mest.

Daarnaast kan de gemiddelde leeftijd van het bemonsterde mestproduct een zeer grote rol spelen in de samenstelling van het betreffende product, omdat mestproducten door mineralisatie en emissies veranderen van samenstelling. De opslagduur en dus de gemiddelde leeftijd van het bemonsterde mestproduct verschilt ook per type mestproduct.

De literatuur laat ook zien dat de samenstelling van mestproducten sterk kan variëren, vooral wanneer mest niet is gemixt. Volgens Dou et al. (2001) zijn voor gemixte mest 3 tot 5 deelmonsters voldoende om een representatief monster te verkrijgen, terwijl voor niet-gemixte mest minimaal 40 deelmonsters nodig zijn. In het huidige onderzoek zijn mengmonsters samengesteld uit meerdere deelmonsters, wat een geschikte aanpak is voor gemixt mest. Omdat de mest voorafgaand aan bemonstering meestal niet kon worden gemixt, zijn de meeste monsters echter genomen van niet-gemixte mest en bestonden de mengmonsters uit minder dan de aanbevolen 40 deelmonsters.

Doordat het niet altijd mogelijk is om een representatief monster te nemen, zijn niet alle analyseresultaten meegenomen in de uiteindelijke analyse. Enkele analyseresultaten weken zelfs na her-analyse dusdanig af dat daarom is aangenomen dat er waarschijnlijk tijdens de monstername iets niet goed is gedaan. Dit geldt voor het 4^e monster van drijfmest van bedrijf M1 en het 5^e monster van de dunne fractie van bedrijf M2. Daarnaast zijn het koper gehalte van het 2^e monster van spuiwater van bedrijf M1 en het zink gehalte van het 2^e en 5^e monster van hetzelfde spuiwater niet meegenomen.

4.2 Vastgestelde variatie in samenstelling mestproducten

De drijfmest van M1 is in paragraaf 3.1.1 al vergeleken met de gemiddelde waarden die worden gerapporteerd in het Handboek Bodem & Bemesting. DS en OS van drijfmest van bedrijf M1 waren hoger, N-mineraal, kali, calcium en koper gehalten waren lager en N-totaal, fosfaat, magnesium, zink, mangaan en borium gehalten waren vergelijkbaar.

Bedrijven M2 en M3 uit het huidige onderzoek zijn eerder ook bemonsterd in het onderzoek van Van Boxmeer et al. (2023a). Vergelijking van de mestsamenstelling van bedrijven M2 en M3 met deze eerdere metingen laat zien dat verschillende gehalten buiten de variatierange van het huidige onderzoek vallen. Met name voor de dikke fractie en gezeefde gier werden duidelijke verschillen gevonden, terwijl de samenstelling van effluent en gefermenteerde feces grotendeels binnen de gemeten spreiding bleef. Dit geeft aan dat zelfs met vijf monsternamen momenten gedurende één jaar niet alle variatie in mestsamenstelling wordt vastgelegd. De resultaten onderstrepen dat mestsamenstellingen sterk kunnen fluctueren in de tijd.

4.3 Variatie in samenstelling tussen bedrijven

In het huidige onderzoek is slechts één bedrijf per systeem bemonsterd. Het is bekend dat er ook grote variatie tussen bedrijven met hetzelfde (stal)systeem bestaat (Groenestein et al., 2023). Ook Tangorra et al. (2024) vonden in laboratorium geanalyseerde referentie drijfmest van verschillende bedrijven een grote spreiding in droge stof, stikstof, mineraal stikstof, fosfor en kalium, zowel voor varkens- als rundveedrijfmest. Dit komt ook terug in de gemiddelde samenstelling van getransporteerde mestmonsters van Nederlandse bedrijven in 2020 – 2022, waarbij de CV waarde voor stikstof, fosfor en organische stof respectievelijk 17, 25 en 46% was (Velthof et al., 2024). Dit betekent dat de resultaten uit het huidige onderzoek niet generiek gelden voor alle bedrijven met een vergelijkbaar (stal)systeem. Een vergelijkbaar onderzoek op meerdere bedrijven met hetzelfde stalsysteem kan inzicht geven in de variatie in de samenstelling van mestproducten tussen bedrijven. Op deze wijze kunnen ook statistische verschillen worden aangetoond tussen de verschillende systemen. Dat was met de methodiek die in dit onderzoek gebruikt is niet mogelijk.

4.4 Categorisering mestproducten

4.4.1 RENURE

Uit de resultaten van dit onderzoek blijken spuiwater uit luchtwassers, ammoniumsulfaat uit stripper-scrubbers en gezeefde gier te voldoen aan de kwaliteitseisen die worden gesteld aan een RENURE meststof. Op dit moment zijn slechts drie meststoffen in combinatie met een techniek die als RENURE ingezet worden toegelaten, namelijk: 1) ammoniumzouten, afkomstig uit gaszuivering- of emissiebeheersingsprocessen die ontworpen zijn om ammoniak uit lucht te verwijderen (luchtwassers en strippers), 2) mineralenconcentraat verkregen uit omgekeerde osmose en 3) stikstofrijke fosfaat-zout (struviet), neergeslagen uit dierlijke mest. Spuiwater uit luchtwassers mogen al als anorganische meststof worden toegepast en volgens deze omschrijving mag ammoniumsulfaat uit stripper-scrubbers ook worden toegepast als RENURE meststof. De gezeefde gierfractie voldoet echter niet aan deze omschrijving. Ondanks dat wel aan de kwaliteitseisen wordt voldaan, mag deze gierfractie onder het huidige kader dus niet als RENURE gebruikt worden.

Door het vervallen van de derogatie is op de meeste bedrijven eerder sprake van een stikstofoverschot dan een fosfaat- of kalioverschot. Uit paragraaf 3.4 blijkt dat het stikstofoverschot op bedrijfsniveau daalt als een deel van de mest ingezet kan worden als RENURE. Als ook urine en gier fracties erkend worden als RENURE, kan de afzet van mest worden beperkt en blijft er ook meer fosfaat en kali op het bedrijf. Hierdoor kan zowel worden bespaard in mestafzetkosten als in kosten voor aankoop van kunstmest. Wel geldt er een grens van 80 kg N/ha uit RENURE meststoffen, waardoor soms alsnog (RENURE-waardige) mest afgevoerd moet worden.

4.4.2 EU bemestingsproducten

De Europese Unie beschrijft in Bijlage I van EU Meststoffenverordening (EU 2019/1009)³ verschillende bemestingsproducten en bijbehorende kwaliteitseisen. Grofweg worden de bemestingsproducten ingedeeld in organische, organo-minerale, anorganische meststoffen en bodemverbeteraars op basis van onder andere het koolstofhalte, de aanwezigheid en gehalten van primair-, secundair- en micronutriënten en gehalten contaminanten en pathogenen. In het huidige onderzoek zijn niet alle componenten bemonsterd die in de Meststoffenverordening worden benoemd, zoals pathogenen en contaminanten. Op basis van de verkregen informatie uit dit onderzoek vallen het ammoniumsulfaat van bedrijf M1, M2 en M4 onder de categorie "samengestelde vloeibare anorganische macronutriëntmeststof" (PFC 1 C I b II) en de dikke fracties digestaat onder de categorie "organische bodemverbeteraar" (PFC 3A). Mestproducten zoals de dunne fracties en effluent passen in geen van de categorieën. Deze producten zijn natuurlijk ook gewoon dierlijke mest, maar zijn geen onderscheidenlijke bemestingsproducten, die als zodanig op de markt gebracht kunnen worden. Deze producten zullen verhandeld moeten worden als dierlijke mest en de onderhavige regelgeving, zoals Meststoffenwet en Verordening dierlijke bijproducten (EU 2009/1069).

4.5 Toepassing op bedrijfsniveau

Het was in dit onderzoek niet haalbaar om de volumes van alle meststromen nauwkeurig te meten. Om toch een beeld te krijgen van de volume- en nutriëntenstromen en scheidingsrendementen en toepassing van mestproducten op bedrijfsniveau, is gebruik gemaakt van de beschikbare informatie van de veehouder, aangevuld met indicatieve metingen en berekeningen met standaardwaarden.

Op bedrijf M1 en M2 is de samenstelling van de drijfmest bemonsterd en zijn deze gehalten gebruikt om de totale hoeveelheid stikstof, fosfor en kalium in de drijfmest te bepalen. Het volume drijfmest kon niet gemeten worden en is daarom forfaitair bepaald aan de hand van het aantal dieren en de melkproductie. Bij M3, M4 en M5 werd er geen drijfmest geproduceerd, omdat gier en feces aan de bron werden gescheiden. Voor deze bedrijven is een fictieve drijfmest berekend door het volume en de nutriënten van de feces en de gier op te tellen. Deze fictieve drijfmest is als uitgangspunt van het scheidingsrendement gebruikt. De volumes van de andere meststromen zijn ingeschat door de veehouder en soms onderbouwd met een indicatieve meting. Alleen van bedrijf M5 is wat accuratere informatie beschikbaar aangezien deze veehouder gedurende één dag de volumes van alle mestfracties heeft gemeten. Desondanks kunnen ook de volumes in de tijd variëren en is het voor een bepaalde mestfractie soms lastig om op het oog in te schatten wat het volume is.

Daarnaast speelt de dichtheid van een meststof ook een rol in de berekening van de totale hoeveelheid nutriënten uit een meststroom. Voor gefermenteerde feces is namelijk een dichtheid van 1.065 kg/m³ gebruikt (Van Boxmeer et al., 2023a), wat wellicht aan de hoge kant is. Bij een lagere dichtheid is een kuub gefermenteerde feces lichter, waardoor de massabalans verschuift.

Doordat de berekeningen van het scheidingsrendement zijn gebaseerd op inschattingen van volumes en soms zijn gerelateerd aan forfaitair berekende volumes drijfmest, komen de scheidingsrendementen vaak niet op 100% uit. Ook bij de toepassing van de mestproducten op bedrijfsniveau (paragraaf 3.4) blijkt dat de beschikbare nutriënten bij 1,5 of 2 koeien niet voor elk bedrijf gelijk zijn. Gedurende de opslag en verwerking van mest gaat stikstof verloren in de vorm van ammoniak. Daardoor is het te verwachten dat de som van de scheidingsrendementen van stikstof lager uitkomt dan 100%. Fosfor en kalium gaan echter tijdens de opslag niet verloren en deze balans zou op 100% uit moeten komen, mits er geen toevoegingen aan de mest worden gedaan. Eurofins heeft recent gepresenteerd dat op basis van de analyses van drijfmest van rundvee in 2025 de gehalten stikstof, fosfaat en kali structureel lager zijn dan de waarden in het Handboek Bodem & Bemesting en de forfaitaire gehalten in de tabellen van RVO (Veeteelt, 2025). Het kan dus zijn dat in de forfaitaire berekende drijfmest meer nutriënten zitten dan in de daadwerkelijke drijfmest, waardoor het totaal niet op 100% uitkomt.

³ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R1009>

Als wordt aangenomen dat fosfor en kali niet verloren gaan, zouden de scheidingsrendementen verbeterd kunnen worden door hiervoor te corrigeren. In dit onderzoek is dit echter niet gedaan. De volume- en nutriëntenstromen en scheidingsrendementen zijn gevoelig voor aannames rondom mestvolumes, gehalten en dichtheden, waardoor het corrigeren van de massabalans op basis van het ene nutriënt, het resultaat voor het andere nutriënt nog verder af laat wijken van de verwachting. De volume- en nutriëntenstromen en scheidingsrendementen geven een indruk hoe de nutriënten zich over de meststromen verdelen en ingezet zouden kunnen worden in een bemestingsplan op het boerenbedrijf. Deze opzet is grofmazig en zal in de toekomst bij meerdere bedrijven met hetzelfde systeem getoetst moeten worden.

5 Conclusies en aanbevelingen

Door gebruik van innovatieve stalsystemen of aanvullende mestbewerkingstechnieken is het mogelijk om mestproducten te produceren met verschillende samenstelling. Tabel 5.1 geeft een samenvatting van de samenstelling van de verschillende mestproducten, waarbij is aangegeven of een mestproduct meer (+), minder (-) of een vergelijkbaar (0) gehalte aan organische stof, stikstof, fosfaat, kali, secundaire nutriënten of micronutriënten heeft en of de pH vergelijkbaar is met drijfmest (bedrijf M1).

- Met een luchtwasser op een (reguliere) stal (bedrijf M1) kan aanvullend op drijfmest een extra meststof (ammoniumsulfaat) geproduceerd worden. Deze meststof is rijk aan mineraal stikstof en bevat verder nagenoeg geen andere nutriënten, behalve zwavel uit het gebruikte zwavelzuur. Dit ammoniumsulfaat (spuiwater) is een anorganische meststof en mag boven op de gebruiksnorm voor dierlijke mest worden gebruikt. Er moet rekening gehouden worden dat het product een lage zuurgraad (pH 2-3) heeft.
- Door mest te vergisten, het digestaat te scheiden en de dunne fractie te strippen (bedrijf M2 en M4) worden drie verschillende mestproducten gemaakt. De dikke fractie van het digestaat is rijk aan organische stof, (organisch) stikstof, fosfaat, secundaire nutriënten en micronutriënten. Het ammoniumsulfaat is rijk aan mineraal stikstof en voldoet aan de kwaliteitsvoorwaarden voor RENURE. Het effluent kan worden ingezet als bron van kali, maar bevat ook secundaire nutriënten en micronutriënten. Er moet worden rekening gehouden dat ondanks het lagere gehalte aan stikstof, er toch nog een groot volume stikstof in het effluent aanwezig is.
- Door mest aan de bron te scheiden en de feces te fermenteren (bedrijf M3) worden twee verschillende mestproducten gemaakt. De gier (gezeefd) bevat minder stikstof dan drijfmest, maar het aandeel mineraal stikstof is hoger. Hierdoor voldoet het aan de kwaliteitsvoorwaarden voor RENURE. De gefermenteerde feces bevatten veel organische stof, secundaire nutriënten en micronutriënten. Er moet rekening gehouden worden dat deze scheidingsmethode momenteel nog niet als techniek voor RENURE is toegelaten.

Tabel 5.1 Samenvattende tabel waarbij voor de verschillende mestproducten is aangegeven of het mestproduct meer (+), minder (-) of een vergelijkbaar (0) gehalte organische stof (OS), stikstof (N), fosfaat (P_2O_5), kali (K_2O), secundaire nutriënten, micronutriënten (per kg product) of pH heeft vergeleken met drijfmest (bedrijf M1) en of het mestproduct voldoet aan de kwaliteitscriteria voor RENURE.

	OS	N	P_2O_5	K_2O	Secundair	Micro	pH	RENURE
Regulier met luchtwasser (bedrijf M1)								
Drijfmest	0	0	0	0	0	0	0	Nee
Ammoniumsulfaat	-	+	-	-	-	-	-	Ja ¹
Vergisten + stippen (bedrijf M2 en M4)								
Dikke fractie digestaat	+	+	+	0	+	+	+	Nee
Ammoniumsulfaat	-	+	-	-	-	-	-	Ja
Effluent	-	-	-	0	0	0	+	Nee
Bronscheiding + fermentatie (bedrijf M3)								
Gier (gezeefd)	-	-	-	+	0	-	+	Ja
Gefermenteerde feces	+	0	0	0	+	+	0	Nee
Bronscheiding + mechanische scheiding (bedrijf M5)								
Gier	-	-	-	0	+	-	0	Nee
Dikke fractie	+	0	-	-	0	+	+	Nee
Dunne fractie	-	0	+	-	0	0	0	Nee

¹ Spuiwater is al toegestaan als kunstmestvervanger

-
- Door mest aan de bron te scheiden en de dikke fractie daarna mechanisch verder te scheiden (bedrijf M5) ontstaan drie mestproducten, waarbij gier en de dikke fractie het meest van elkaar verschillen. Het aandeel organisch stikstof is hoger in de dikke fractie, terwijl de gier meer minerale stikstof bevat. Daarnaast bevat de dikke fractie veel organische stof, maar is het fosfaat gelijkmatig verdeeld tussen zowel de dikke als de dunne fractie. De gier had een hoger gehalte aan secundaire nutriënten, terwijl de dikke fractie meer micronutriënten bevat.

De variatie in de samenstelling van mestproducten verschilde per mestproduct, nutriënt en bedrijf. De grootste variatie werd gevonden in de dikke fractie, feces en drijfmest. Daarnaast was de variatiecoëfficiënt van ammoniumsulfaat voor fosfaat, kali en zink hoog, omdat deze absolute gehalten erg laag waren, waardoor kleine absolute verschillen leiden tot grote relatieve verschillen. Van de secundaire nutriënten en micronutriënten vertoonde het kopergehalte over het algemeen de grootste variatie. De variatie in pH was laag. Ook tussen bedrijven werden verschillen in de mate van variatie in samenstelling gevonden. Nader onderzoek naar de oorzaak van de variatie in mestsamenstelling kan de stabiliteit van de samenstelling in de tijd verbeteren.

De nutriëntenstromen en de berekende scheidingsrendementen geven een indruk over hoe nutriënten zich over de meststromen verdelen:

- Het effluent van de stripper-scrubber heeft een groot volume, waardoor het naast kalium ook een nog relatief grote hoeveelheid stikstof bevat.
- Ammoniumsulfaat is een sterk geconcentreerd stikstof product, met hoge concentraties aan stikstof. Echter het volume van dit product is beperkt en de volumes van de dikke fractie en het effluent zijn veel hoger. Er wordt slechts 25% van de aanwezige stikstof in het ammoniumsulfaat vastgelegd.
- De scheidingsrendementen laten duidelijk zien dat de meeste fosfaat in gefermenteerde feces en dikke fractie terecht komt, terwijl kali vooral naar (gezeefde) gier en effluent gaat.
- De volume- en nutriëntenstromen laten zien dat de efficiëntie van stalsystemen met bronscheiding varieert, maar over het algemeen leidt tot een gelijke volumeverdeling tussen gier en feces, waarbij circa 70 – 95% van het organische stof, 45 – 65% van de stikstof, 60 – 95% van de fosfor en 25 – 45% van de kalium in de feces fractie terecht komen.

De nutriëntstromen zijn in dit onderzoek grofmazig opgezet en kunnen verbeterd worden. Daarnaast kan een beter beeld van de variatie van mestproducten worden gevonden door bij meerdere bedrijven met hetzelfde systeem metingen uit te voeren.

Uit de vergelijking van de beschikbare nutriënten op bedrijfsniveau met de gebruiksnormen voor stikstof en fosfaat en het bemestingsadvies voor kali blijkt dat door het vervallen van de derogatie op de meeste melkveebedrijven eerder sprake is van een stikstofoverschot dan een fosfaat- of kali-overschot. Dit betekent dat een veehouder mest (met fosfaat en kali) moet afvoeren, om vervolgens kunstmest aan te voeren. De mogelijkheid om ammoniumsulfaat uit strippen/scrubben als RENURE te gebruiken biedt al kansen om meer nutriënten op het eigen bedrijf te gebruiken. Dit zou nog meer kunnen indien dunne fracties zoals dunne fractie na mechanische scheiding en gier uit bronscheiding ook als RENURE erkend zouden worden.

Literatuur

- Amery, F., T. Vannecke, A. Schellekens, T. Vandesande, H. Vanrespaille (2022) Spuiwater als stikstof- en zwavelmeststof: een rekenvoorbeeld. Infofiche Begeleidingsdienst voor een Betere Bodem en Waterkwaliteit (B3W), versie 1
- Boer, H. de (2023) Niveau en samenstelling van het stikstofverlies uit een melkveestal met roostervloer en een koetoilet. Wageningen Livestock Research, Openbaar Rapport 1448. <https://edepot.wur.nl/640152>
- Boer, H. de (2025) Niveau en samenstelling van het stikstofverlies uit een melkveestal met filterende tegelvloer. Wageningen Livestock Research, Openbaar Rapport 1542. <https://edepot.wur.nl/685854>
- Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen (2026) Bemestingsadvies. Wageningen Livestock Research. <https://edepot.wur.nl/413891>
- Dou, Z., D.T. Galligan, R.D. Allshouse, J.D. Toth, C.F. Ramberg Jr., J.D. Ferguson (2001) Manure Sampling for Nutrient Analysis: Variability and Sampling Efficacy. Waste Management 30(4) pp. 1432-1437. <https://doi.org/10.2134/jeq2001.3041432x>
- Gollenbeek L.R., J.P.B.F. van Gastel, F.A.M. Casu, I. Huisman, N. Verdoes, 2022. Berekeningen emissies en economie voor verschillende scenario's voor verwaarding van rundveemest; NL Next Level Mestverwaarden. Wageningen Livestock Research, Openbaar Rapport 1372.
- Groenestein, C.M., P.W. Goedhart, C. van Bruggen, I. de Jonge de en N.W.M. Ogink, 2023. Schatting van stikstofverliezen uit stallen op basis van stikstof-fosfaat verhouding in afgevoerde mest - Evaluatie van de NP-methode en effect van staltype. Wageningen Livestock Research, Rapport 1426. <https://edepot.wur.nl/631641>
- Hoeksma, P. (1988) De samenstelling van drijfmest die naar akkerbouwbedrijven wordt afgezet, Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen, Wageningen
- Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (2018). *Visie Landbouw, Natuur en Voedsel: Waardevol en Verbonden*. Den Haag: Rijksoverheid. <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/beleidsnota-s/2018/09/08/visie-landbouw-natuur-en-voedsel-waardevol-en-verbonden>
- Mosquera, J., J.M.G. Hol, J.W.H. Huis in 't Veld, G. Nijeboer (2007) Rendementsmeting luchtwasser 90/95% ammoniakreductie Inno+ Luchtwassersysteem. Animal Science Group Veehouderij, Rapport 43. <https://edepot.wur.nl/19162>
- RVO (2026a) Tabel 6 Stikstof en fosfaat per melkkoe 2026. <https://www.rvo.nl/onderwerpen/mest/>, geraadpleegd op 27-05-2026
- RVO (2026b) Gebruiksnormen mest: Bereken uw gebruiksruijmt. <https://www.rvo.nl/onderwerpen/mest/>, geraadpleegd op 04-02-2026
- RVO (2026c) Fosfaatdifferentiatie. <https://www.rvo.nl/onderwerpen/mest/>, geraadpleegd op 04-02-2026
- Tangorra, F. M., E. Buio, A. Funzi, A. Costa, O. Ferrari, G. Provolo (2024) Nutrient quantification of livestock slurry and digestate using a low-cost handheld NIR spectrometer and multi-biomass calibration models. Biosystems Engineering 240, 100-106. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2024.02.018>
- Timmerman, M., M.A.H.H. Smolders (2003) Bezinking en bemonstering van varkensmest, Praktijkrapport Varkens nr. 21, Animal Sciences Group / Praktijkonderzoek Lelystad
- 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. <https://edepot.wur.nl/588047>
- Van Boxmeer, E.G.G., I. Groeneveld, E. Maasdam, N. Verdoes, J.P.B.F. van Gastel, 2023b. *Innovatieve stalsystemen voor verwaarding van varkens-, kalver- en rundveemest; NL Next Level Mestverwaarden*. Wageningen Livestock Research, Openbaar Rapport 1409.
- Vandenbosch, A. (2012) CROP ID geeft identiteit aan strobaal. Boerenbod Management & Techniek 13. <https://edepot.wur.nl/279323>
- Veeteelt (2025) N-, P- en K-gehalten in drijfmest structureel lager dan standaardnorm. Veeteelt, 21 november 2025. <https://veeteelt.nl/mest/>, geraadpleegd op 01-12-2025
- Velthof, G.L. T.C.A. Cals, J.P. van 't Hull, J.P. Lesschen, M. Lessmann, R.J. Porre, M.B.H. Ros, R.P.J.J. Rietra, O.F. Schoumans, L. Veenemans, D. Westerik (2024) Managing organic resources in agriculture: future

challenges from a scientific perspective. *Frontiers in Sustainable Food Systems* 8.
<https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1393190>

Bijlage 1 Selectie van bedrijven

Tabel B1.1 *Long list van veelbelovende technieken met onderbouwing waarom technieken tijdens de selectie zijn afgevalen.*

Systeem	Omschrijving	Opmerking	Bemonsterd door Boxmeer et al. (2023)	Bemonsterd in huidig onderzoek
Gangbare roostervloer	Drijfmest wordt verzameld onder roosters	Als referentie is dit keer gekozen voor een gangbare roostervloer met luchtwasser (zie hieronder)	Ja	Nee
Gangbare roostervloer met luchtwasser	Drijfmest wordt verzameld onder roosters. Ammoniak wordt uit lucht verwijderd door luchtwasser	Geldt als referentie voor drijfmest en spuiwater	Nee	Ja (M1)
Zeraflex doorlatende tegelvloer	Scheiding van feces en urine. Urine zakt door tegel heen, terwijl feces worden weggeschoven	Dit systeem is al uitgebreid onderzocht door de Boer (2025)	Ja	Nee
LelySphere	Scheiding van feces en urine via de vloer. Lucht uit de mestkelder wordt afgezogen en gefilterd (luchtwasser)	Wordt uitgebreid bemonsterd in de PPS Reinventing Circular Dairy Farming	Ja	Nee
Jumpstart	Mestvergisting en strippen dunne fractie digestaat		Ja	Ja (M2)
Rubberen vloer met sleuven en gaten	Scheiding feces en urine. Urine loopt via sleuven en gaten naar kelder, terwijl feces worden weggeschoven		Ja	Ja (M5)
CowToilet	Deel van de urine wordt achter de koe opgevangen	Is eerder onderzocht door de Boer (2023) en wordt uitgebreid bemonsterd in de PPS Reinventing Circular Dairy Farming	Ja	Nee
Vrijloopstal (met houtsnippers)	Bedding van houtsnippers (compostering)	Focus van dit project lag op een diversiteit aan mestproducten op het boeren erf en dit systeem produceert maar één meststof (naast drijfmest bij het voerhek).	Ja	Nee
VrijLevenStal (met zandbodem)	Scheiding feces en urine. Urine loopt door het zand naar een drainagebuis, terwijl feces worden opgeraapt	Wordt bemonsterd in PPS Reinventing Circular Dairy Farming	Ja	Nee
Primaire scheiding en fermentatie	Scheiding urine en feces via vloer (betonsleuven). Feces worden gemengd met stro en gefermenteerd		Ja	Ja (M3)

Primaire scheiding en mechanische scheiding	Scheiding urine en feces via de vloer (betonsleuven). Feces worden mechanisch verder gescheiden en dikke fractie wordt gemengd met stro	Lijkt sterk op bovenstaande techniek zonder fermentatie	Ja	Nee
Primaire scheiding, vergisting, mechanische scheiding (en stripper)	Scheiding urine en feces via vloer. Alles wordt vergist, waarna het digestaat in twee stappen mechanisch wordt gescheiden. Dunne fractie wordt gestript		Nee	Ja (M4)

Tabel B1.2 Veelbelovende technieken die zijn afgefallen omdat geen praktijk bedrijf beschikbaar was.

Systeem	Omschrijving	Bemonsterd door Boxmeer et al. (2023)	Bemonsterd in huidig onderzoek
Gazoo	Strippen dunne fractie en spoelen met gestripte fractie	Nee	Nee
Next Level emissiearm vloersysteem (Phyleus)	Scheiding urine en feces. Urine loopt naar afvoergoot, terwijl feces worden opgeraapt met een robot die ook de vloer reinigt	Nee	Nee
Primaire scheiding met BiPolaire Membraan ElectroDialyse (Mezt)	Scheiding urine en feces. Dunne fractie wordt met elektrolyse gescheiden in drie fracties (mineraalarm, kaliumconcentraat en ammoniak).	Nee	Nee

Bijlage 2 Analysemethoden

Tabel B3.1 Analysemethoden en bijbehorende normvoorschriften van de verschillende parameters

Parameters	Methode	Norm
Droge stof (DS)	Gravimetrisch: het onbewerkt monster is gedroogd gedurende 24 uur bij een temperatuur van 103°C.	NEN 7432:1998 nl
As	Gravimetrisch: het gedroogde monster is verhit gedurende 4 uur bij een temperatuur van 550°C.*	NEN 7432:1998 nl
Totaal stikstof (N-totaal)	Aan het voorbehandelde monster (NEN 7433) is een overmaat natriumhydroxide oplossing toegevoegd, waardoor ammoniakgas vrijkomt. Dit is gedestilleerd en opgevangen in een boorzuoroplossing, waarna het stikstofgehalte door titratie met zoutzuur is bepaald.**	NEN 7434:1998 nl
Ammonium stikstof (N-mineraal)	Het opgeloste ammonium stikstof in het onbewerkte monster is gedestilleerd en opgevangen in een boorzuoroplossing, waarna het ammoniumgehalte door titratie met zoutzuur is bepaald.*	NEN 7438:1998 nl
Fosfor	Aan het voorbehandelde monster (NEN 7433) is ammoniummolybdaat toegevoegd, zodat een complex ontstaat. Dit complex is met ascorbinezuur en antimoonkaliumtartraat omgezet in het sterk gekleurde molybdeenblauw-complex. De intensiteit van deze kleur is spectrometrisch gemeten en is recht evenredig met het fosfaatgehalte.	NEN 7435:2019 nl
Kalium	Aan het voorbehandelde monster (NEN 7433) wordt cesiumchloride oplossing toegevoegd. Het kaliumgehalte is met een vlamemissie spectrometer bepaald.	NEN 7436:1998 nl
pH	De pH is gemeten met een elektronische voltmeter ***	NEN 6411:1981 nl NEN-EN-ISO 10523:2012

* Analyse van spuiwater en ammoniumsulfaat leidt tot te lage as-gehaltes, omdat ammoniumsulfaat bij deze hoge temperaturen ontleedt. Daarom is voor spuiwater aangenomen dat het geen organische stof bevat.

** Voor stapelbare mest is deze methode niet gevalideerd door een interlaboratorium onderzoek

*** Stapelbare mest is van tevoren vijf keer verdund met water

Bijlage 3 Mestsamenstelling uit het Handboek Bodem & Bemesting

<https://www.handboekbodemenbemesting.nl/bemestingsadviezen/samenstelling-organische-meststoffen/>

Geraadpleegd op 18-07-2025

Tabel B4.1 Mestsamenstelling van drijfmest, gier en vaste mest (grupstal) van rundvee per ton vers product op basis van het Handboek Bodem & Bemesting

	Drijfmest	Gier	Vaste mest
DS (kg)	74	25	235
OS (kg)	55	10	159
N-totaal (kg)	4,1	4,0	6,4
N-mineraal (kg)	1,9	3,8	1,2
P2O5 (kg)	1,4	0,2	3,1
K2O (kg)	5,3	8,0	9,2
MgO (kg)	1,3	0,1	2,3
Na2O (kg)	0,8	1,0	0,9
Ca (kg)	3,4	1,0	7,8
Cu (g)	11	3	26
Zn (g)	17	5	38
Mn (g)	13	13	27
B (g)	4	0	2

Bijlage 4 Analyse resultaten van primaire nutriënten

Tabel B4.1 Analyse resultaten van primaire nutriënten van mestproducten van bedrijf M1, uitgedrukt in g/kg (mest)product en g/kg droge stof.

			g/kg (mest)product					g/kg droge stof							
Nr.	Datum	Mestproduct	DS	As	OS	N-totaal	N-amm.	P-totaal	K-totaal	pH	OS	N-totaal	N-amm.	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	29-01-2024	Drijfmest melkkoeien	103,0	20,5	82,5	4,04	1,04	0,83	2,93	8,1	801,2	39,3	10,1	18,5	34,4
1	29-01-2024	Drijfmest jongvee (1 – 8 maand)	112,5	21,2	91,3	3,61	0,75	0,64	2,42	7,2	811,6	32,1	6,7	13,0	25,9
1	29-01-2024	Drijfmest jongvee (8 – 20 maand)	70,4	18,9	51,5	3,16	1,59	0,57	4,05	7,6	731,7	44,9	22,5	18,5	69,3
1	29-01-2024	Spuiwater	185,7	-	-	35,12	36,15	0,0092	0,21	2,3	-	189,2	194,7	0,11	1,37
2	26-04-2024	Drijfmest melkkoeien	98,8	21,2	77,5	4,18	1,39	0,67	4,16	7,1	785,2	42,3	14,1	15,6	50,8
2	26-04-2024	Drijfmest jongvee (1 – 8 maand)	120,7	21,3	99,4	4,01	0,76	0,95	2,38	7,2	823,6	33,2	6,3	18,1	23,8
2	26-04-2024	Drijfmest jongvee (8 – 20 maand)	117,9	26,0	91,9	3,85	1,14	0,94	3,10	7,1	779,7	32,6	9,7	18,3	31,7
2	26-04-2024	Spuiwater	176,6	-	-	32,54	34,03	0,0045	0,15	2,6	-	184,2	192,7	0,06	1,05
3	28-06-2024	Drijfmest melkkoeien	92,5	19,7	72,8	3,89	1,37	0,68	4,07	7,0	787,1	42,0	14,8	16,9	53,0
3	28-06-2024	Drijfmest jongvee (1 – 8 maand)	109,1	21,7	87,5	3,82	0,91	0,82	2,59	7,0	801,6	35,0	8,3	17,2	28,6
3	28-06-2024	Drijfmest jongvee (8 – 20 maand)	90,1	17,7	72,4	2,64	0,60	0,64	1,45	7,1	804,0	29,3	6,7	16,4	19,4
3	28-06-2024	Spuiwater	171,3	-	-	33,10	33,61	0,0045	0,14	2,4	-	193,2	196,2	0,06	1,02
4 ¹	21-08-2024	Drijfmest melkkoeien	108,1	18,5	89,6	3,31	0,18	0,67	0,93	6,7	829,3	30,6	1,7	14,1	10,4
4	21-08-2024	Drijfmest jongvee (1 – 8 maand)	126,8	27,0	99,8	4,32	0,96	0,81	4,12	7,8	787,1	34,1	7,5	14,7	39,2
4	21-08-2024	Drijfmest jongvee (8 – 20 maand)	114,1	28,6	85,5	4,07	1,87	0,79	5,62	7,9	749,2	35,6	16,4	15,9	59,4
4	21-08-2024	Spuiwater	151,2	-	-	27,58	27,80	0,0039	0,10	2,0	-	182,4	183,8	0,06	0,82
5	24-10-2024	Drijfmest melkkoeien	94,8	19,6	75,2	3,93	1,30	0,69	3,62	7,1	793,0	41,4	13,8	16,6	46,0
5	24-10-2024	Drijfmest jongvee (1 – 8 maand)	97,9	19,9	78,0	3,49	0,61	0,72	1,93	7,1	796,5	35,6	6,2	16,8	23,8
5	24-10-2024	Drijfmest jongvee (8 – 20 maand)	130,6	28,7	101,9	4,30	1,12	1,02	3,16	7,2	780,1	32,9	8,5	18,0	29,2
5	24-10-2024	Spuiwater	154,5	-	-	27,77	27,71	0,0059	0,10	2,1	-	179,8	179,4	0,09	0,78

¹ Dit monster is in de uiteindelijke analyse niet meegenomen.

Tabel B4.2 Analyse resultaten van primaire nutriënten van mestproducten van bedrijf M2, uitgedrukt in g/kg (mest)product en g/kg droge stof.

			g/kg (mest)product							g/kg droge stof					
Nr.	Datum	Mestproduct	DS	As	OS	N-totaal	N-amm.	P-totaal	K-totaal	pH	OS	N-totaal	N-amm.	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	06-02-2024	Ammoniumsulfaat	292,5	-	-	59,62	62,40	0,001	0,003	3,7	-	203,8	213,3	0,001	0,011
1	06-02-2024	Rundveedrijfmest	109,0	17,8	91,2	4,19	1,40	0,86	3,82	7,3	836,4	38,4	12,8	18,2	42,2
1	06-02-2024	Dikke fractie digestaat	362,3	49,6	312,7	8,84	2,71	3,27	4,03	9,1	863,0	24,4	7,5	20,7	13,4
1	06-02-2024	Effluent	38,8	13,3	25,5	2,62	1,28	0,38	3,73	8,5	656,3	67,5	32,9	22,2	115,6
1	06-02-2024	Dunne fractie digestaat	41,3	14,6	26,8	3,69	2,26	0,41	4,00	8,2	647,7	89,3	54,7	22,6	116,6
1	06-02-2024	Digestaat	73,3	17,1	56,2	4,28	2,40	0,73	3,94	8,3	766,1	58,4	32,7	22,9	64,7
2	16-05-2024	Ammoniumsulfaat	293,6	4,8	-	60,17	60,73	0,004	0,004	3,4	-	206,9	0,003	0,018	205,0
2	16-05-2024	Rundveedrijfmest	116,2	20,3	95,9	4,66	1,80	0,94	3,77	7,0	40,1	15,5	18,6	39,1	40,1
2	16-05-2024	Dikke fractie digestaat	329,5	41,4	288,1	8,79	2,87	3,48	3,73	8,7	26,7	8,7	24,2	13,6	26,7
2	16-05-2024	Effluent	36,9	11,9	25,0	2,90	1,57	0,55	3,25	8,6	78,4	42,4	34,2	105,8	78,4
2	16-05-2024	Dunne fractie digestaat	43,0	14,8	28,1	3,78	2,34	0,61	3,59	8,2	87,9	54,5	32,7	100,6	87,9
2	16-05-2024	Digestaat	81,1	16,7	64,4	4,46	2,49	0,93	3,55	8,1	55,0	30,7	26,4	52,8	55,0
3	28-06-2024	Ammoniumsulfaat	297,4	-	-	61,30	60,29	0,002	0,005	3,6	-	202,7	0,002	0,019	206,1
3	28-06-2024	Rundveedrijfmest	112,2	18,8	93,4	4,49	1,62	0,93	3,69	7,1	40,0	14,4	18,949	39,636	40,0
3	28-06-2024	Dikke fractie digestaat	334,5	43,9	290,6	8,75	3,07	3,70	4,10	9,0	26,2	9,2	25,3	14,8	26,2
3	28-06-2024	Effluent	42,5	14,2	28,3	2,80	1,37	0,53	3,52	8,4	66,0	32,3	28,7	99,8	66,0
3	28-06-2024	Dunne fractie digestaat	44,6	14,5	30,1	3,93	2,41	0,56	4,01	7,9	88,1	54,0	29,1	108,3	88,1
3	28-06-2024	Digestaat	80,9	18,4	62,5	4,56	2,57	0,92	3,84	8,0	56,3	31,7	26,2	57,2	56,3
4	12-08-2024	Ammoniumsulfaat	305,1	-	-	61,76	64,69	0,001	0,002	3,6	-	212,1	0,001	0,007	202,4
4	12-08-2024	Rundveedrijfmest	105,5	19,0	86,5	4,44	1,96	0,99	3,62	7,0	42,1	18,5	21,5	41,4	42,1
4	12-08-2024	Dikke fractie digestaat	331,6	60,2	271,4	8,28	3,20	4,07	3,96	8,8	25,0	9,6	28,1	14,4	25,0
4	12-08-2024	Effluent	47,5	21,5	26,1	4,00	2,35	0,56	3,83	8,0	84,2	49,5	27,1	97,0	84,2
4	12-08-2024	Dunne fractie digestaat	47,2	22,4	24,8	3,94	2,34	0,57	3,84	8,0	83,5	49,7	27,6	98,1	83,5
4	12-08-2024	Digestaat	78,2	18,1	60,1	4,59	2,51	0,96	3,90	7,8	58,7	32,1	28,0	60,1	58,7
5	25-09-2024	Ammoniumsulfaat	280,2	-	-	56,62	57,67	0,001	0,004	3,2	-	205,8	0,001	0,018	202,1
5	25-09-2024	Rundveedrijfmest	111,3	20,8	90,5	4,44	1,75	0,91	4,20	7,0	39,9	15,7	18,8	45,5	39,9

5	25-09-2024	Dikke fractie digestaat	373,8	54,3	319,5	10,01	2,99	4,94	4,15	9,0	26,8	8,0	30,3	13,4	26,8
5	25-09-2024	Effluent	33,8	11,9	21,9	1,93	0,87	0,43	3,15	8,5	57,2	25,6	29,3	112,2	57,2
5¹	25-09-2024	Dunne fractie digestaat	7,7	3,4	4,4	0,62	0,41	0,10	0,61	8,1	80,5	52,8	28,3	94,7	80,5
5	25-09-2024	Digestaat	83,8	22,2	61,6	4,80	2,71	1,28	3,88	7,9	57,2	32,3	35,2	55,8	57,2

¹ Dit monster is in de uiteindelijke analyse niet meegenomen.

Tabel B4.3 Analyse resultaten van primaire nutriënten van mestproducten van bedrijf M3, uitgedrukt in g/kg (mest)product en g/kg droge stof.

Nr.	Datum	Mestproduct	g/kg (mest)product							g/kg droge stof					
			DS	As	OS	N-totaal	N-amm.	P-totaal	K-totaal	pH	OS	N-totaal	N-amm.	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	31-01-2024	Gefermenteerde feces	173,1	43,2	129,8	4,80	1,16	1,02	4,00	7,4	750,1	27,7	6,7	13,5	27,9
1	31-01-2024	Feces van vloer	159,0	25,6	133,4	4,43	0,71	0,91	2,50	7,3	839,3	27,9	4,5	7,4	19,0
1	31-01-2024	Gier	27,8	16,3	11,6	2,82	2,59	0,048	6,74	8,7	415,8	101,3	92,9	3,9	291,5
1	31-01-2024	Gezeefde gier (5 mm)	28,1	16,1	12,0	3,01	2,60	0,048	6,97	8,7	426,3	107,3	92,8	3,9	299,4
2	08-05-2024	Gefermenteerde feces	160,3	44,8	115,5	3,92	0,89	0,82	3,01	7,6	720,7	24,5	5,6	11,8	22,7
2	08-05-2024	Feces van vloer	138,9	24,5	114,4	3,85	0,70	0,78	3,22	7,3	823,4	27,7	5,0	7,2	27,9
2	08-05-2024	Gier	26,5	15,4	11,1	2,69	2,42	0,054	6,42	8,2	420,6	101,6	91,4	4,7	291,7
2	08-05-2024	Gezeefde gier (5 mm)	27,4	15,7	11,7	2,67	2,41	0,054	6,38	8,2	428,3	97,5	88,0	4,5	280,6
3	01-08-2024	Gefermenteerde feces	175,3	43,8	131,5	4,50	1,27	0,82	3,27	7,1	749,9	25,7	7,2	10,7	22,5
3	01-08-2024	Feces van vloer	127,2	21,6	105,6	3,79	0,77	0,90	2,96	6,9	829,9	29,8	6,0	9,2	28,1
3	01-08-2024	Gier	28,6	16,2	12,4	3,01	2,49	0,071	6,63	8,4	432,2	105,3	87,1	5,7	279,5
3	01-08-2024	Gezeefde gier (5 mm)	28,3	17,1	11,2	2,96	2,50	0,071	6,85	8,4	395,6	104,5	88,3	5,8	292,1
4	20-09-2024	Gefermenteerde feces	134,0	26,1	107,9	3,38	0,89	0,68	3,56	7,7	805,3	25,2	6,6	11,6	32,0
4	20-09-2024	Feces van vloer	157,6	41,3	116,3	4,31	0,61	1,03	4,59	8,0	738,1	27,4	3,9	8,5	35,1
4	20-09-2024	Gier	26,3	16,8	9,5	2,69	2,25	0,052	6,39	8,4	361,9	102,3	85,3	4,6	292,5
4	20-09-2024	Gezeefde gier (5 mm)	25,8	15,6	10,2	2,70	2,22	0,052	6,37	8,5	395,0	104,5	85,8	4,7	297,1

Tabel B4.4 Analyse resultaten van primaire nutriënten van mestproducten van bedrijf M4, uitgedrukt in g/kg (mest)product en g/kg droge stof.

			g/kg (mest)product					g/kg droge stof							
Nr.	Datum	Mestproduct	DS	As	OS	N-totaal	N-amm.	P-totaal	K-totaal	pH	OS	N-totaal	N-amm.	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	26-02-2024	Dikke fractie na vijzelscheider	304,8	40,1	264,7	6,87	2,38	2,31	3,19	9,4	868,4	22,5	7,8	17,4	12,6
1	26-02-2024	Dunne fractie na vijzelscheider	49,3	16,5	32,8	4,18	2,33	0,60	3,52	8,2	665,1	84,8	47,2	27,9	86,1
1	26-02-2024	Dikke fractie na trilzeef	93,5	25,8	67,6	4,82	2,46	1,05	3,43	8,5	723,6	51,5	26,3	25,9	44,2
1	26-02-2024	Dunne fractie na trilzeef	46,1	15,6	30,5	4,17	2,32	0,56	3,55	8,6	661,9	90,5	50,4	28,0	92,9
1	26-02-2024	Primair gescheiden feces	135,1	18,4	116,7	4,83	0,95	1,00	2,21	7,3	863,8	35,7	7,0	17,0	19,7
1	26-02-2024	Primair gescheiden gier	48,1	16,0	32,1	3,97	2,37	0,55	3,67	7,9	667,2	82,7	49,4	26,2	92,0
1	26-02-2024	Digestaat	98,5	30,4	68,1	4,89	2,72	1,86	3,54	8,3	690,9	49,6	27,6	43,4	43,4
2	03-05-2024	Dikke fractie na vijzelscheider	328,2	38,8	289,3	6,73	2,49	2,29	3,42	9,0	881,7	20,5	7,6	16,0	12,6
2	03-05-2024	Dunne fractie na vijzelscheider	52,6	16,1	36,5	4,49	2,62	0,63	3,78	8,1	693,3	85,3	49,8	27,3	86,6
2	03-05-2024	Dikke fractie na trilzeef	87,2	23,8	63,4	4,73	2,63	0,93	3,77	8,4	726,7	54,3	30,2	24,4	52,1
2	03-05-2024	Dunne fractie na trilzeef	43,1	14,2	28,8	3,94	2,34	0,54	3,44	8,4	670,1	91,6	54,3	28,5	96,3
2	03-05-2024	Primair gescheiden feces	150,5	18,0	132,5	4,93	0,45	0,96	1,70	6,9	880,7	32,8	3,0	14,7	13,6
2	03-05-2024	Primair gescheiden urine	54,3	16,2	38,1	4,04	2,45	0,55	4,10	7,6	702,2	74,3	45,1	23,1	91,1
2	03-05-2024	Digestaat	69,7	18,5	51,2	4,68	2,65	0,81	3,59	8,1	734,3	67,2	38,0	26,7	62,1
3	28-06-2024	Dikke fractie na vijzelscheider	312,7	40,8	271,9	7,11	3,10	2,45	3,39	8,8	869,4	22,7	9,9	18,0	13,1
3	28-06-2024	Dunne fractie na vijzelscheider	51,7	17,2	34,6	4,86	2,99	0,58	4,28	8,2	668,2	93,9	57,9	25,7	99,8
3	28-06-2024	Primair gescheiden feces	140,2	19,2	121,0	5,39	0,96	0,96	1,98	7,1	863,1	38,4	6,8	15,7	17,0
3	28-06-2024	Primair gescheiden urine	53,5	17,7	35,7	4,88	3,45	0,39	5,39	7,9	668,1	91,2	64,6	16,7	121,5
3	28-06-2024	Digestaat	71,2	19,9	51,3	5,10	3,02	0,77	4,00	8,1	720,3	71,7	42,4	25,0	67,7
4	12-08-2024	Dikke fractie na vijzelscheider	325,8	39,0	286,8	6,77	2,51	2,18	3,43	7,6	880,3	20,8	7,7	15,4	12,7
4 ¹	12-08-2024	Dunne fractie na vijzelscheider	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	12-08-2024	Dikke fractie na trilzeef	92,8	19,5	73,3	4,66	2,64	0,70	3,74	8,3	790,0	50,2	28,4	17,4	48,5
4	12-08-2024	Dunne fractie na trilzeef	51,7	19,9	31,9	4,20	2,54	0,49	3,65	9,3	616,1	81,1	49,2	21,6	84,9
4	12-08-2024	Primair gescheiden feces	151,5	20,7	130,8	6,05	1,16	1,14	3,09	9,0	863,4	39,9	7,7	17,3	24,6
4	12-08-2024	Primair gescheiden urine	46,4	16,4	29,9	4,11	2,79	0,39	4,30	6,7	645,7	88,7	60,2	19,2	111,9
4	12-08-2024	Digestaat	38,9	14,1	24,8	3,23	1,98	0,41	2,98	8,5	637,9	83,0	50,7	24,0	92,1

4	12-08-2024	Ammoniumsulfaat	229,1	-	-	46,70	48,23	0,010	0,10	6,3	-	203,8	210,5	0,10	0,51
4	12-08-2024	Effluent	48,1	20,2	27,9	3,83	2,22	0,49	3,69	9,1	-	79,7	46,1	23,5	92,5
5	20-09-2024	Dikke fractie na vijzelscheider	243,1	33,0	210,1	5,87	2,76	1,73	4,01	8,8	864,2	24,1	11,3	16,3	19,9
5	20-09-2024	Dunne fractie na vijzelscheider	49,9	18,5	31,5	4,29	2,69	0,54	3,93	8,2	630,3	86,0	54,0	24,7	95,0
5	20-09-2024	Dikke fractie na trilzeef	102,1	25,1	77,0	3,73	1,46	0,97	4,85	8,5	754,0	36,6	14,2	21,7	57,2
5	20-09-2024	Dunne fractie na trilzeef	47,3	17,5	29,9	4,30	2,71	0,53	4,24	8,4	631,0	90,9	57,3	25,9	108,0
5	20-09-2024	Primair gescheiden feces	143,8	21,8	122,0	5,04	2,21	1,25	2,69	7,4	848,6	35,0	15,4	20,0	22,5
5	20-09-2024	Primair gescheiden urine	54,5	16,1	38,4	4,10	0,71	0,48	4,23	7,8	705,2	75,3	13,0	20,0	93,5
5	20-09-2024	Digestaat	64,5	17,3	47,2	4,49	2,72	0,65	4,16	8,3	731,4	69,6	42,2	23,1	77,6
5	20-09-2024	Ammoniumsulfaat	179,0	-	-	31,30	31,93	0,016	0,17	1,0	-	174,3	180,1	0,22	1,43
5	20-09-2024	Effluent	48,3	20,1	28,3	4,20	2,65	0,49	4,21	9,2	-	82,0	48,1	21,8	101,7
6	16-10-2024	Ammoniumsulfaat	170,6	-	-	29,74	30,72	0,016	0,20	1,5	-	174,3	180,1	0,22	1,43
6	16-10-2024	Effluent	48,8	21,1	27,8	4,00	2,35	0,46	4,12	9,1	-	82,0	48,1	21,8	101,7

¹Niet bemonsterd

Tabel B4.5 Analyse resultaten van primaire nutriënten van mestproducten van bedrijf M5, uitgedrukt in g/kg (mest)product en g/kg droge stof.

			g/kg (mest)product							g/kg droge stof					
Nr.	Datum	Mestproduct	DS	As	OS	N-totaal	N-amm.	P-totaal	K-totaal	pH	OS	N-totaal	N-amm.	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	30-05-2024	Feces van vloer	118,0	17,9	100,1	3,20	0,86	0,64	2,54	8,0	848,0	27,1	7,3	12,4	25,9
1	30-05-2024	Gier in kelder	29,0	11,1	17,9	2,18	1,52	0,23	3,11	7,5	616,4	75,4	52,6	18,4	129,4
1	30-05-2024	Dikke fractie na scheiding	316,3	26,3	290,0	3,12	0,37	0,49	2,23	8,1	916,8	9,9	1,2	3,5	8,5
1	30-05-2024	Dunne fractie na scheiding	67,3	15,5	51,8	3,34	0,88	0,72	2,62	7,1	769,7	49,6	13,0	24,7	46,9
2	16-07-2024	Gier in kelder	37,7	12,8	24,9	2,56	1,84	0,19	4,08	7,6	659,6	67,8	48,9	11,7	130,3
2	16-07-2024	Dikke fractie na scheiding	205,8	21,6	184,2	3,28	0,65	0,56	2,38	8,1	895,0	15,9	3,2	6,2	13,9
2	16-07-2024	Dunne fractie na scheiding	65,4	15,7	49,7	3,19	0,71	0,77	2,61	6,9	760,3	48,8	10,8	27,0	48,1
3	20-08-2024	Feces van vloer	99,4	14,9	84,4	3,34	0,83	0,62	2,29	7,1	849,6	33,6	8,4	14,3	27,8
3	20-08-2024	Gier in kelder	49,8	17,2	32,6	2,84	1,82	0,30	4,01	7,2	654,6	57,0	36,6	13,8	97,0
3	20-08-2024	Dikke fractie na scheiding	152,4	19,4	133,1	3,40	0,37	0,51	2,02	8,2	873,0	22,3	2,4	7,7	16,0
3	20-08-2024	Dunne fractie na scheiding	64,0	18,0	46,0	3,19	0,83	0,68	2,63	6,8	719,0	49,9	12,9	24,3	49,6
4	23-09-2024	Feces van vloer	96,6	18,1	78,6	3,50	0,90	0,66	2,77	6,8	812,8	36,2	9,3	15,6	34,6
4	23-09-2024	Gier in kelder	37,6	12,9	24,7	2,39	1,60	0,20	3,96	7,4	657,0	63,5	42,6	12,0	126,7
4	23-09-2024	Dikke fractie na scheiding	292,7	26,6	266,0	3,85	0,50	0,54	2,94	8,0	909,0	13,1	1,7	4,2	12,1
4	23-09-2024	Dunne fractie na scheiding	64,8	15,9	48,9	3,44	1,13	0,65	3,28	7,0	755,4	53,0	17,4	22,9	61,0
5	15-10-2024	Feces van vloer	113,3	18,1	95,2	3,83	0,77	0,65	2,27	7,0	840,5	33,8	6,8	13,2	24,1
5	15-10-2024	Gier in kelder	39,8	15,9	23,9	2,68	1,79	0,26	3,72	7,3	601,2	67,2	44,9	14,7	112,6
5	15-10-2024	Dikke fractie na scheiding	299,4	25,8	273,5	4,47	0,39	0,60	3,07	7,9	913,7	14,9	1,3	4,6	12,4
5	15-10-2024	Dunne fractie na scheiding	72,1	18,1	54,1	3,48	0,82	0,59	2,80	6,9	749,7	48,3	11,3	18,8	46,8

Bijlage 5 Analyse resultaten van secundaire nutriënten en micronutriënten

Tabel B5.1 Analyse resultaten van secundaire nutriënten: natrium (Na), calcium (Ca), magnesium (Mg) en micronutriënten: koper (Cu), zink (Zn), mangaan (Mn) en borium (B) van mestproducten van bedrijf M1, uitgedrukt in mg/kg (mest)product en mg/kg droge stof.

			mg/kg (mest)product						mg/kg droge stof							
Nr.	Datum	Mestproduct	Na	Ca	Mg	Cu	Zn	Mn	B	Na ₂ O	Ca	MgO	Cu	Zn	Mn	B
1	29-01-2024	Drijfmest melkkoeien	-	1891,8	947,8	7,6	22,2	21,9	3,5	-	18372,7	15265,8	74,1	215,2	212,9	34,4
1	29-01-2024	Drijfmest jongvee (1 – 8 maand)	-	1977,4	864,3	3,7	17,2	16,0	2,6	-	17576,5	12741,2	33,1	153,2	142,0	23,5
1	29-01-2024	Drijfmest jongvee (8 – 20 maand)	-	1322,0	520,5	2,3	9,0	11,4	2,1	-	18776,9	12259,4	33,2	128,5	162,6	29,2
1	29-01-2024	Spuiwater	631,5	-	-	0,1	7,2	-	-	4583,7	-	-	0,6	38,9	-	-
2	26-04-2024	Drijfmest melkkoeien	-	1840,1	689,3	3,7	13,1	15,4	2,3	-	18632,4	11575,1	37,3	132,3	155,7	23,0
2	26-04-2024	Drijfmest jongvee (1 – 8 maand)	-	2270,3	942,5	4,1	18,4	17,8	2,5	-	18808,4	12948,9	34,0	152,2	147,3	20,6
2	26-04-2024	Drijfmest jongvee (8 – 20 maand)	-	2160,2	738,4	3,0	13,5	16,0	2,4	-	18318,5	10384,3	25,2	114,5	135,4	20,7
2	26-04-2024	Spuiwater	729,2	-	-	219,2 ²	195,4 ²	-	-	5564,8	-	-	1241,4 ²	1106,7 ²	-	-
3	28-06-2024	Drijfmest melkkoeien	-	1673,8	587,6	3,2	12,1	14,6	2,4	-	18092,9	10534,0	34,7	130,9	157,7	25,6
3	28-06-2024	Drijfmest jongvee (1 – 8 maand)	-	2274,6	846,1	3,4	20,5	16,2	2,9	-	20847,5	12860,3	30,7	187,4	148,7	26,2
3	28-06-2024	Drijfmest jongvee (8 – 20 maand)	-	1625,7	493,6	1,8	10,1	9,3	1,9	-	18045,0	9086,8	20,2	111,9	103,4	20,8
3	28-06-2024	Spuiwater	698,8	-	-	0,3	6,6	-	-	5497,8			1,9	38,5		
4 ¹	21-08-2024	Drijfmest melkkoeien	-	2502,8	1010,7	4,2	16,6	22,2	2,8	-	23154,0	15506,6	39,3	153,2	205,1	25,6
4	21-08-2024	Drijfmest jongvee (1 – 8 maand)	-	2334,8	1074,5	3,6	20,7	30,0	4,2	-	18420,3	14058,1	28,1	163,0	236,7	32,8
4	21-08-2024	Drijfmest jongvee (8 – 20 maand)	-	1713,7	728,0	2,1	11,7	19,6	3,3	-	15015,8	10578,9	18,8	102,4	171,5	28,7
4	21-08-2024	Spuiwater	543,5	-	-	0,2	12,4	-	-	4843,5	-	-	1,2	81,9	-	-
5	24-10-2024	Drijfmest melkkoeien	-	1850,6	752,3	3,0	12,4	17,9	2,7	-	19515,1	13157,0	31,9	130,4	189,0	28,4
5	24-10-2024	Drijfmest jongvee (1 – 8 maand)	-	2107,3	953,4	3,8	21,2	32,4	3,3	-	21519,7	16145,5	38,6	216,8	330,4	33,7
5	24-10-2024	Drijfmest jongvee (8 – 20 maand)	-	2342,8	942,4	3,4	15,4	48,9	3,6	-	17933,5	11963,4	25,7	118,2	374,6	27,3
5	24-10-2024	Spuiwater	568,6	-	-	0,2	106,9 ²	-	-	3681,5	-	-	1,2	692,1 ²	-	-

¹ Dit monster is in de uiteindelijke analyse niet meegenomen.

² Deze waarden waren onrealistisch vergeleken met de andere analyseresultaten van het spuiwater en zijn daarom niet meegenomen.

Tabel B5.2 Analyse resultaten van secundaire nutriënten: natrium (Na), calcium (Ca), magnesium (Mg) en micronutriënten: koper (Cu), zink (Zn), mangaan (Mn) en borium (B) van mestproducten van bedrijf M2, uitgedrukt in mg/kg (mest)product en mg/kg droge stof.

			mg/kg (mest)product						mg/kg droge stof							
Nr.	Datum	Mestproduct	Na	Ca	Mg	Cu	Zn	Mn	B	Na ₂ O	Ca	MgO	Cu	Zn	Mn	B
1	06-02-2024	Ammoniumsulfaat	58,4	-	-	< 0,1	< 0,1	-	-	269,0	-	-	0,3	0,3	-	-
1	06-02-2024	Rundveedrijfmest	-	1819,2	1010,7	6,6	16,5	20,2	4,0	-	16688,1	15375,6	60,3	151,0	185,2	36,4
1	06-02-2024	Dikke fractie digestaat	-	8217,9	3757,0	13,2	46,6	82,5	17,4	-	22679,9	17195,2	36,6	128,6	227,6	48,1
1	06-02-2024	Effluent	-	1149,0	567,6	2,8	11,0	10,5	2,8	-	29583,6	24234,5	72,5	282,3	271,2	72,6
1	06-02-2024	Dunne fractie digestaat	-	1222,4	596,5	2,9	11,5	11,3	2,9	-	29573,0	23932,3	71,1	278,7	272,7	71,2
1	06-02-2024	Digestaat	-	1875,4	932,0	4,2	15,1	18,1	4,9	-	25583,1	21083,0	56,7	205,9	246,5	66,9
2	16-05-2024	Ammoniumsulfaat	106,0	-	-	< 0,1	< 0,1	-	-	486,7	-	-	0,3	0,3	-	-
2	16-05-2024	Rundveedrijfmest	-	1838,9	1073,5	3,8	17,5	23,2	4,5	-	15826,8	15321,6	32,9	150,5	199,6	38,9
2	16-05-2024	Dikke fractie digestaat	-	6065,6	3531,1	9,4	41,1	81,3	12,5	-	18406,5	17770,1	28,6	124,7	246,6	37,8
2	16-05-2024	Effluent	-	1004,5	621,9	2,0	10,3	10,6	2,3	-	27185,5	27910,9	53,5	279,5	287,5	62,4
2	16-05-2024	Dunne fractie digestaat	-	1125,6	681,0	2,2	11,5	11,8	2,4	-	26185,0	26273,7	50,4	267,2	275,6	55,6
2	16-05-2024	Digestaat	-	1714,4	1063,1	3,2	19,9	21,8	4,1	-	21140,4	21739,6	39,3	245,1	268,5	50,3
3	28-06-2024	Ammoniumsulfaat	93,6	-	-	< 0,1	< 0,1	-	-	424,1	-	-	0,3	0,3	-	-
3	28-06-2024	Rundveedrijfmest	-	1887,3	1178,9	6,2	21,7	24,0	4,5	-	16819,7	17423,3	55,2	193,1	214,2	40,4
3	28-06-2024	Dikke fractie digestaat	-	6238,8	3742,0	16,2	40,8	89,8	14,0	-	18651,3	18552,3	48,4	121,9	268,4	41,9
3	28-06-2024	Effluent	-	1124,1	622,6	4,1	12,7	11,6	2,6	-	26473,5	24315,9	95,6	300,0	273,0	62,1
3	28-06-2024	Dunne fractie digestaat	-	1180,8	675,4	4,3	13,4	12,3	2,7	-	26470,6	25110,3	96,5	300,9	275,9	60,5
3	28-06-2024	Digestaat	-	1769,3	1035,0	6,5	23,0	22,4	4,5	-	21870,8	21217,6	80,9	284,9	277,3	55,2
4	12-08-2024	Ammoniumsulfaat	86,1	-	-	< 0,1	< 0,1	-	-	380,3	-	-	0,3	0,3	-	-
4	12-08-2024	Rundveedrijfmest	-	1878,4	1133,6	6,6	18,1	24,5	4,2	-	17811,4	17826,5	62,5	171,5	232,7	39,6
4	12-08-2024	Dikke fractie digestaat	-	6985,4	4358,0	26,0	44,5	105,8	14,2	-	21067,5	21796,4	78,4	134,1	319,2	42,9
4	12-08-2024	Effluent	-	1374,2	751,8	7,1	16,0	13,4	3,3	-	28911,6	26231,2	148,9	337,0	280,9	69,4
4	12-08-2024	Dunne fractie digestaat	-	1411,8	756,9	7,1	16,2	13,5	3,3	-	29915,5	26600,3	150,9	343,3	287,1	70,1
4	12-08-2024	Digestaat	-	1810,3	1070,5	8,9	18,6	22,9	4,4	-	23137,2	22690,4	113,3	238,0	293,2	56,5
5	25-09-2024	Ammoniumsulfaat	78,3	-	-	< 0,1	< 0,1	-	-	376,7	-	-	0,4	0,4	-	-

5	25-09-2024	Rundveedrijfmest	-	1772,1	1095,7	5,7	18,2	25,5	4,4	-	15924,0	16328,7	51,2	163,3	228,9	39,1
5	25-09-2024	Dikke fractie digestaat	-	8182,1	5147,6	20,7	50,9	130,3	17,6	-	21890,2	22838,4	55,4	136,1	348,7	47,1
5	25-09-2024	Effluent	-	957,7	561,4	3,4	11,5	11,2	2,5	-	28342,4	27551,8	100,7	339,3	331,5	74,1
5¹	25-09-2024	Dunne fractie digestaat	-	228,3	116,9	0,7	2,4	2,1	0,5	-	29548,1	25089,2	91,9	305,7	274,0	68,9
5	25-09-2024	Digestaat	-	2205,0	1464,2	6,2	19,6	28,2	4,8	-	26311,2	28975,5	74,0	234,3	336,0	56,9

¹ Dit monster is in de uiteindelijke analyse niet meegenomen.

Tabel B5.3 Analyse resultaten van secundaire nutriënten: natrium (Na), calcium (Ca), magnesium (Mg) en micronutriënten: koper (Cu), zink (Zn), mangaan (Mn) en borium (B) van mestproducten van bedrijf M3, uitgedrukt in mg/kg (mest)product en mg/kg droge stof.

Bodem (2) van mestproducten van de afrijf-15, uitgedrukt in mg/kg (mest)product en mg/kg droge stof																
			mg/kg (mest)product						mg/kg droge stof							
Nr.	Datum	Mestproduct	Na	Ca	Mg	Cu	Zn	Mn	B	Na ₂ O	Ca	MgO	Cu	Zn	Mn	B
1	31-01-2024	Gefermenteerde feces	-	5857,0	1476,5	7,8	36,0	34,0	5,5	-	33838,3	14146,8	45,1	207,7	196,6	32,0
1	31-01-2024	Feces van vloer	-	3984,9	1789,0	7,4	34,2	31,7	3,6	-	25066,8	18662,8	46,7	215,2	199,4	22,4
1	31-01-2024	Gier	588,7	-	-	0,5	3,0	-	-	28492,6	-	-	18,0	106,1	-	-
1	31-01-2024	Gezeefde gier (5 mm)	589,0	-	-	0,5	3,0	-	-	28298,6	-	-	18,1	106,0	-	-
2	08-05-2024	Gefermenteerde feces	-	5369,2	1180,6	5,7	28,6	30,3	3,8	-	33497,2	12214,8	35,4	178,2	189,1	23,6
2	08-05-2024	Feces van vloer	-	1921,5	1097,7	5,8	29,9	24,6	2,9	-	13835,4	13108,1	41,6	215,0	177,4	20,6
2	08-05-2024	Gier	509,4	-	-	0,6	2,6	-	-	25903,7	-	-	22,1	97,6	-	-
2	08-05-2024	Gezeefde gier (5 mm)	513,9	-	-	0,6	2,6	-	-	25261,2	-	-	20,5	93,5	-	-
3	01-08-2024	Gefermenteerde feces	-	6558,4	1409,2	7,8	35,3	34,4	6,6	-	37401,9	13327,9	44,3	201,1	196,3	37,8
3	01-08-2024	Feces van vloer	-	1472,3	1158,9	5,4	26,4	26,5	2,6	-	11575,3	15109,9	42,4	207,6	208,6	20,3
3	01-08-2024	Gier	557,5	-	-	0,8	3,7	-	-	26268,2	-	-	29,0	129,4	-	-
3	01-08-2024	Gezeefde gier (5 mm)	557,9	-	-	0,8	3,8	-	-	26602,4	-	-	29,6	133,8	-	-
4	20-09-2024	Gefermenteerde feces	-	1565,8	1079,4	5,6	27,3	25,0	3,3	-	11685,0	13358,0	41,6	204,1	186,9	24,7
4	20-09-2024	Feces van vloer	-	2908,2	1921,7	6,1	34,2	27,8	4,8	-	18457,0	20225,7	38,8	216,9	176,3	30,5
4	20-09-2024	Gier	542,7	-	-	0,6	3,3	-	-	27765,3	-	-	24,5	124,8	-	-
4	20-09-2024	Gezeefde gier (5 mm)	547,4	-	-	0,7	3,3	-	-	28577,0	-	-	26,0	129,2	-	-

Tabel B5.4 Analyse resultaten van secundaire nutriënten: natrium (Na), calcium (Ca), magnesium (Mg) en micronutriënten: koper (Cu), zink (Zn), mangaan (Mn) en borium (B) van mestproducten van bedrijf M4, uitgedrukt in mg/kg (mest)product en mg/kg droge stof.

			mg/kg (mest)product					mg/kg droge stof								
Nr.	Datum	Mestproduct	Na	Ca	Mg	Cu	Zn	Mn	B	Na ₂ O	Ca	MgO	Cu	Zn	Mn	B
1	26-02-2024	Dikke fractie na vijzelscheider	-	5986,6	3233,1	10,1	51,1	91,4	7,0	-	19641,3	17591,3	33,3	167,7	299,8	23,1
1	26-02-2024	Dunne fractie na vijzelscheider	-	1741,3	1168,5	7,5	21,7	21,7	2,4	-	35306,4	39290,4	152,1	439,3	439,3	48,5
1	26-02-2024	Dikke fractie na trilzeef	-	3648,9	1861,2	6,4	27,7	52,4	3,4	-	39037,3	33020,6	68,1	296,3	560,9	36,5
1	26-02-2024	Dunne fractie na trilzeef	-	1589,6	1108,4	5,3	18,9	18,9	2,2	-	34480,3	39869,5	114,7	410,9	410,9	48,5
1	26-02-2024	Primair gescheiden feces	-	2519,1	1407,2	5,6	31,0	41,0	2,7	-	18645,8	17273,4	41,6	229,3	303,8	19,7
1	26-02-2024	Primair gescheiden gier	744,5	-	-	4,9	18,6	-	-	20878,2	-	-	101,6	387,6	-	-
1	26-02-2024	Digestaat	-	5132,0	2930,5	6,9	25,6	53,2	3,8	-	52101,9	49339,9	70,3	260,2	539,9	38,7
2	03-05-2024	Dikke fractie na vijzelscheider	-	5662,6	3038,6	9,5	48,7	115,8	6,2	-	17255,7	15355,7	28,8	148,3	353,0	19,0
2	03-05-2024	Dunne fractie na vijzelscheider	-	1537,1	1032,4	4,7	20,5	22,8	2,9	-	29207,4	32534,5	89,6	390,4	434,1	55,4
2	03-05-2024	Dikke fractie na trilzeef	-	2839,0	1498,5	8,9	27,6	55,7	3,0	-	32541,4	28484,7	102,1	316,5	638,3	34,3
2	03-05-2024	Dunne fractie na trilzeef	-	1251,1	872,4	7,6	19,1	17,4	2,4	-	29061,0	33605,9	175,8	443,1	403,7	56,7
2	03-05-2024	Primair gescheiden feces	-	2426,6	1449,4	5,5	31,5	43,0	2,1	-	16126,8	15974,3	36,4	209,1	285,9	14,0
2	03-05-2024	Primair gescheiden urine	776,9	-	-	4,2	17,1	-	-	19286,4	-	-	78,1	314,9	-	-
2	03-05-2024	Digestaat	-	1910,1	1233,8	5,0	22,1	31,0	2,2	-	27413,1	29365,3	71,9	317,7	444,6	31,7
3	28-06-2024	Dikke fractie na vijzelscheider	-	7208,2	3602,2	7,8	43,0	113,1	7,0	-	23052,2	19104,5	25,0	137,6	361,8	22,4
3	28-06-2024	Dunne fractie na vijzelscheider	-	1428,3	975,5	4,7	19,2	20,4	3,0	-	27617,5	31282,1	90,8	371,6	393,6	58,3
3	28-06-2024	Primair gescheiden feces	-	2779,5	1640,6	6,2	36,3	42,0	3,3	-	19828,6	19409,4	44,1	258,8	299,4	23,4
3	28-06-2024	Primair gescheiden urine	1148,3	-	-	2,6	14,1	-	-	28940,1	-	-	49,3	263,2	-	-
3	28-06-2024	Digestaat	-	1984,0	1226,1	14,0	32,3	26,8	3,5	-	27873,7	28566,2	196,6	453,3	376,4	49,5
4	12-08-2024	Dikke fractie na vijzelscheider	-	5534,6	2728,7	10,7	46,9	103,3	6,9	-	16987,3	13888,9	32,9	144,0	317,1	21,1
4	12-08-2024	Dunne fractie na vijzelscheider	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	12-08-2024	Dikke fractie na trilzeef	-	1979,0	1161,8	4,6	20,8	36,9	4,0	-	21324,8	20761,4	49,1	224,0	397,6	43,5
4	12-08-2024	Dunne fractie na trilzeef	-	1148,0	812,0	3,7	15,3	15,4	2,4	-	22191,7	26032,6	72,1	295,0	298,4	45,6
4	12-08-2024	Primair gescheiden feces	-	2639,1	1267,7	4,7	25,3	37,4	3,0	-	17418,1	13875,4	31,1	167,1	247,1	19,9
4	12-08-2024	Primair gescheiden urine	936,7	-	-	3,3	12,3	-	-	27230,9	-	-	70,4	265,1	-	-

4	12-08-2024	Digestaat	-	968,6	693,5	3,0	13,1	13,5	2,2	-	24879,1	29539,5	77,5	337,1	347,0	56,0
4	12-08-2024	Ammoniumsulfaat	-	64,8	24,8	< 0,1	0,4	0,4	0,4	-	282,9	179,5	0,4	1,9	1,7	1,7
4	12-08-2024	Effluent	-	1112,5	813,8	3,8	15,2	15,6	2,5	-	23132,4	28061,9	78,9	316,1	323,8	51,2
5	20-09-2024	Dikke fractie na vijzelscheider	-	4357,9	2295,5	8,0	37,1	72,0	6,4	-	17925,4	15659,0	32,8	152,5	296,1	26,2
5	20-09-2024	Dunne fractie na vijzelscheider	-	1631,4	876,2	4,8	17,7	18,1	3,0	-	32692,5	29116,8	95,3	353,8	363,4	60,1
5	20-09-2024	Dikke fractie na trilzeef	-	2854,6	1545,9	6,1	28,4	45,4	4,8	-	27956,4	25106,9	59,9	278,3	444,1	46,9
5	20-09-2024	Dunne fractie na trilzeef	-	1509,0	883,5	4,3	17,6	17,6	3,1	-	31891,8	30964,0	91,0	371,4	373,0	65,0
5	20-09-2024	Primair gescheiden feces	-	3461,7	1496,6	6,6	35,3	37,1	4,2	-	24067,8	17256,3	46,0	245,1	258,1	29,5
5	20-09-2024	Primair gescheiden urine	799,4	-	-	4,5	15,2	-	-	19763,1	-	-	83,3	279,6	-	-
5	20-09-2024	Digestaat	-	1585,2	1001,2	8,5	23,7	22,5	3,1	-	24561,2	25724,9	131,1	367,5	349,3	48,1
5	20-09-2024	Ammoniumsulfaat	-	84,4	40,4	0,1	0,9	0,7	0,2	-	471,8	374,0	0,4	5,0	3,8	1,1
5	20-09-2024	Effluent	-	1172,1	786,4	3,8	16,5	15,2	2,6	-	24257,3	26988,1	78,5	341,2	314,7	53,4
6	16-10-2024	Ammoniumsulfaat	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	16-10-2024	Effluent	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

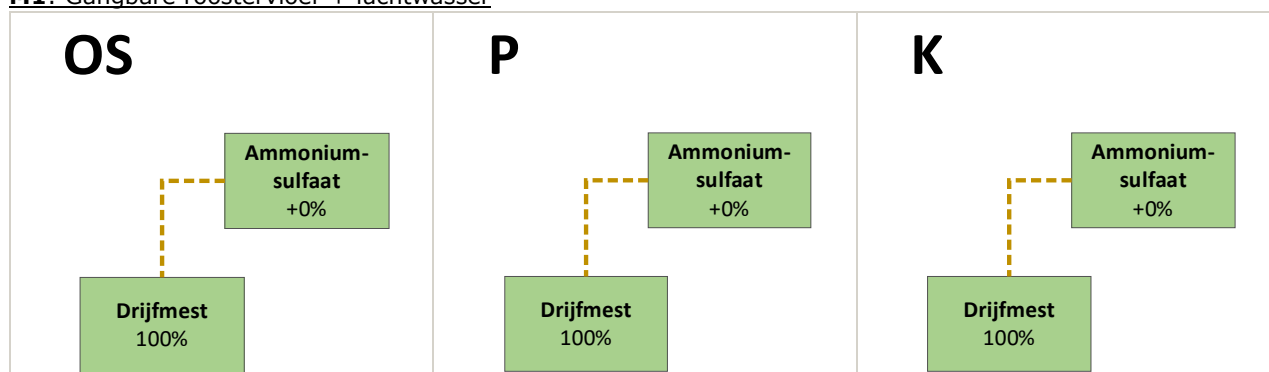
Tabel B5.5 Analyse resultaten van secundaire nutriënten: natrium (Na), calcium (Ca), magnesium (Mg) en micronutriënten: koper (Cu), zink (Zn), mangaan (Mn) en borium (B) van mestproducten van bedrijf M5, uitgedrukt in mg/kg (mest)product en mg/kg droge stof.

Nr.	Datum	Mestproduct	mg/kg (mest)product							mg/kg droge stof						
			Na	Ca	Mg	Cu	Zn	Mn	B	Na ₂ O	Ca	MgO	Cu	Zn	Mn	B
1	30-05-2024	Feces van vloer	-	1451,1	686,9	4,3	24,0	24,3	0,5	-	12295,7	9653,1	36,4	203,1	206,2	4,4
1	30-05-2024	Gier in kelder	981,6	-	-	1,3	5,6	-	-	45677,8	-	-	46,1	194,9	-	-
1	30-05-2024	Dikke fractie na scheiding	-	1536,7	719,6	4,3	27,2	20,5	3,4	-	4858,6	3773,1	13,6	86,0	64,9	10,7
1	30-05-2024	Dunne fractie na scheiding	-	1571,2	776,7	4,7	24,4	28,3	2,0	-	23363,5	19153,8	70,4	362,7	420,7	29,4
2	16-07-2024	Gier in kelder	1050,4	-	-	1,2	5,7	-	-	37532,2	-	-	31,2	150,8	-	-
2	16-07-2024	Dikke fractie na scheiding	-	1460,6	715,8	3,9	24,1	22,8	3,2	-	7096,2	5767,3	19,1	117,0	110,8	15,4
2	16-07-2024	Dunne fractie na scheiding	-	1417,4	794,8	4,2	21,5	26,5	1,9	-	21677,3	20158,9	63,9	328,4	405,1	29,8
3	20-08-2024	Feces van vloer	-	1396,1	700,9	4,4	19,5	24,5	2,2	-	14051,8	11698,5	44,0	195,8	246,3	21,8
3	20-08-2024	Gier in kelder	998,3	-	-	2,2	10,2	-	-	27029,4	-	-	44,3	205,3		
3	20-08-2024	Dikke fractie na scheiding	-	1619,2	799,4	5,2	24,0	28,1	3,5	-	10623,3	8697,8	33,9	157,6	184,5	23,2
3	20-08-2024	Dunne fractie na scheiding	-	1448,7	710,8	4,3	19,3	26,6	2,0	-	22633,6	18415,9	67,2	302,2	416,1	31,3
4	23-09-2024	Feces van vloer	-	1283,8	672,7	3,7	18,6	25,3	2,3	-	13284,1	11542,5	38,2	192,2	261,6	23,5
4	23-09-2024	Gier in kelder	1056,0	-	-	1,6	7,3	-	-	37816,4	-	-	42,7	193,9	-	-
4	23-09-2024	Dikke fractie na scheiding	-	1670,1	796,3	4,4	21,9	27,8	4,4	-	5706,4	4511,9	15,0	74,9	95,0	14,9
4	23-09-2024	Dunne fractie na scheiding	-	1194,0	662,1	3,3	14,3	25,1	1,8	-	18426,4	16944,3	51,1	220,9	387,2	28,2
5	15-10-2024	Feces van vloer	-	1615,9	828,7	5,0	22,8	32,5	2,3	-	14265,7	12132,4	44,2	201,2	286,8	19,9
5	15-10-2024	Gier in kelder	1071,3	-	-	1,7	7,7	-	-	36275,2	-	-	42,4	193,9	-	-
5	15-10-2024	Dikke fractie na scheiding	-	1750,8	802,6	4,5	22,7	27,5	4,9	-	5848,6	4446,1	15,1	75,8	91,7	16,4
5	15-10-2024	Dunne fractie na scheiding	-	1473,6	797,2	4,4	18,6	29,4	2,1	-	20430,8	18330,4	60,4	257,2	407,4	28,6

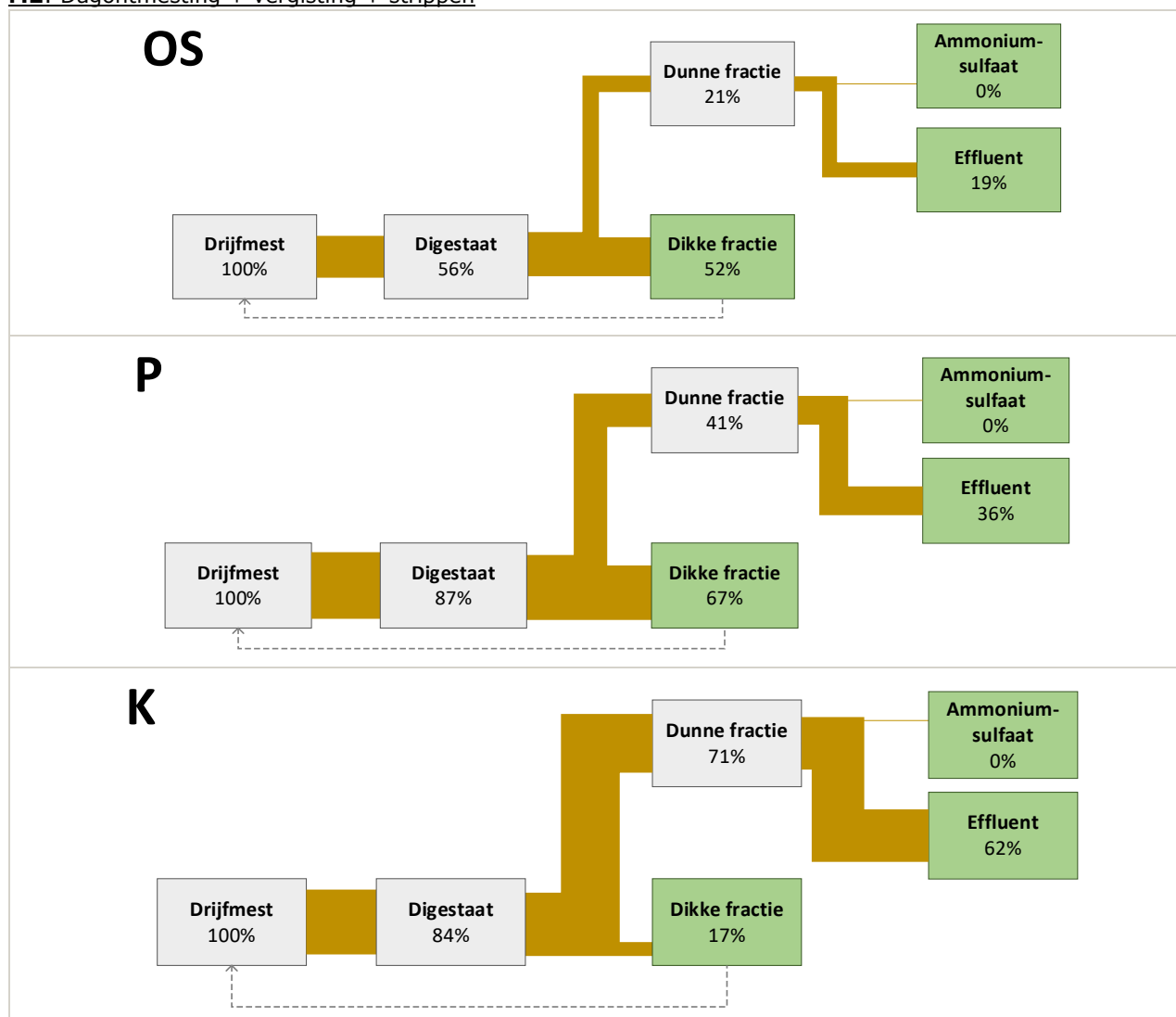
Bijlage 6 Nutriëntstromen OS, P, K

Deze flowdiagrammen laten de nutriëntstromen van organische stof (OS), fosfor (P) en kalium (K) zien voor de verschillende bedrijven. De weergegeven percentages geven per processtap de verdeling van het betreffende nutriënt weer ten opzichte van de voorgaande stroom. Dit maakt inzichtelijk hoe nutriënten zich door de verschillende verwerkingsstappen verdelen en in welke eindproducten zij terecht komen.

M1: Gangbare roostervloer + luchtwasser

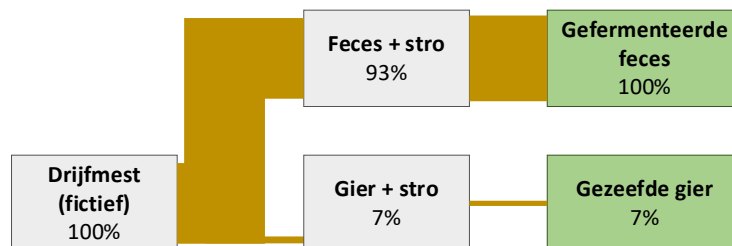


M2: Dagontmesting + vergisting + strippen

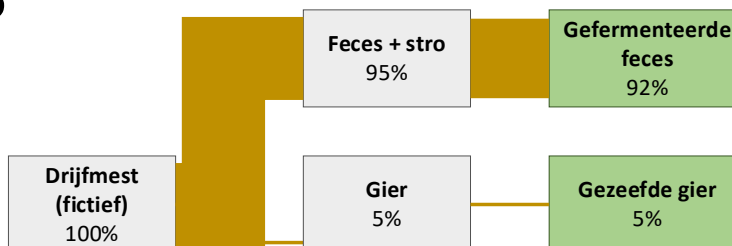


M3: Primaire scheiding + fermentatie

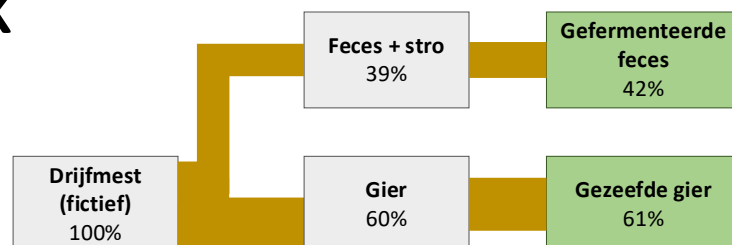
OS



P

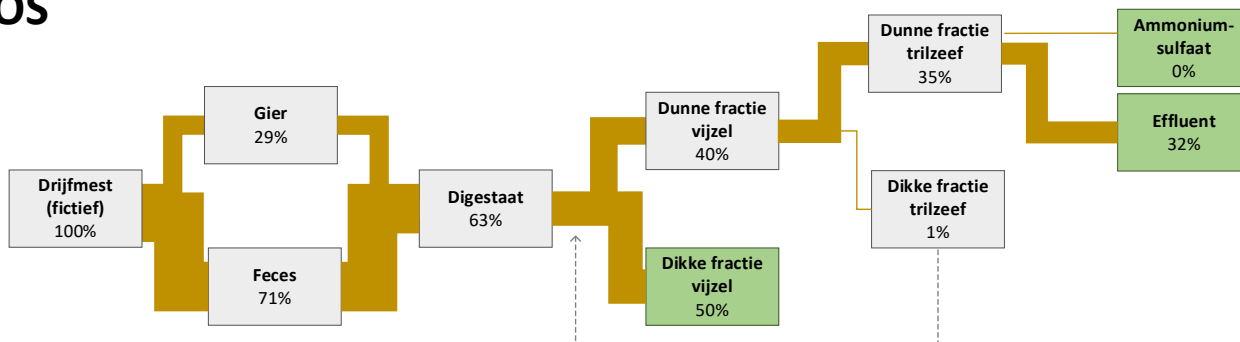


K

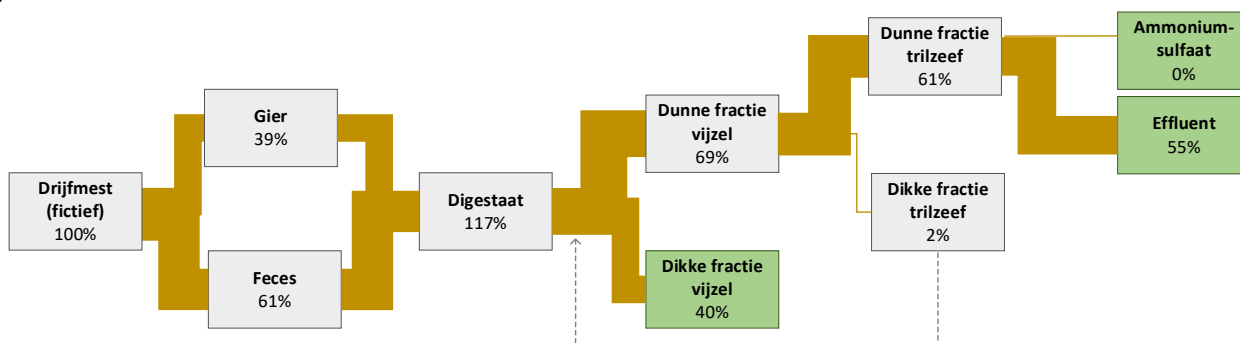


M4: Primaire scheiding + vergisten + strippen

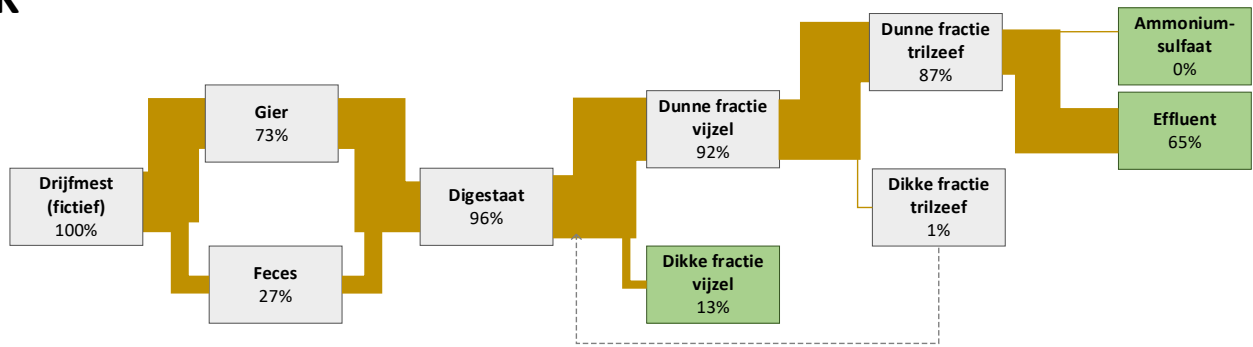
OS



P

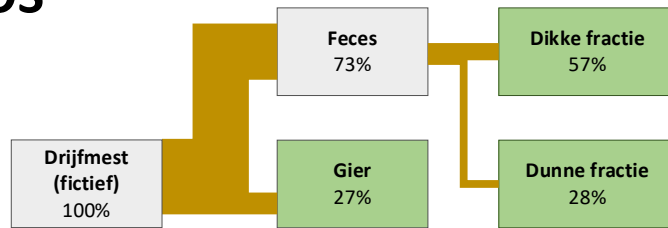


K

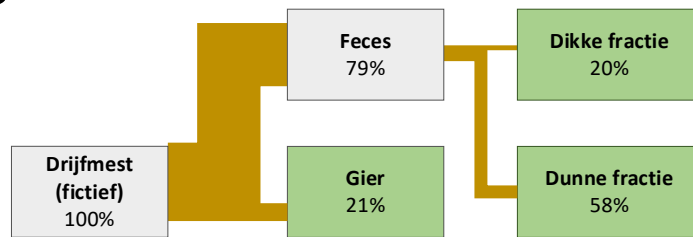


M5: Primaire scheiding + mechanische scheiding

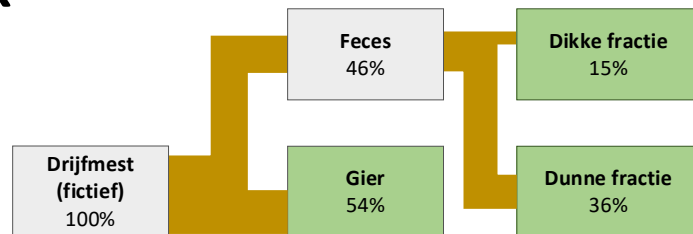
OS



P



K



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



Wageningen Livestock Research
Postbus 338
6700 AH Wageningen
T 0317 48 39 53
E info.livestockresearch@wur.nl
www.wur.nl/livestock-research

Wageningen Livestock Research ontwikkelt kennis voor een zorgvuldige en renderende veehouderij, vertaalt deze naar praktijkgerichte oplossingen en innovaties, en zorgt voor doorstroming van deze kennis. Onze wetenschappelijke kennis op het gebied van veehouderijsystemen en van voeding, genetica, welzijn en milieu-impact van landbouwhuisdieren integreren we, samen met onze klanten, tot veehouderijconcepten voor de 21e eeuw.

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.500 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

