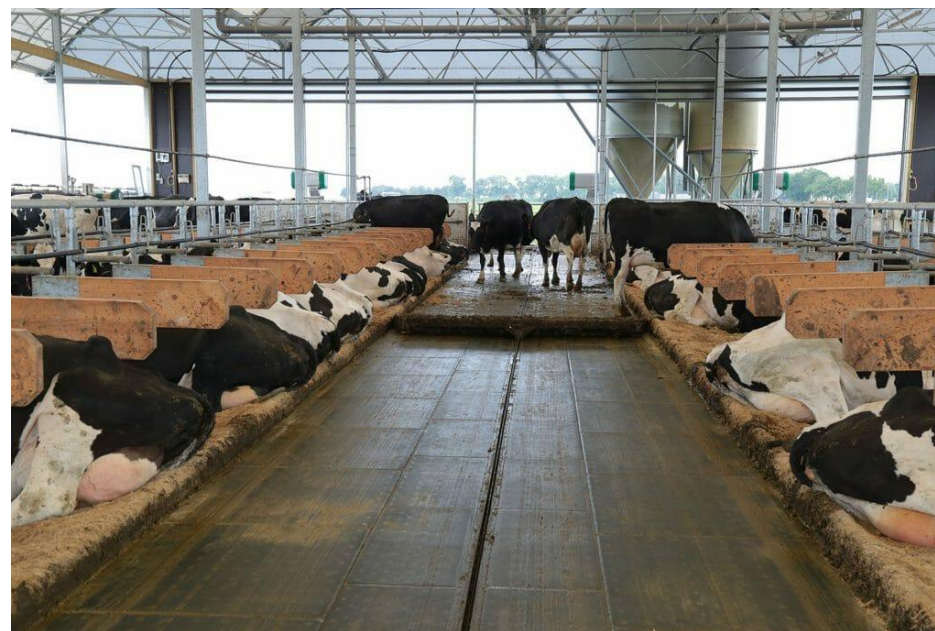


Met dank aan:

Sjaak Hoogendoorn
Inge Rotteveel
Jihane EL Mahdi
Willemien Geertsema
Annemieke Hol
Anton de Wit
Youri Egas
Paul Galama
De deelnemende agrariërs; dhr. W.
Melissen, S. Nauta, F. van Boxtel, F.
Van Leeuwen, B. Combee, J. Van
der Kooij, S. Sprangers
Anne de Boer

Eindrapport GLB-pilot Gescheiden met Waarde



De waarde van gescheiden mestfracties voor
grasproductie, bodem, biodiversiteit en emissies,
en de betekenis voor de praktijk

Debby van Rotterdam, Joachim Deru, Jacco de Stigter, Harmke van
der Weijde, Martijn Plomp, Jasper Beek

Inhoudsopgave

1. Samenvatting
2. Aanleiding en doel
3. Aanpak
4. Resultaten
 - a. Vergelijking mest van vijf bedrijven
 - b. Emissies met toevoegingen aan de mest
 - c. Veldproef: bodem, biodiversiteit, grasproductie
 - d. Meerwaardebereik
 - e. Praktijkervaringen
 - f. Bijeenkomsten, breder perspectief
5. Visie en aanbevelingen
6. Meer informatie
7. Bijlagen



1. Samenvatting

In de GLB-pilot 'Gescheiden met Waarde' is onderzocht of en hoe de urine en feces fracties van 'mestscheiding aan de bron' zowel bij opslag als na toediening in het veld meerwaarde opleveren aan verschillende ecosysteemdiensten zoals emissies, opbrengst, nutriëntenbenutting, bodem- en waterkwaliteit en biodiversiteit. Daarbij is ook de meerwaarde van verschillende toevoegmiddelen en verwerkingsmethoden inclusief de uitvoerbaarheid in de agrarische praktijk onderzocht.

Mest scheiden aan de bron met een vloersysteem met een hoog scheidingsrendement en waarbij de urinefractie onder de vloer wordt opgevangen en de feces fractie apart wordt opgevangen leidt tot:

- Een relatief 'schone' urinefractie met slechts een klein percentage vaste delen/ organische stof. De urinefractie heeft een hoog gehalte ammoniakaal-stikstof (TAN). Dit stikstof heeft een hoge werkzaamheid voor het gewas bij toedienen in tegenstelling tot organisch gebonden N dat eerst moet worden afgebroken voordat het kan worden opgenomen. De emissie van ammoniak is echter ook hoog en direct gerelateerd aan de concentratie ammoniakaal N (TAN) en de pH. De potentiële ammoniakemissie van de dunne fractie is dus zowel in de put als bij toedienen hoog. In de stal kunnen maatregelen worden genomen. Een bestaande maatregel is werken met overdruk en de lucht boven de put afvoeren en de ammoniak afvangen. Om ammoniakemissies te beperken zou het aanzuren van de urinefractie in de put tot een pH lager dan 5,5 het meest effectief zijn.
- Een feces fractie die niet veel dikker is dan drijfmest. Door het hoge scheidingsrendement van de vloeren is de feces fractie nog relatief dun. Dit leidt tot praktische uitdagingen met opslag en toedienen. Om de feces fractie stapelbaar (werkbaar) te maken kan deze worden gemengd met stro of maaisel. In de praktijk wordt met behulp van sensoren een hoeveelheid stro toegevoegd tot de mest een stapelbare dikte heeft. Deze dikke fractie kan aeroob of anaeroob worden opgeslagen. De aparte opslag moet vloeistofdicht en afgedekt zijn omdat met regen deze dikke fractie weer gemakkelijk scheidt. Een andere oplossing om de feces fractie stapelbaar te maken is door deze nog eens mechanisch te scheiden. Hoe beter de scheiding hoe meer controle op benutting van nutriënten en organische stof en op het beperken van potentiële emissies van ammoniak en broeikasgassen.

1. Samenvatting

Grasproductie

- Het hebben van twee gescheiden fracties (dikke mest en urine) met elk een verschillende bemestende waarde geeft de veehouder mogelijkheid om de verdeling van mineralen (waaronder N en P) over percelen te optimaliseren (meer mest naar percelen met een lage fosfaattoestand) en het tijdstip van het toedienen van de dunne fractie af te stemmen op de grasgroei gedurende het groeiseizoen.
- De urinefractie heeft een hoog gehalte ammoniakaal-stikstof (TAN) met een hoge werkzaamheid voor het gewas bij toedienen in tegenstelling tot organisch gebonden N dat eerst moet worden afgebroken.
- De dikke fractie opwaarderen met organische stofrijk materiaal zoals stro of maaisel geeft opbrengsten en N-benutting die vergelijkbaar zijn met drijfmest en (deels) hoger dan onbehandelde dikke fractie.
- In de praktijk kunnen in vergelijking tot drijfmest opbrengsten en N-benutting naar verwachting hoger liggen door toepassing van dikke fractie en gerichte toepassing urinefractie, zeker als de urinefractie een pH van 5,5 heeft.

Mestwaarde en emissies

- Scheiding geeft in potentie een optimale benutting van nutriënten en organische stof, maar vergroot ook het risico op hogere ammoniakemissies als de urinefractie onbehandeld blijft. Dit dilemma wordt groter naarmate de scheiding beter is.
- Mest scheiden leidt tot lagere broeikasgasemissies dan drijfmest, ook als de feces fractie stapelbaar wordt gemaakt door het toevoegen van stro of maaisel en verwerken als compost/ bokashi.
- Hoe beter de scheiding hoe kosten-effectiever de oplossing omdat minder verzurende waarde nodig is om de pH blijvend te verlagen tot pH 5,5 door toedienen van zuur of een makkelijk afbreekbaar organisch stof.

Biodiversiteit

Opgewaardeerde dikke fractie waaraan extra organische stof is toegevoegd en verwerkt als compost of gefermenteerd is positief voor regenwormen (niet significant in deze proef, wel in de literatuur). Dierlijke mest is indirect positief voor het bodemleven door een gemeten toename van de bodem pH. De natuurlijke variatie in het perceel was voor insecten groter dan de verschillen tussen de behandelingen. De dikke onbehandelde fractie had een klein positief effect op insecten.

Water

In een veenweideperceel met hoog slootpeil heeft bemesting geen effect op indringingsweerstand van de bodem en bodemstructuur.

Klimaat

Scheiden van mest geeft in totaal lagere directe broeikasgasemissies dan drijfmest (incubatieproef). Het voordeel is iets kleiner met toevoegen van organische stofrijke producten als stro en maaisel aan de dikke fractie, maar emissies blijven lager dan van drijfmest. Door een verhoging van de bodem pH met alle dierlijke mest producten is ook de afbraaksnelheid van organische stof in de bodem (vooral van belang bij veengronden) vergelijkbaar tussen drijfmest en gescheiden mest. Ongunstige uitzondering wat betreft veenafbraak is het toevoegen kalk bij bokashi, dan neemt de potentiële afbraaksnelheid wat toe door een hogere bodem-pH.

Praktijk

Een stalvloer die mest en urine bij de bron scheidt heeft effect op de gehele bedrijfsvoering, van diergezondheid, stikstofbenutting tot bodemleven. Met zo'n vloer heeft een melkveehouder de mogelijkheid de mineralen efficiënter in te zetten en emissies van broeikasgassen en in potentie ook van ammoniak te beperken. Na scheiding zijn in de praktijk voor zowel de urine- als de feces fractie extra werkstappen nodig die allemaal (minimaal) om een eenmalige investering en om terugkerende arbeids-, materiaal- en onderhoudskosten vragen.

Dit onderzoek laat zien dat mestscheiding aan de bron grote kansen biedt én praktische uitdagingen kent. Werken aan (de vele) opgaves voor de melkveehouderij in het veenweidegebied vraagt om langjarige samenwerking tussen pionierende boeren die uitblinken in vakmanschap en doorzettingsvermogen, betrokken beleidsmedewerkers, adviseurs met kennis van zaken en gepassioneerde onderzoekers.

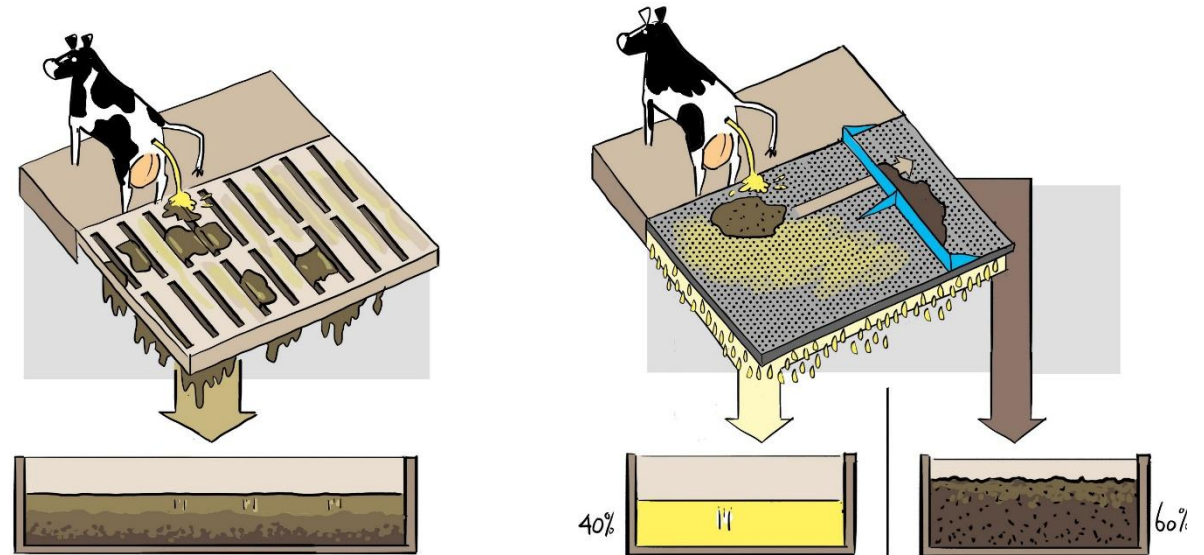
2. Aanleiding

Naast grasproductie en het remmen van de bodemdaling, zijn ook andere ecosysteemdiensten zoals biodiversiteit, waterkwaliteit en klimaatadaptatie belangrijke opgaven voor de landbouwpraktijk in veenweidegebieden. Landelijk bestaat ook de doelstelling om ammoniak en methaanemissies uit de melkveesector stevig terug te brengen. Het verminderen van nutriëntenverliezen door het optimaliseren van de benutting van meststoffen is een onderdeel van de oplossing. Onderzoek toont aan dat er ook kansen zijn om de ammoniakemissie in rundveestallen te beperken en tegelijk te werken aan dierenwelzijn en benutting van meststoffen. Gebruik van meststoffen rijk aan organische stof, wordt ook gezien als een praktische maatregel om aan meerdere ecosysteemdiensten bij te dragen in agrarisch beheerde graslanden. In een zoektocht naar alternatieve koolstofrijke meststoffen, bleek de dikke fractie die wordt verkregen door drijfmestscheiding een interessante optie te zijn.

Met een vloer die mest en urine bij de bron scheidt heeft een melkveehouder de mogelijkheid de snel werkende stikstof fractie in de urine en de langzamer vrijkomende mineralen uit de organische stofrijke feces fractie efficiënt in te zetten voor een optimale grasproductie. Maar wat zijn verdere effecten van deze scheidingsproducten op emissies, biodiversiteit water- en bodemkwaliteit? Wat is de potentie van toevoegmiddelen om de mestfracties op te waarderen? Is deze maatregel uitvoerbaar in de praktijk? Deze vragen zijn in de GLB-pilot 'Gescheiden met Waarde' geadresseerd.

2. Doel

Het doel van de GLB-pilot Gescheiden met Waarde was om de potentie en bijdrage van 'mestscheiding aan de bron' aan verschillende ecosysteemdiensten bij opslag en in het veld te onderzoeken, en een beeld te krijgen van de uitvoerbaarheid in de melkveehouderijpraktijk.



Standaard vloer: drijfmest

Scheidingsvloer: urine en mest apart opgeslagen

Afbakening project is de veldtoepassing in veenweidegebied en scheiding aan de bron op een vloer zoals hierboven gevisualiseerd.

3. Aanpak

In een integrale aanpak zijn gedurende de pilot verschillende aspecten onderzocht over mestscheiding aan de bron:

- **Variatie in samenstelling en emissies van fracties uit verschillende stallen.**
Mest- en urine-fracties van vijf bedrijven met een scheidingsvloer (14 monsters) zijn geanalyseerd op samenstelling. Broeikasgas- en ammoniakemissies van mest- en urine-fracties zijn gemeten in een 5-weekse incubatieproef, gericht op emissies bij opslag. Metingen zijn uitgevoerd in een kolomproef met twee herhalingen en gemeten met een Lumiscence gasanalyser.
- **Broeikasgas- en ammoniakemissies mest- en urine-fracties van één bedrijf.**
Emissies zijn gemeten in een 5-weekse incubatieproef. De 12 behandelingen waren onderverdeeld in referenties (onbehandeld en drijfmest), aanzuren (zwavelzuur en melasse), remming/binding (klei, MgCl_2 en zout) en composteren/fermenteren (toevoegen stro en bokashi-mineralen).
- **Het effect van opwaarderen van dikke mestfracties op verschillende ecosysteemdiensten** is gemeten in een 2-jarige veldproef. Metingen aan gewas, bodem en biodiversiteit zijn uitgevoerd. De 10 behandelingen bestonden uit 3 referenties, 4 composteren/fermenteren en 3 binden/remmen. De proef is in zes herhalingen uitgevoerd op grasland op KTC Zegveld.
- **Praktijkervaringen** zijn gedeeld en besproken tijdens meerdere bedrijfsbezoeken en bijeenkomsten waarin uitwisseling van ervaringen tussen ondernemers met een scheidingsvloer centraal stond. Onderdeel van de praktijkervaring was dat verschillende deelnemers kleinschalige proeven hebben uitgevoerd op eigen percelen.



4a. Variatie tussen bedrijven

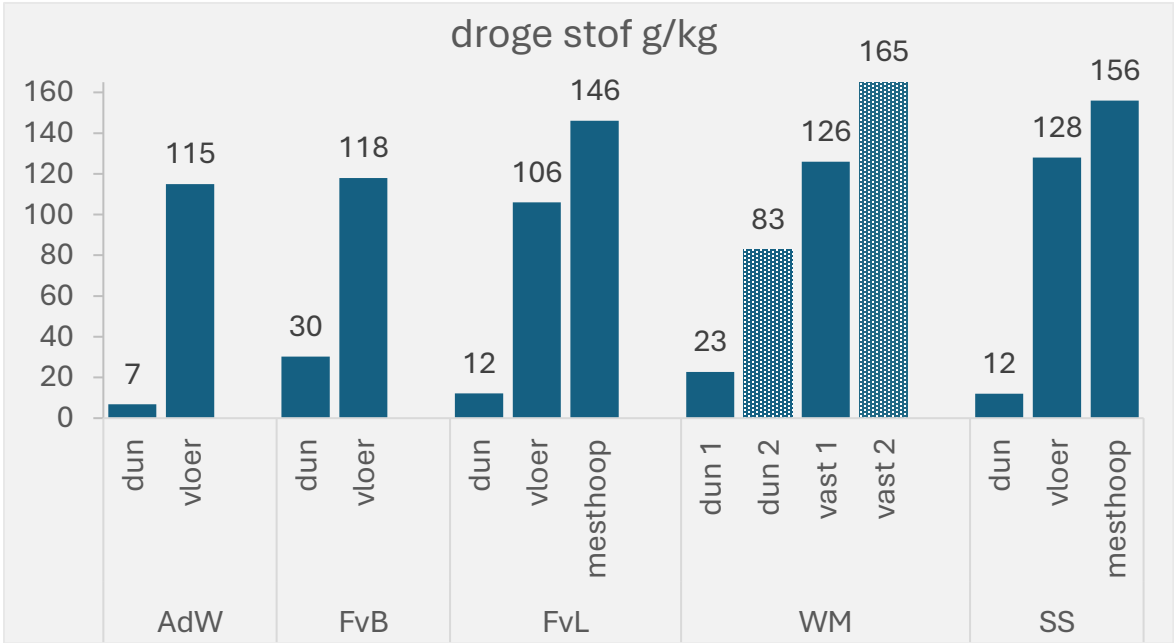
Aanpak

Van 5 bedrijven met scheidingsvloeren zijn monsters genomen van de dunne fractie (urine), feces fractie op de vloer (verse mest) en dikke fractie van de mesthoop, en bij één bedrijf waar de dikke fractie een 2^e keer wordt gescheiden (met een mechanische mestscheider) zijn de twee fracties van deze 2^e scheiding bemonsterd. In totaal zijn 14 fracties onderzocht voor chemische analyse en emissiemetingen. Van de 14 monsters zijn van 12 monsters in 3 herhalingen en 5 weken lang broeikasgas- en ammoniakemissies gemeten in een incubatieproef in het lab.

Bedrijf	Type vloer	Monsters	Bedrijfsvoering
AdW	Rubber, gaten	Dun; vloer (dik vers)	Bio
FvB	Beton, goot	Dun; vloer (dik vers)	Gangbaar
FvL	Zeraflex	Dun; vloer (dik vers); mesthoop	Bio
WM	Zeraflex + mechanische scheiding dikke fractie	Dun; vloer (dik vers) Dun 2 ^e scheiding; dik 2 ^e scheiding	Gangbaar
SS	Beton, gaten	Dun; vloer (dik vers); mesthoop	Bio

Scheiding

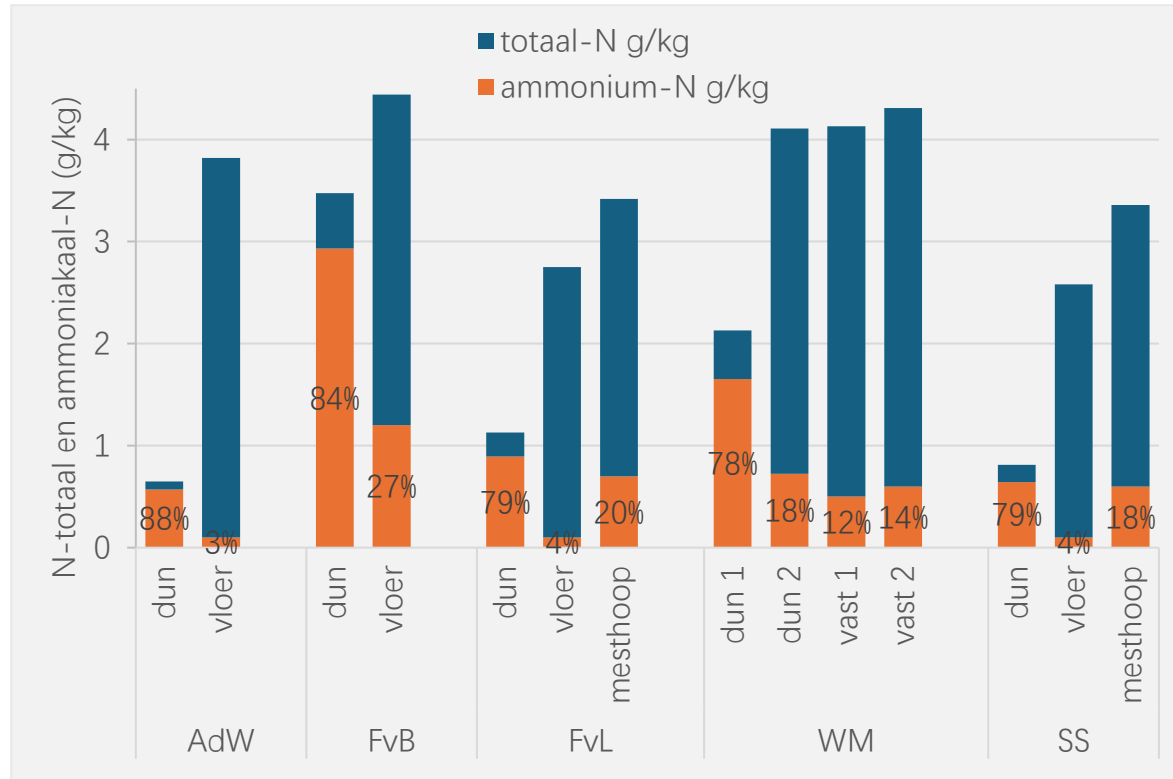
De onderzochte vloeren geven een goede scheiding; drogestof, ruw as en organische stof komen grotendeels in de dikke fractie. De drogestofgehaltes van de urinefracties zijn laag ten opzicht van de dikke fractie en variëren tussen bedrijven (7 en 30 g/kg), Toevoegen stro (FvL) of extra scheiding (WM) zorgen voor een toename van de drogestofgehalte van de dikke fractie. De dikke fractie wordt in landbouwtermen ‘stapelbaar’ en daarmee werkbaar. De dunne fractie die afkomstig is van de 2^e scheiding is duidelijk anders dan de urine fractie omdat deze een relatief hoog drogestofgehalte heeft. Zie Bijlage A voor volledige mestanalyses.



4a. Variatie tussen bedrijven

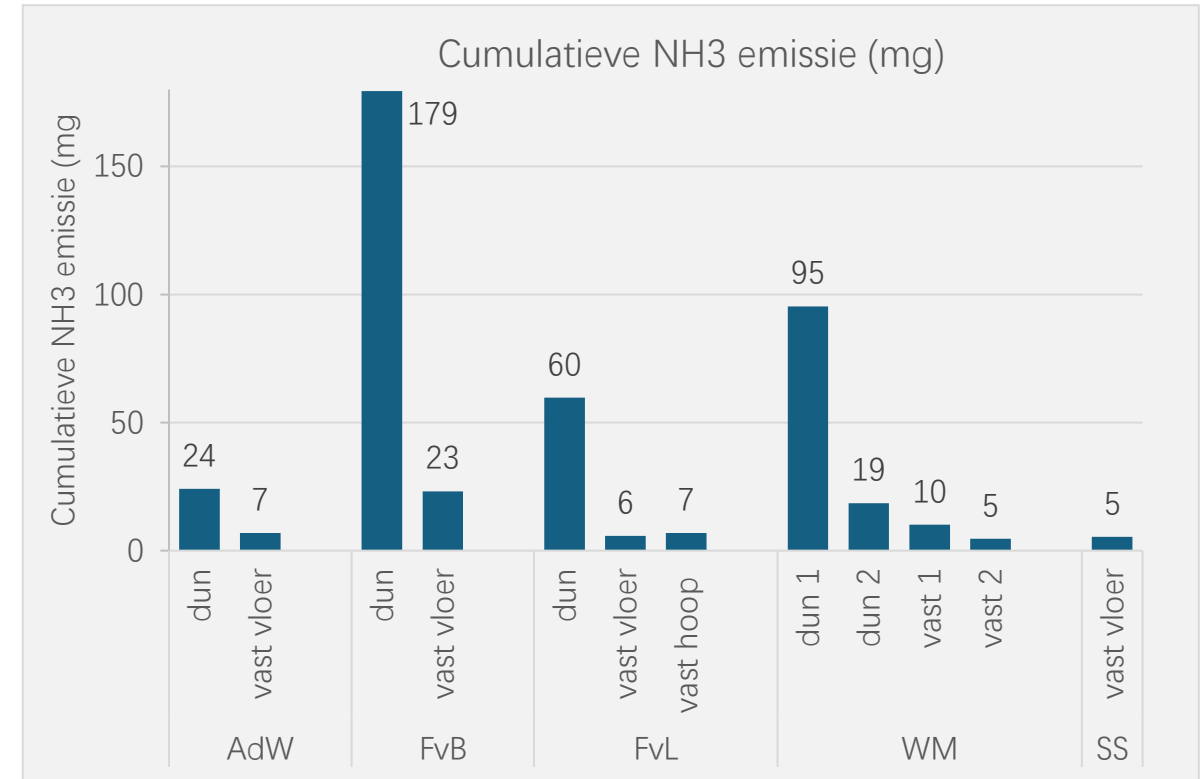
N-gehaltes

N-totaal is, afhankelijk van het scheidingsrendement hoger in de dikke fracties dan in de dunne fracties, met uitzondering FvB en 2^{de} scheiding WM. Het aandeel ammoniakaal N (TAN) is vooral in urine fractie hoog (80-90% van N in urine fractie is N-ammoniakaal). De dikke fractie bevat vooral organisch gebonden N. In de dikke fractie op de vloer is ammoniakaal N vaak erg laag (3-4% van N-totaal met een uitschieter van 27% bij FvB).

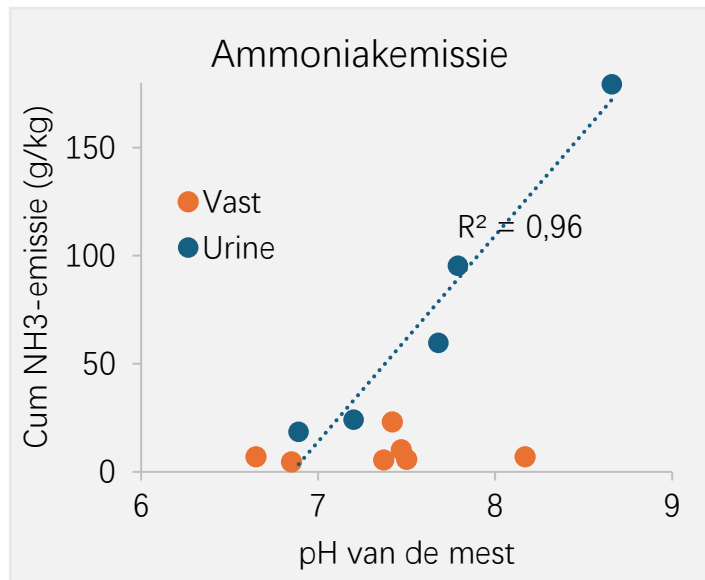
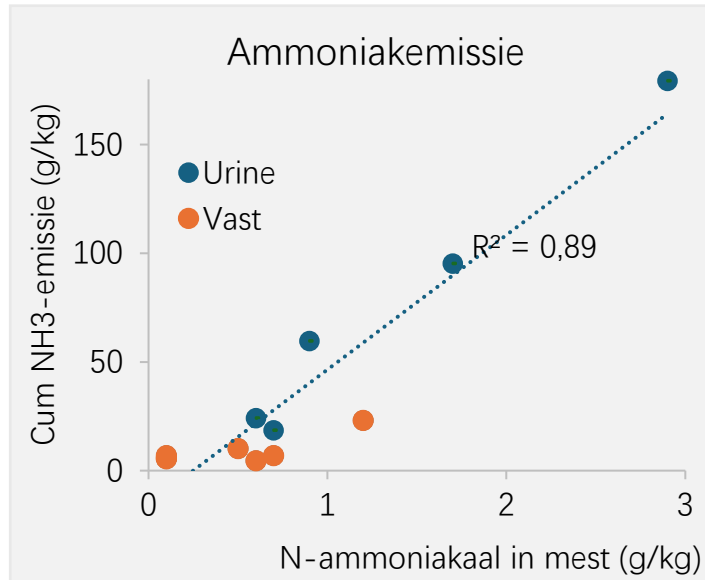


Ammoniakemissies

Cumulatief over de 5 weken zijn de hoogste ammoniakemissie uit de dunne fractie. De ammoniakemissie uit de dikke fractie is laag ten opzichte van de urine fractie. We zien grote verschillen tussen de bedrijven. De cumulatieve NH₃-emissie wordt sterk bepaald door de concentratie N-ammoniakaal (TAN) in mest. In de urine-fractie is de pH sterk bepalend.



4a. Conclusies: variatie tussen bedrijven



Zowel de samenstelling als de emissies verschillen tussen mestmonsters afhankelijk van:

- type scheiding (type vloer, 2^e scheiding)
- management (voer, strooisel, toevoegingen aan de mest)

De scheidingsvloeren leiden tot een relatief 'schone' urinefractie met een laag organische stofgehalte. Het organische stof, totaal N en totaal P zitten vooral in de feces fractie. Ondanks de lagere totaal-N gehaltes is het gehalte aan ammoniakaal-N (TAN) en daarmee ook de ammoniakemissie vooral hoog in de urinefractie. De ammoniakemissie is sterk gerelateerd aan TAN en pH. De verschillen in ammoniakemissies tussen bedrijven zijn terug te leiden naar samenstelling (TAN, pH) en bedrijfsmanagement (bio, gangbaar).

Hieruit concluderen we dat naast een goede scheiding, zeker ook management (voer) van belang is voor samenstelling en emissies.

Daarnaast lijkt verdere behandeling van de urinefractie noodzakelijk, maar ook mogelijk, om de ammoniakverliezen te beperken. De urinefractie kan aangezuurd worden door het toevoegen van een zuur, of biologisch verzuurd worden door toevoegen van melasse. Dit vraagt nog een vervolgonwikkeling in de praktijk. Verwacht aandachtspunt daarbij is ook de ammoniakemissie tijdens uitrijden van de dunne fractie.

De verschillen tussen bedrijven in de behandeling van de feces fractie om deze stapelbaar of werkbaar te maken maakt duidelijk dat een scheidingsvloer niet op zichzelf staat en er meer werkstappen nodig zijn om de fracties optimaal in te kunnen zetten in de dagelijkse bedrijfsvoering (zie ook onderdeel 4E).

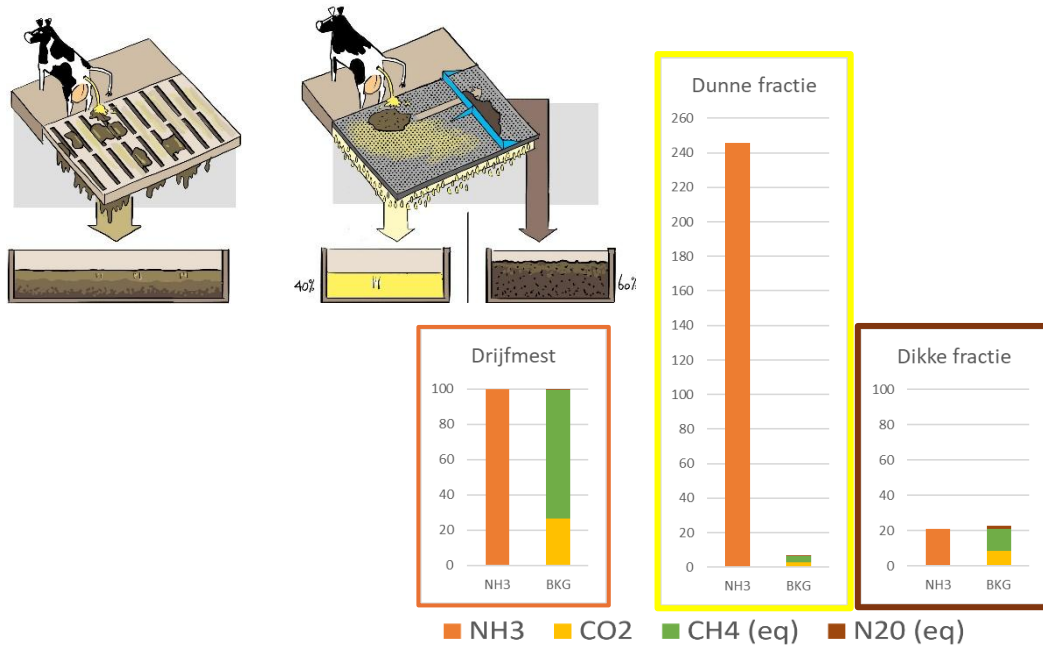
4b. Ammoniak- en BKG-emissies uit dikke en dunne fracties

Aanpak incubatieproef

- Een incubatieproef is uitgevoerd met verschillende behandelingen van dikke fractie en urinefractie van één bedrijf met Zeraflex-vloer (hoog scheidingsrendement). De proef is in 3 herhalingen uitgevoerd, de mest werd geïncubeerd in kolommen van 20L gedurende 5 weken.
- De proef omvatte 12 behandelingen (zie bijlage B voor details):
 - 3 referenties: drijfmest, onbehandelde dikke en dunne fractie
 - 3 aanzuur: dikke en dunne fractie aanzuren met zwavelzuur, en dikke fractie verzuren met melasse
 - 3 remmen of binden: toevoegen zeezout, $MgCl_2$, klei
 - 3 composteren/ fermenteren: toevoegen stro en aeroob, anaeroob en anaeroob met bokashi toevoegmiddelen.
- Gasmetingen zijn uitgevoerd direct na opmengen van:
 - Ammoniak (NH_3)
 - Koolstofdioxide (CO_2)
 - Methaan (CH_4)
 - Lachgas (N_2O)
- Resultaten zijn weergegeven in verhouding tot de emissies van de drijfmest-referentie, die op 100% is gezet. De drijfmest was samengesteld uit de dikke fractie en urinefractie in de verhouding 60:40. In Bijlage C zijn berekeningswijzen beschreven.



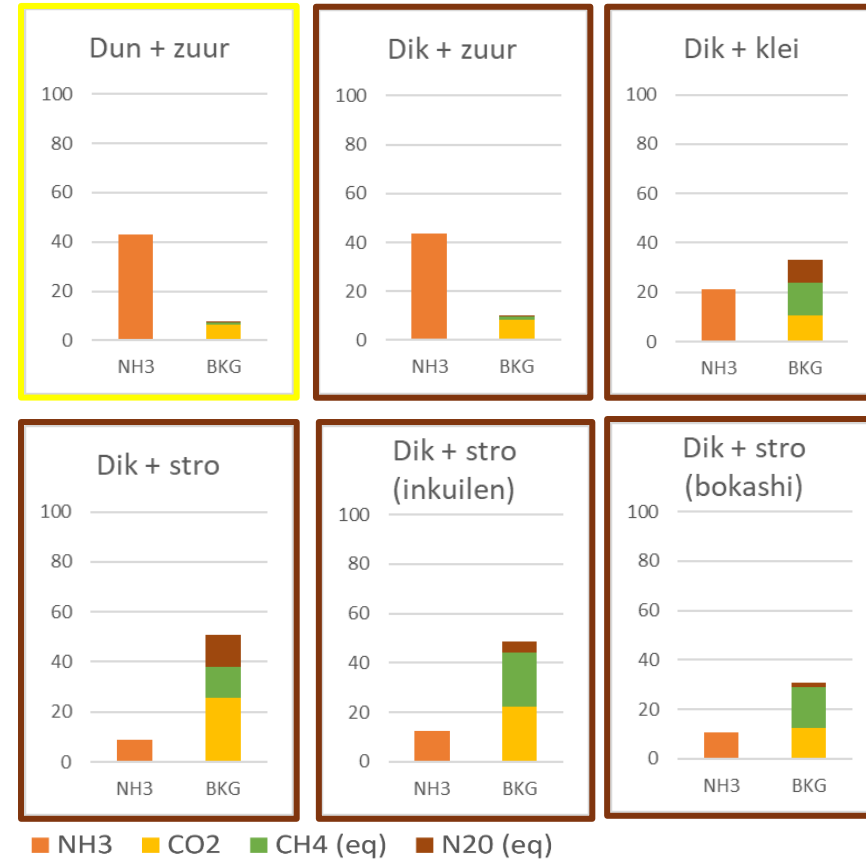
4b. Onbehandelde fracties



Ten opzichte van drijfmest is de cumulatieve ammoniakemissie van de urinefractie bijna 2,5 keer hoger dan van drijfmest, terwijl de broeikasgas (BKG)-emissie een factor 10 lager is. De ammoniak- en BKG-emissies van de gescheiden dikke fractie zijn ongeveer een factor 5 lager dan die uit drijfmest.

De gecombineerde emissies van de dikke (60%) en dunne (40%) fracties van een scheidingsvloer is voor ammoniak een factor 2,7 keer hoger en voor broeikasgassen een factor 3 lager dan een roostervloer met drijfmest in de incubatieproef.

4b. Behandelde fracties



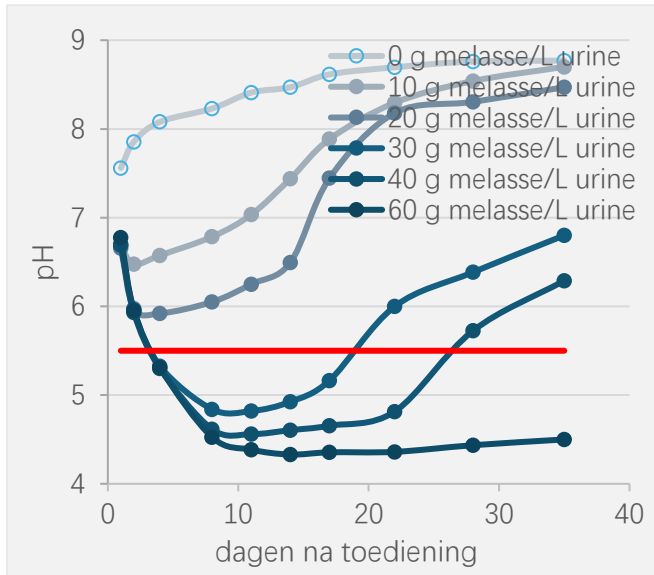
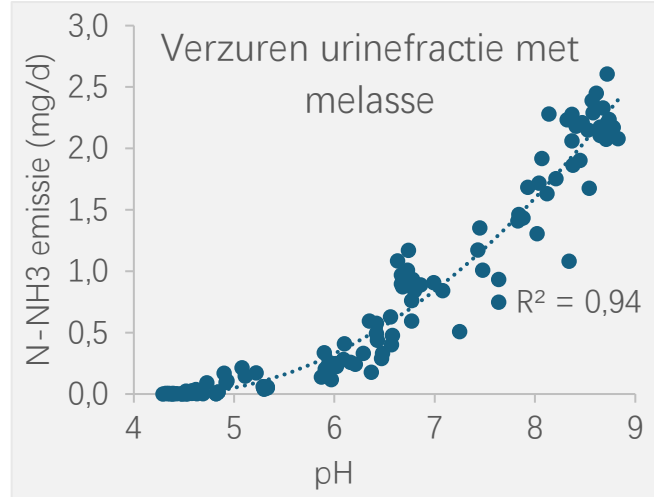
Aanzuren van de urinefractie tot pH 5,5 (gelijk aan de zuurtegraad van regenwater en van de meeste zand- en veenbodems) reduceert de ammoniakemissie drastisch tot ca 40% van die van drijfmest. Verschillende toevoegingen aan de dikke fracties geven verschuivingen in de emissies, maar het niveau blijft nog steeds ver onder die van drijfmest (als referentie op 100%).

4b. Verzuren urinefractie

Aanzuren van de urinefractie met zwavelzuur gaf in de incubatieproef een sterke reductie van de ammoniakemissie. Ammoniakemissie wordt in belangrijke mate gestuurd door de pH, waarbij de emissie sterk reduceert onder pH 5,5.

Omdat zwavelzuur een corrosief zuur is, is ook geëxperimenteerd met het biologisch verzuren met melasse. Hierbij wordt door de afbraak van de suikers melkzuur geproduceerd. Een dosis van 40-60g melasse per L urine is nodig zijn voor een langdurige pH daling onder de 5,5.

De dosis is naar verwachting afhankelijk van samenstelling urine: N-gehalte en het zuurbufferend vermogen. Dat laatste is waarschijnlijk lager bij een betere scheiding en lagere organische stofgehalte.



4b. Conclusies emissies

Het scheiden van feces en urine aan de bron levert in de basis een emissiearme dikke feces fractie op, in vergelijking met drijfmest wat betreft zowel ammoniak als broeikasgasemissies. Verder opmengen en opwaarderen van die dikke fractie geeft relatief kleine verschuivingen in deze emissies.

De dunne fractie (urine) is echter een grote bron van ammoniak. Aanzuren met zuur of verzuren met een snel afbreekbare koolstofbron zoals melasse tot pH 5,5 reduceert de ammoniakemissie van de urinefractie drastisch.

Op stalniveau is de combinatie van dikke fractie en aangezuurde urine op basis van onze proeven qua emissies veel lager dan drijfmest; de ammoniakemissie is 0,6 keer lager dan die van drijfmest en de broeikasgasemissie is 0,3 keer lager. Het mengen van de dikke fractie met stro heeft weinig effect op de ammoniakemissies en de broeikasgasemissies zijn iets hoger maar nog steeds ruim lager (0,6 keer) dan die uit een stalsysteem met drijfmest. Bij andere combinaties van aangezuurde urinefractie met verschillende toevoegingen aan de dikke fractie blijven de emissies in alle gevallen ruim onder die van drijfmest.

Emissieproeven laten een knelpunt zien in de emissies van ammoniak uit de urinefractie na scheiding aan de bron. Dit biedt ook een kans dat alléén de urinefractie hoeft te worden aangezuurd: de benodigde hoeveelheid zuur is veel lager dan wanneer drijfmest moet worden aangezuurd. Zolang de pH laag blijft, blijft de ammoniakemissie laag en in potentie dus ook bij aanwending.

De emissieproeven laten ook een kans zien omdat de verschillende toevoegmiddelen aan de dikke fractie niet tot hogere ammoniak en broeikasgasemissies leiden.

Vraag voor vervolg en voor de praktische toepassing is hoe het aanzuren of verzuren van de urinefractie in de praktijk kan worden vormgegeven.

4c. Veldproef meerwaarde dikke fractie

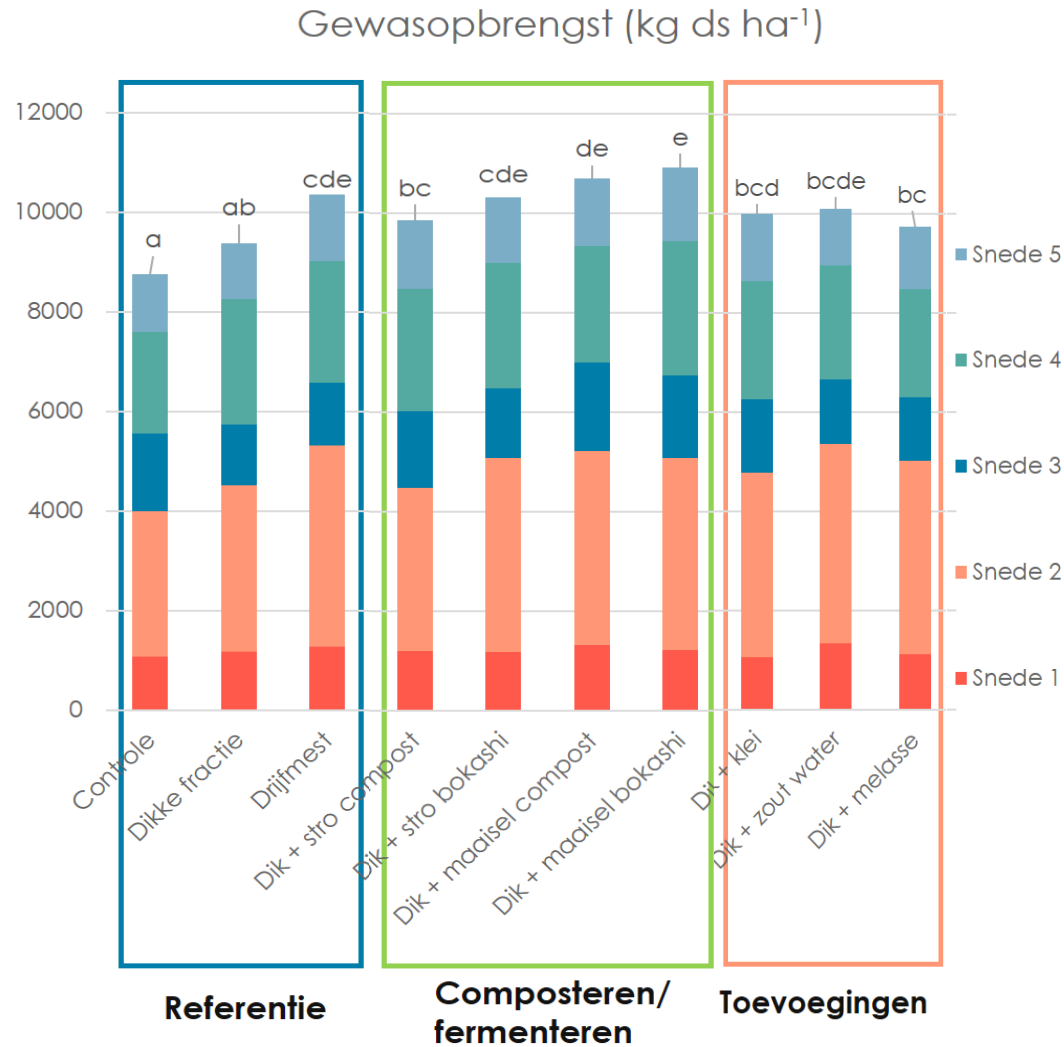
Aanpak veldproef

Doel van de proef is om inzicht te geven in de (meer)waarde van dikke fractie van een scheidingsvloer op de levering van de ecosystemendiensten grasproductie, bodemkwaliteit, biodiversiteit en waterregulatie.

- Een tweejarige veldproef is in het voorjaar van 2022 aangelegd op KTC Zegveld (veenweideperceel).
- De in totaal tien behandelingen zijn: 1. Drie controlebehandelingen (geen bemesting, onbehandelde vaste mest en drijfmest (= 60% dikke fractie gemengd met 40% dunne fractie)). 2. Vier behandelingen met het toevoegen van stro en natuurmaaisel aan de dikke fractie en composteren of fermenteren. 3. Drie ammoniumbindende en afbraak remmende behandelingen met toevoegen van melasse (waardoor de mest verzuurt door melkzuurbacteriën), klei (tbv remmen bodemdaling) en verdunning van de dikke fractie met zoutoplossing tot zo dun als drijfmest. Meer informatie over de behandelingen zie bijlage D.
- De tien behandelingen zijn aangelegd in 6 herhalingen (randomized block design). De dikke fractie was afkomstig van een zeraflex vloer (scheidingsvloer) uit Maasland.
- De dosis was gebaseerd op een gift van 120 kg N (totaal) per jaar, verdeeld over de 1^{ste} snede (67%) en de 2^{de} snede (33%).
- De proef is 2 seizoenen bemest. Tijdens en na het 2^e seizoen zijn metingen uitgevoerd: Grasproductie, Insecten, regenwormen, Bodemstructuur, Beworteling, Waterinfiltratie, Bodemchemisch (OS, pH, nutriënten)



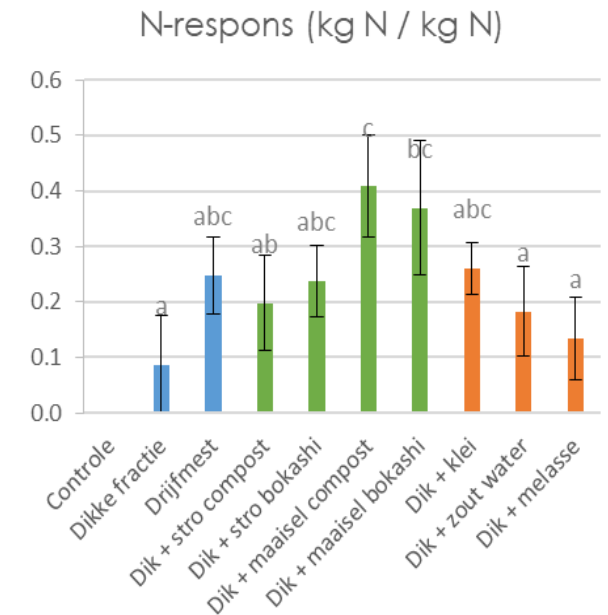
4c. Grasopbrengst



4c. Opbrengst en N-benutting

Effecten van bemesting op grasproductie (drogestof en N-opbrengsten) waren voornamelijk zichtbaar in de eerste snede na de belangrijkste mestgift (2^{de} snede). Vergeleken met de onbemeste controle, verhoogde het toedienen van 120 kg N/ha uit mest de drogestof opbrengst van gras met 7 tot 25%, en de N-opbrengst met 5 tot 22% afhankelijk van de behandeling. De onbehandelde dikke fractie had geen significant effect op opbrengst, drijfmest wel. Het mengen van stro en slootkantenmaaisel met de dikke fractie verwerkt tot compost of bokashi gaf een opvallend hogere opbrengst en was vergelijkbaar met drijfmest. Hetzelfde gold voor de N-opbrengsten. De opbrengsten van de andere opgewaardeerde dikke fracties vermengd met klei / melasse / zout waren variabel, maar niet significant verschillend van de onbehandelde dikke fractie.

De N-respons varieerde tussen 0,1 en 0,4 kg N per kg toegediende N, en was het laagst in de onbehandelde dikke fractie en het hoogst in de behandelingen met slootkantenmaaisel. Het opmengen van slootkantenmaaisel met de dikke fractie resulteerde zowel bij de compost als bokashibehandeling in een verhoging van de N-benutting, bij een zelfde totale en ammoniakale N-gift. Voederwaardeparameters vertoonden alleen behandelingseffecten in de tweede snede, volgend op de belangrijkste mestgift van het groeiseizoen.



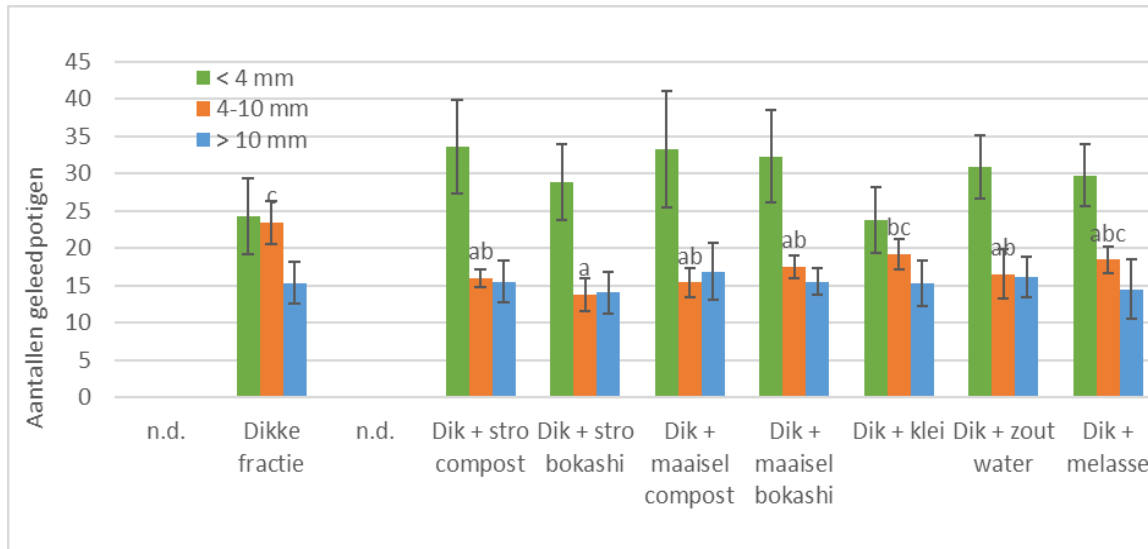
4c. Biodiversiteit

Vliegende en kruipende geleedpotigen (insecten):

We vonden geen duidelijke behandelingseffecten zowel op soorten als op grootteverdeling. De effecten van de verschillende behandelingen waren klein ten opzichte van de natuurlijke variatie door de tijd en door natuurlijke elementen in het perceel als slootranden en bomenrijen. Van de behandelingen met dikke mestfractie gaf de onbehandelde vorm het meest positieve resultaat voor geleedpotigen.

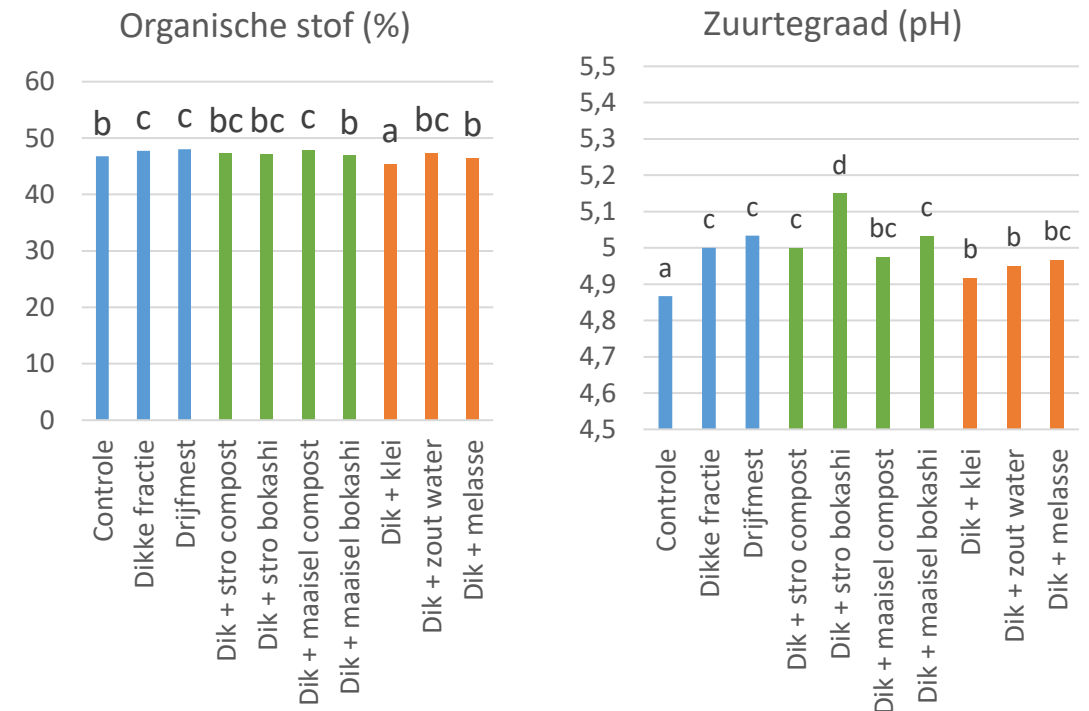
Regenwormen (soorten en biomassa):

We vonden geen duidelijke behandelingseffecten. Mogelijk dat de relatief korte proef (2 jaar), meting in het najaar (lange termijn effect) én de zeer hoge aantallen meespeelden. Langere proeven met meting in het voorjaar gaven wel duidelijke verschillen (Deru et al. 2023).



4c. Bodemkwaliteit

- Na twee jaar waren kleine effecten zichtbaar op de percentage bodemorganische stof (OS). Toevoegen van klei verlaagt de OS op deze veengrond vanwege verdunning in de bovenlaag.
- Alle mestbehandelingen hadden een positief effect op de pH van de bodem vergeleken met de onbemeste controle. De effecten op pH bevestigen dat bemesting de pH licht doet stijgen (ofwel de pH daalt wanneer niet bemest wordt). Dit effect is sterker wanneer de mest meer organische stof (stro of maaisel) en kalk (bij bokashi) bevat.
- Na twee jaar zijn in de veldproef zijn geen meetbare effecten waargenomen op de bodemstructuur, waterinfiltratie en beworteling.



4d. Meerwaardebereik scheiden aan de bron op ecosysteemdiensten

		Dikke fractie*	Stro compost	Stro bokashi	Maaisel compost	Maaisel bokashi	Klei	Brak	Melasse	Urine (pH 5,5)	Urine (5,5) + dikke fractie
Klimaat	Bodem OS, pH**	0	0/-	-	0/+	0/-	0	0	0	0/-	0
	BKG***	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Biodiversiteit	NH ₃ -emissie***	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Regenwormen, insecten	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+	0	0	0	-	0
	Weidevogels	0	0/+	0/+	0/+	0/+	0	0	0	-	0
Water	N benutting	0/-	0	0	0	0	0	0	0	0	0/+
	Waterinfiltratie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bodem	Structuur, beworteling	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OS, pH****	0	0/-	0	0	0	0	0	0	0/-	0/-
Grasproductie	DS- en N-opbrengst	0/-	0	0	0	0	0	0	0	0/+	0/+
	N-benutting	0/-	0	0	0	0	0	0/-	0/-	+	+

Referentie = drijfmest = 0

- Waardering op basis van veld- en incubatieproeven (zie LBI rapporten Deru et al. 2023, 2024); Urine en Urine + dikke fractie op basis expert judgement, waarbij drijfmest als referentie geldt (waarde 0). Urine uitgaande van zeer lage NH₃ emissie (pH 5,5 en injectie)
- *Dikke fractie is niet stapelbaar en dikker (+/- 25%) dan drijfmest en minder dik (+/- 35%) dan mechanisch gescheiden dikke fractie
- **Combinatie van effecten op OS en pH; hogere pH op veengrond is negatief voor klimaat door versnelde veenafbraak
- *** ‘+’ betekent *minder* emissie tov drijfmest
- **** Combinatie van effecten op OS en pH; hogere pH is positief voor bodem (telt anders dan bij klimaat!)

4c. Ecosysteemdiensten

Weidevogels

In de proef zijn geen duidelijk positieve, maar ook geen duidelijk negatieve effecten gevonden van bemesten met (opgewaardeerde) dikke mestfracties op de directe voedselvoorziening (wormen en geleedpotigen) voor weidevogels. Door het positieve effect op de bodem-pH en daarmee op de omstandigheden voor regenwormen heeft het gebruik van dikke fractie, met name wanneer het is verwerkt tot een dikke mest met veel organische stof, indirect wel een gunstig effect op de voedselvoorziening van weidevogels. In de proef was er geen duidelijk positief of negatief effect op de indringingsweerstand van de veenweidebodem en daarmee op de voedselbereikbaarheid voor weidevogels. De hogere gewasopbrengsten met de dikke (opgewaardeerde) mestfracties voor de eerste twee snedes, als de kuikens nog klein zijn, is ongunstig voor de voedselbereikbaarheid van kuikens.

Water- en klimaatregulatie

Op basis van deze veldproef heeft de dikke fractie van een mestscheidingsvloer, al dan niet vermengd, gecomposteerd of gefermenteerd, geen duidelijk positief of negatief effect op de waterregulatiefunctie van de veenweidebodem. De indicatorparameters voor waterregulatie zijn hierbij waterinfiltratiesnelheid, bodemstructuur, beworteling en bodemleven. Wat betreft klimaatregulatie, gebaseerd op de parameters bodemorganische stof, bodem-pH en broeikasgasemissie bij mestopslag, hebben alle mestbehandelingen een (licht) negatief effect op klimaat door directe emissies van broeikasgassen en indirect door verhogen van de bodem-pH en daarmee de potentiële afbraak van organische stof in de bodem. De onbehandelde dikke fractie en de dikke fractie met klei hadden hierbij de minst negatieve impact.

4c. Conclusies en praktijk

Effecten op ecosysteemdiensten

De dikke fractie heeft een variabel effect op de verschillende ecosysteemdiensten. Stikstof uit de onbehandelde dikke fractie die van een scheidingsvloer geschoven wordt, werkt trager dan die uit drijfmest, die meer minerale stikstof bevat. De bemestende waarde wordt verhoogd door de dikke fractie op te mengen met stro of maaisel; dit geeft hogere opbrengsten en een hogere N-benutting. Door de dikke fractie te mengen met stro of slootkantenmaaisel is deze beter te verwerken op het land. Daarnaast is de strategische toepassing van de traagwerkende dikke fractie en de snelwerkende urinefractie op het bedrijf in theorie gunstig voor de N-benutting.

De organisch stofrijke fracties verhogen de bodem pH tov zonder bemesting. Dit is gunstig voor het bodemleven (literatuur), maar leidt op veengrond ook tot een verhoogde mineralisatie van het veen (literatuur). In de proef is geen effect gevonden op waterregulerend vermogen en bewortelbaarheid.

Praktische leerpunten

Er zijn twee oplossingen om de dikke fractie van een scheidingsvloer stapelbaar/werkbaarder te maken: stro of ander organische stof toevoegen, of een aanvullende mechanische scheiding (laatste is niet onderzocht). Verzuren van de dikke fractie met melasse en toevoegen klei hadden praktische nadelen en geen zichtbare voordelen.



4e. Resultaten: Praktijkervaringen

Praktijkervaringen zijn gedeeld en opgehaald tijdens bijeenkomsten en bedrijfsbezoeken. Drie bijeenkomsten vonden plaats bij bedrijven met verschillende scheidingsvloeren.

- Individuele veehouders hebben vaak vanuit ideologisch oogpunt gekozen voor een scheidingsvloer gebaseerd op de verwachte meerwaarde wat betreft koe-comfort en diergezondheid, bodemkwaliteit en gewasproductie.
- Stalaanpassingen en vloersystemen hebben een grote impact op de dagelijkse bedrijfsvoering en kost veel tijd en geld. Melkveehouders die investeerden in nieuwe systemen hebben hun nek uitgestoken. Veel bleek onzeker. De feces fractie bleek niet veel dikker dan drijfmest, maar te dik voor een standaard bemester. Om de feces fractie stapelbaar (werkbaar) te maken wordt deze in de praktijk vaak gemengd met stro of maaisel. Met behulp van sensoren wordt een hoeveelheid stro toegevoegd tot de mest een stapelbare dikte heeft. Deze dikke fractie kan aeroob of anaeroob worden opgeslagen. De aparte opslag moet vloeistofdicht en afgedekt zijn omdat met regen deze dikke fractie weer gemakkelijk scheidt. Een andere oplossing om de feces fractie stapelbaar te maken is door deze nog eens mechanisch te scheiden, eventueel na vergisting.
- In de stal kunnen maatregelen worden genomen om ammoniakemissies van de urinefractie te beperken. Een maatregel die bij één van de bedrijven wordt gedaan is werken met overdruk en de lucht boven de put afvoeren en de ammoniak chemisch afvangen. Om ammoniakemissies te beperken zou het aanzuren van de urinefractie in de put tot een pH lager dan 5,5 het meest effectief zijn. Verdunnen is minder haalbaar ivm de grote hoeveelheid water dat nodig is i.o.v. opslagcapaciteit.
- Noodgedwongen gaat er in de praktijk veel aandacht en geld naar het ophalen en het verwerken van de dikke fractie, omdat daar veel praktische knelpunten liggen. Uit dit onderzoek blijkt echter dat qua emissies meer aandacht naar de urinefractie zou moeten gaan, zowel bij de opslag als bij uitrijden.
- Er is bij deelnemende agrariërs weerstand om nog verder te gaan op het spoor van technologische oplossingen voor de urinefractie, bijvoorbeeld om die (biologisch) te verzuren om de ammoniakemissies te reduceren.
- Melkveehouders zien dat hun vloeren een verbetering zijn qua dierenwelzijn.
- De deelnemers gaan verschillend om met de mestscheidingsproducten; extremen zijn toedienen van alleen de urinefractie tot het maximaal toedienen van de met stro gemengde en tot bokashi verwerkte dikke fractie.



5. Visie en aanbevelingen

VISIE

- Mestscheiding aan de bron met een aangepaste stalvloer is in de praktijk mogelijk, maar niet makkelijk. Na scheiding zijn voor zowel de urine- als de feces fractie extra werkstappen nodig om de potentiële meerwaarde ook daadwerkelijk te benutten. Alle werkstappen vragen (minimaal) om een eenmalige investering en om terugkerende arbeids-, materiaal- en onderhoudskosten en veel doorzettingsvermogen en vakmanschap.
- Scheiding aan de bron met daaraan gekoppeld een effectieve en werkbare reductie van de ammoniakemissie uit de urinefractie geeft de mogelijkheid om de N-benutting op bedrijfsniveau te verhogen door hogere opbrengsten, minder verliezen en strategische toepassing op het land. Dit vraagt ook om een extra inspanning van de agrariër.
- Stalsystemen met scheiding aan de bron zijn (nog) niet praktijkrijp om breed in te zetten door de praktische investeringen die nodig zijn. Lokaal kunnen deze vloeren echter van grote meerwaarde zijn. Door het in potentie grote voordeel van lagere ammoniakemissies zou dit stalsysteem bijvoorbeeld gericht kunnen worden ingezet in bufferzones rond N2000 gebieden.
- Naar de toekomst biedt mest scheiden aan de bron mogelijkheden voor verdere verwaardiging door:
 - het verkrijgen van de ReNure status van de urinefractie waardoor deze niet langer als dierlijke mest wordt gezien in de mestboekhouding.
 - verwaarden van de dikke fractie na een extra mechanische scheiding, eventueel na vergisten.
 - verbeteren bodemkwaliteit en benutting nutriënten en organische stof door bemestingsplan 2.0 waarin verschillende mestfracties apart worden ingezet in tijd en ruimte.

AANBEVELINGEN BELEID

- Behoud innovatiekracht van pionierende boeren door innovatie niet enkel initieel, maar langjarig te ondersteunen met status, financiële- en inhoudelijke ondersteuning. Hun werk is van belang voor andere ondernemers die deze stap willen maken, en om belangrijke maatschappelijke doelen rond onder meer stikstof te halen.
- Financiële ondersteuning is nodig om het bedrijfsrisico te dekken, zowel in eenmalige, onvoorziene en terugkerende kosten. Daarnaast is inhoudelijke begeleiding nodig door onafhankelijke partijen waarbij beoogde doelen helder zijn en integraal bekeken worden (reductie NH_3 -emissie, betere N-benutting, broeikasgassen, dierenwelzijn, praktisch uitvoerbaar etc).
- Stimuleer en beloon een hoge benutting van nutriënten in mest door het gewas. Beleidsmatig inzetten op het verder beperken van inputs doet afbreuk aan de motivatie, het vakmanschap en de innovatiekracht van agrariërs. Dit onderzoek bevestigt dat het verhogen van de benutting veel meer omvat dan de absolute N-gift.
- Inzetten op ReNure status van de aangezuurde urinefractie van scheidingsvloeren met een hoog scheidingsrendement.
- Qua onderzoek en ontwikkeling is aandacht nodig voor:
 - Technische oplossingen in de stal: de urinefractie moet verzuurd of aangezuurd worden en de dikke fractie moet stapelbaar worden gemaakt door het toevoegen van organische stof of door extra mechanische scheiding.
 - Ecosysteemdiensten van bodem en water veranderen langzaam en onderzoek naar langjarige (5-10 jaar) effecten is nodig.
 - Ontwikkelen bemestingsplan 2.0 om verschillende (opgewaardeerde) mestfracties optimaal in te zetten in tijd en ruimte afhankelijk van bodem en gewas.

6. Meer informatie

Veldeffekten: bodem, water, biodiversiteit, grasproductie

- Rapport:
<https://www.ktczegveld.nl/wp-content/uploads/2024/11/Rapportage-Veldproef-GLB-Pilot-Gescheiden-met-Waarde.pdf>
- Wetenschappelijk artikel: <https://www.ktczegveld.nl/wp-content/uploads/2025/03/effects-organic-and-inorganic-fertilizers-soil-properties-related-regeneration-ecosystem-services.pdf>
- Vakbladartikel:
<https://www.ktczegveld.nl/wp-content/uploads/2025/03/dikke-fractie-op-veenweidegrasland-veldeffekten.pdf>
- Vakbladartikel:
<https://www.agraaf.nl/artikel/696052-investeren-in-proefvloer-vergt-lef/>
- Vakbladartikel:
<https://www.mestverwaarding.nl/kenniscentrum/4855/effekten-van-opgevaardeerde-dikke-mestfracties-in-veenweide>

Ammoniak- en broeikasgasemissies bij opslag

- Rapport:
https://www.ktczegveld.nl/wp-content/uploads/2025/03/ammoniak-en-broeikasgasemissies-van-gescheiden-mestfracties-een-incubatie-experiment_0.pdf
- Wetenschappelijk congresartikel:
<https://www.ktczegveld.nl/wp-content/uploads/2025/03/AgEng2024Proceedings-824-833.pdf>
- Vakbladartikel:
<https://www.ktczegveld.nl/wp-content/uploads/2025/03/nh3-en-broeikasgassen-drijfmest-scheidingsvloer.pdf>
- Vakbladartikel:
<https://www.mestverwaarding.nl/kenniscentrum/3298/ammoniak-en-broeikasgasemissies-van-gescheiden-mestfracties-nader-onderzocht>
- Vakbladartikel:
<https://www.nieuweoogst.nl/nieuws/2023/02/14/onderzoeker-s-aanzuren-dunne-fractie-must-voor-ammoniakreductie>

Bijlage A: Mest- en urinegehaltes van 5 bedrijven (14 monsters)

DIKKE FRACTIES		droge stof	totaal-N	NH4-N	P2O5	K2O	C:N	pH (KTC)
		g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg		10-jan
M 1 ^{ste} scheiding	vloer	126	4.1	0.5	2.1	3.5	11	7.5
W	vloer	115	3.8	0.1	2.1	1.8	11	6.7
B	vloer	118	4.4	1.2	1.7	4.3	10	7.4
L	vloer	106	2.8	<0.1	1.7	1.2	15	7.5
S	vloer	128	2.6	0.1	1.6	1.4	18	7.4
M 2 ^{de} scheiding		165	4.3	0.6	1.8	4.1	15	6.9
S	mesthoop	156	3.4	0.6	1.7	4.0	17	6.9
L	mesthoop	146	3.4	0.7	1.6	4.7	15	8.2

DUNNE FRACTIES		droge stof	totaal-N	NH4-N	totaal-P	K	pH (KTC)
		g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	10-jan
M 1 ^{ste} scheiding		23	2.1	1.7	0.1	4.4	7.8
M 2 ^{de} scheiding	*	83	4.1	0.7	0.9	2.6	7.0
W		7	0.6	0.6	0.1	1.4	7.4
B		30	3.5	2.9	0.0	6.5	8.7
L		12	1.1	0.9	0.1	2.6	7.6
S		12	0.8	0.6	0.1	1.9	7.3

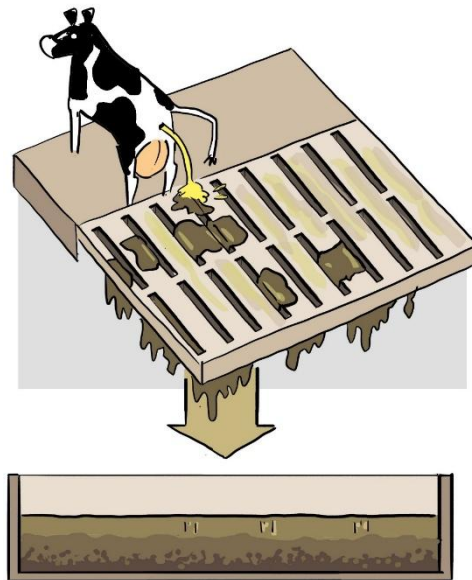
Bijlage B: Behandelingen toevoegingen-incubatieproef

		Behandeling	Toevoeging / opmerking
Referentie		1 Drijfmest	60% dik + 40% dun
		2 Dikke fractie (onbehandeld)	-
		3 Dunne fractie (onbehandeld)	-
Aanzuren		4 Dik + zwavelzuur	2.8 ml/kg
		5 Dun + zwavelzuur	4 ml/kg
		6 Dik + melasse	45.7 g/kg
Remming / binding		7 Dik + zeezout	10 g/kg
		8 Dik + $MgCl_2$	14 g/kg
		9 Dik + klei	228 g/kg
Composteren / fermenteren		10 Dik + stro ("aeroob")	52 g/kg
		11 Dik + stro (anaeroob / "inkuilen")	52 g/kg, aandrukken en afdekken
		12 Dik + stro (anaeroob / "Bokashi")	52 g/kg (stro), 15g kleimineralen, 15 g schelpenkalk, 3 g microferm

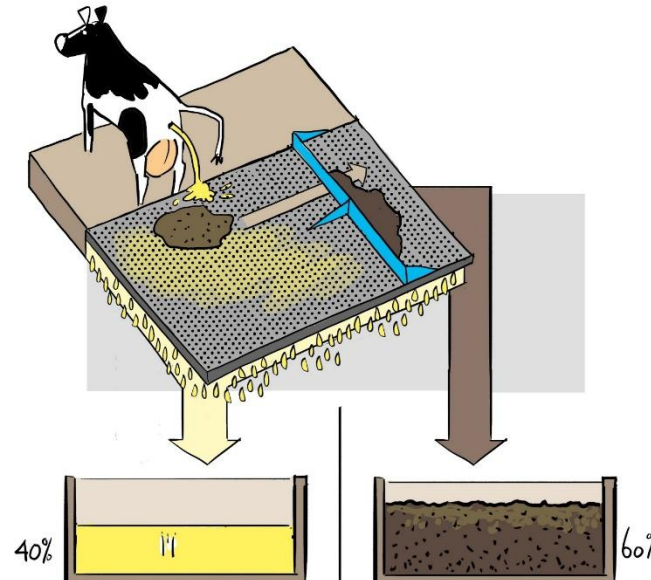
Bijlage C: Berekeningen gecombineerde emissies bij de toevoegingen-incubatieproef

- Aanname dat scheidingsvloer 40% dunne en 60% dikke fractie oplevert
- Vergelijking van vloeren als geheel: 100% van de emissie van drijfmest versus 40% van de emissie van de dunne fractie + 60% van de emissie van de dikke fractie.

NB bij opslag tellen meer factoren mee dan alleen massa, waaronder emissieoppervlak, afsluiting etc.
Resultaten zijn daarom indicatief.



Drijfmest als
referentie: emissie
= **100%**



Urinefractie: **40%**
van de emissie
telt mee

Dikke fractie: **60%**
van de emissie
telt mee

Bijlage D: Behandelingen veldproef

Dikke fractie afkomstig van één bedrijf (Zeraflex-vloer)

Alle behandelingen gebaseerd op een gift van 120 kg N totaal per ha per jaar

Behandeling		Toevoeging	Gift	DS %
		kg / ton mest	ton ha ⁻¹ (vers)	%
Referentie	1	Controle	-	-
	2	Dikke fractie (onbehandeld)	30	12
	3	Drijfmest (onbehandeld)	44	8
Composteren/ fermenteren	4	Dik + stro compost	100	17
	5	Dik + stro bokashi	100	19
	6	Dik + maaisel compost	100	15
	7	Dik + maaisel bokashi	100	16
Remming / binding	8	Dik + klei	250	25
	9	Dik + zout + water (brak)	10 + 250	7
	10	Dik + melasse	50	20