

Veldeffecten van opgewaardeerde dikke mestfracties op de bodem, productiviteit en biodiversiteit van veenweidegrasland

Joachim Deru, Jacco de Stigter, Willemien Geertsema,
Harmke van der Weijde, Jasper Beek, Debby van
Rotterdam



© November 2024 Louis Bolk Instituut, Bunnik

Veldeffecten van opgewaardeerde dikke mestfracties op de bodem, productiviteit en biodiversiteit van veenweidegrasland

Joachim Deru¹, Jacco de Stigter¹, Willemien Geertsema¹, Harmke van der Weijde², Jasper Beek², Debby van Rotterdam³

¹ Louis Bolk Instituut ² KTC Zegveld ³ Nutriënten Management Instituut

52 pagina's

Publicatienummer: 2024-6274-LbD

Deze publicatie is beschikbaar via
www.louisbolk.nl/publicaties

www.louisbolk.nl

info@louisbolk.nl

T 0343 523 860

Kosterijland 3-5

3981 AJ Bunnik

✉ [@LouisBolk](https://twitter.com/LouisBolk)

Voorwoord

Het nieuwe Gemeenschappelijke Landbouwbeleid (GLB) bevat de doelstelling om onder andere in rundveestallen de ammoniakemissie stevig terug te brengen. Momenteel is bovendien in Nederland de stikstofdiscussie in volle gang. Dit heeft grote impact op de melkveehouderij, maar kan ook kansen bieden. Een kans is de verdere waardering van de melkveehouderij voor niet alleen melkproductie, maar onder andere ook voor het in stand houden van grasland en zorgdragen voor bodemkwaliteit, waterkwaliteit en weidvogels. Grasland levert belangrijke ecosysteemdiensten als behoud van biodiversiteit, klimaatregulatie, waterregulatie, milieu. Graslandmanagement, waaronder bemesting, is daarbij sturend.

In de GLB-pilot "Gescheiden met Waarde" wordt de waarde van de dikke mestfractie voor de levering van ecosysteemdiensten onderzocht. De dikke mestfractie is afkomstig van scheiding aan de bron, uit een stalsysteem waar de vaste mest en de urinefractie gescheiden worden opgevangen. In dit rapport worden de resultaten van een veldproef beschreven die KTC Zegveld, in samenwerking met het Louis Bolk Instituut (LBI) en het Nutriënten Management Instituut (NMI) heeft uitgevoerd. Aanpalend aan dit onderzoek is in een incubatieproef onderzocht wat de ammoniak- en broeikasgasemissies zijn uit de gescheiden mestfracties uit een stalsysteem met een scheidingsvloer en hoe deze emissies verminderd kunnen worden (zie Deru et al. 2023b).

Met geld vanuit het Europees Landbouwfonds voor Plattelandsontwikkeling ondersteunt het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) 'begin-of-pipe' oplossingen waarbij de emissies van ammoniak en broeikasgassen aan het begin van de cyclus worden aangepakt.

Onze dank gaat uit naar Jeroen van der Kooij die de mest leverde voor de proef, aan Youri Egas die betrokken was bij de start van het experiment. Ook dank aan een heel team dat geholpen heeft bij de voorbereiding en uitspreiding van de mest, en bij de gras-, bodem- en insectenmetingen: Inge Rotteveel, Karel van Houwelingen, Anton de Wit, Annemieke Hol, Roelof Westerhoff, Martijn Plomp, Roos van der Logt, Robin Kampert, Nanda Heemskerk en Jan Verkampen.

De auteurs,

November 2024



Ministerie van Landbouw,
Natuur en Voedselkwaliteit



*Europees Landbouwfonds
voor Plattelandsontwikkeling:
Europa investeert in zijn
platteland.*

Inhoud

Samenvatting	5
Aanleiding	5
Doel en opzet van het onderzoek	5
Resultaten	5
Betekenis voor ecosysteemdiensten en praktijk	6
1 Inleiding	8
2 Materiaal en methoden	10
2.1 Proefopzet	10
2.2 Oorsprong van de dikke en dunne fracties	10
2.3 Mestbehandelingen	11
2.4 Bemesting	12
2.5 Metingen	14
2.6 Statistische analyses	17
3 Resultaten	18
3.1 Bodemeigenschappen	18
3.2 Insecten (geleedpotigen)	21
3.3 Grasproductie en stikstofbenutting	23
3.4 Correlaties tussen mest, bodem, insecten en gras	25
4 Discussie	27
4.1 Ondersteunen van biodiversiteit	27
4.2 Water- en klimaatregulatie	30
4.3 Grasproductie en stikstofbenutting	31
5 Conclusies en perspectieven	35
6 Referenties	37
7 Bijlagen	38
7.1 Proefveldplattegrond	38
7.2 Biologische bodemparameters	39
7.3 Chemische bodemeigenschappen	40
7.4 Fysische bodemeigenschappen	43
7.5 Grasopbrengst en voederwaarde	45
7.6 Praktijkervaringen met dikke en dunne fracties op grasland	47

Samenvatting

Aanleiding

De belangrijkste opgaves in de huidige en toekomstige landbouwpraktijk in gedraineerde veenweidegebieden zijn naast grasproductie en bodemdaling ook het leveren van ecosysteemdiensten waaronder biodiversiteit, waterkwaliteit, klimaatadaptatie. Het verminderen van nutriëntenverliezen door de benutting van meststoffen te optimaliseren is hier een onderdeel van. Het gebruik van meststoffen rijk aan organische stof wordt gezien als een praktische maatregel om de levering van meerdere ecosysteemdiensten in agrarische graslanden te ondersteunen. In een zoektocht naar alternatieve koolstofrijke meststoffen bleek de dikke fractie die wordt geproduceerd door drijfmestscheidingstechnieken een interessante optie te zijn.

Doel en opzet van het onderzoek

Het doel van de tweejarige veldproef in Zegveld was inzicht krijgen in de effecten van de uitstalscheiding voortkomende dikke fractie van mest, al dan niet met verschillende toevoegingen en al dan niet behandeld, op ecosysteemdiensten: ondersteuning van biodiversiteit (weidevogels), water- en klimaatregulatie en grasproductie. Indicatoren voor deze ecosysteemdiensten zijn in het gewas en in de bodem gemeten. De veldproef en mestdoseringen vertegenwoordigen de huidige praktijk in veengraslanden. De in totaal 10 behandelingen kunnen worden samengevat als 1. drie controle behandelingen (geen bemesting, onbehandelde vaste mest en drijfmest), 2. vier behandelingen met stro en natuurmaaisel gecomposteerd of gefermenteerd en 3. drie ammoniumbindende en afbraak-remmende behandelingen met melasse, klei en verdunning met zoutoplossing. De behandelingen zijn in zesvoud uitgevoerd op in totaal 60 plots van 3 bij 8 meter op één perceel in Zegveld.

Resultaten

Biodiversiteit

Na twee jaar waren de effecten van verschillende (opgevaardeerde) dikke mestfracties op de biodiversiteit, gemeten als regenwormen en insecten, beperkt. Anders dan bij eerdere proeven op veengrond zijn geen duidelijke effecten gevonden op de regenwormenpopulatie, mogelijk door de relatief korte proefduur, timing van bemonstering en het grote aantal gevonden wormen. Ook bij de geleedpotigen waren de effecten van behandelingen klein ten opzichte van de natuurlijke variatie door de tijd en binnen het perceel als gevolg van natuurlijke elementen als slootranden en bomenrijen. Van de behandelingen met dikke mestfractie gaf de onbehandelde vorm het meest positieve resultaat voor geleedpotigen.

Bodem

Verschillende behandelingen hadden een significant effect op bodemorganische stof, zuurtegraad, N-totaal, N-leverend vermogen, C:N-verhouding, kalium, natrium, magnesium, zwavel en kationen-uitwisselingscapaciteit. Alle mestbehandelingen hadden een positief effect op de pH van de bodem vergeleken met de onbemeste controle. Er waren correlaties tussen de mesteigenschappen en bodemchemische parameters; de verandering in pH van de bodem werd positief beïnvloed door het organische stofgehalte van de toegediende mest. De verschillende mestfracties hadden geen effect op de indringingsweerstand van de bodem en op de bodemstructuur.

Gewasrespons

Vergeleken met de onbemeste controle, verhoogde het toedienen van 120 kg N /ha uit mest de drogestofopbrengst 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. De hoogste gewasopbrengst was met slootkantenmaaisel-bokashi. De N-respons varieerde tussen 0,1 en 0,4 kg N / kg N, en was het laagst in de onbehandelde dikke fractie en hoogst in de slootkantenmaaisel-behandelingen. Het opmengen van slootkantenmaaisel met de dikke fractie resulteerde zowel bij de compost als bokashi-behandeling in een verhoging van de N-benutting, bij een zelfde totaal-N en ammoniakaal-N gift. Voederwaardeparameters vertoonden behandelingseffecten in de 2^e snede, volgend op de belangrijkste mestgift van het groeiseizoen.

Betekenis voor ecosysteemdiensten en praktijk

Weidevogels

In de proef zijn geen duidelijk positieve, maar ook geen duidelijk negatieve effecten gevonden van bemesten met (opgevaardeerde) 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 (opgevaardeerde) mestfracties als de kuikens nog klein zijn (eerste twee snedes) 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 organischestof in de bodem. De onbehandelde dikke fractie en de dikke fractie met klei hadden de minst negatieve impact.

Grasproductie en N-benutting

Effecten van bemesting op grasproductie (DS- en N-opbrengsten) waren voornamelijk zichtbaar in de snedes direct volgend op de bemesting. De dikke fracties gemengd met slootkanten-maaisel hadden opvallend hogere N-respons en N-opbrengsten dan de andere behandelingen. De opbrengsten van de andere opgewaardeerde dikke fracties waren variabel maar niet significant verschillend van de onbehandelde dikke fractie.

Praktijk

De beschikbaarheid van een dikke en dunne mestfractie op een melkveebedrijf brengt technische uitdagingen met zich mee, maar biedt een kans voor het beter benutten van mineralen en tegelijkertijd werken aan maatschappelijk relevante ecosysteemdiensten. De stikstof uit de onbehandelde dikke fractie is immobieler en werkt trager dan bij drijfmest, dat meer minerale N bevat. Uit de veldproef bleek dat opwaarderen van de dikke fractie met bijvoorbeeld stro of maaisel een hogere werking kreeg. Bovendien bleek de toediening van onbehandelde dikke fractie uitdagend, doordat het te dun is om stapelbaar te zijn en te dik om als drijfmest uit te kunnen rijden. Voor een melkveebedrijf met een scheidingsvloer betekent dit, naast de extra investeringen in de vloer en voor aparte opslag, dat er extra kosten zijn voor toevoegmiddelen (stro of maaisel) en arbeid / mechanisatie om deze middelen door de dikke fractie te mengen. Een andere optie is om de dikke fractie zelf nog mechanisch te scheiden, zodat een stapelbare mestfractie ontstaat met een structuur die meer lijkt op vaste mest. Ook dit betekent extra investering in een mechanische scheider en (afgedekte) opslag, maar komt in plaats van de kosten voor stro of maaisel.

Eerder onderzoek liet de potentie zien om kwalitatief verschillende meststromen (dikke en dunne fracties van een scheidingsvloer) op een melkveebedrijf te benutten voor het sterk verlagen van ammoniak- en broeikasgasemissies uit mest. Het huidige veldonderzoek was gericht op de waarde van de dikke fractie in brede zin, maar het gescheiden houden van urine en feces geeft de mogelijkheid om de nutriënten optimaal te benutten voor het gewas. Verder onderzoek zou zich moeten richten op het strategisch gebruik van beide fracties op het bedrijf.

1 Inleiding

Grasland in gedraineerde veengebieden wordt beheerd met als hoofddoel de gewasproductie te maximaliseren. De belangrijkste opgaves in de huidige en toekomstige landbouwpraktijk op deze bodems zijn het verminderen van bodemdaling en broeikasgasemissies, het verbeteren van biodiversiteit en de ecologische waterkwaliteit, onder meer door nutriëntenbenutting te optimaliseren. In toenemende mate verschuift de focus van ruwvoerproductie naar het leveren van ondersteunende en regulerende ecosysteemdiensten (zie verder Deru et al., 2023a). Deze diensten zijn gerelateerd aan de ondersteuning van biodiversiteit zoals weidevogels, aan de regulering van waterkwantiteit en aan de beperking van klimaatverandering door het minimaliseren van veenafbraak en daarmee gepaard gaande stikstof (N) mineralisatie, N- en koolstofemissie (C) en bodemdaling. Landbouw waarin ecosysteemdiensten worden geïntegreerd wordt ook wel 'regeneratieve landbouw' genoemd, een benadering van landbouw met een verminderde toepassing van externe inputs met een belangrijke plaats voor het gebruik van organische meststoffen (Erisman et al., 2016).

Grasland voor melkveehouderij op veen in Nederland wordt meestal bemest met een combinatie van drijfmest en stikstofkunstmest. Graslanden met biodiversiteitsdoelen, bijvoorbeeld in het kader van Agrarisch Natuur- en Landschapsbeheer (ANLb), worden vaak matig bemest met strotijke vaste mest (Deru et al., 2018). De organische stof en mineralen die door organische meststoffen worden toegevoegd, voeden bodemfauna zoals regenwormen. Deze op hun beurt beïnvloeden de fysische bodemeigenschappen die belangrijk zijn voor de regulerende ecosysteemdiensten van klimaatadaptatie en waterregulatie (Van Eekeren et al., 2009). Regenwormen spelen een belangrijke rol in de ecosysteemdienst 'ondersteuning van biodiversiteit', omdat ze een voedselbron zijn voor dieren in hogere trofische niveaus, zoals (weide)vogels. Maar ze zijn ook bevorderlijk voor organismen van lagere trofische niveaus door hun bijdrage aan de vorming van de bodemstructuur, de poriënverdeling en aan de beschikbaarheid van voedselbronnen. Bovendien kan de toevoer van organische stof via meststoffen de afbraak van bodemorganische stof in gedraineerd veen voor een deel compenseren. Daarom wordt het gebruik van meststoffen die rijk zijn aan organische stof gezien als een praktische maatregel om de levering van meerdere ecosysteemdiensten in agrarische graslanden te ondersteunen. Echter, door het op melkveebedrijven algemene gebruik van stallen met roostervloeren waarin drijfmest wordt gevormd is de beschikbaarheid van strotijke stalmest beperkt. In een zoektocht naar alternatieve C-rijke meststoffen bleek de dikke fractie die wordt geproduceerd door drijfmestscheidingstechnieken een interessante optie te zijn (Deru et al., 2023a). Voor de praktijk is het van belang te weten hoe een specifieke mest, met bijmenging en bij aanwending, de hiervoor genoemde ecosysteemdiensten het best tot hun recht laat komen.

Dit rapport is onderdeel van de GLB-pilot "Gescheiden met Waarde" waarin onderzoek is gedaan naar de samenstelling en emissies van de uit stalscheiding voortkomende dikke fractie van mest en de toepassing in veenweidegebieden. Dit met oog op optimalisatie van ecosysteemdiensten in gebieden met hoger waterpeil, namelijk emissiereducties (NH₃, CO₂-eq, nutriënten naar water), bodemkwaliteit en habitat voor weidevogels. Behoud van nutriënten (en daarmee emissiebeperking) is ook van belang voor een goede grasproductie.

Het doel van dit deelonderzoek van de pilot was om de effecten te beoordelen van de dikke fractie en een reeks toevoegingen aan de dikke fractie op bodemeigenschappen en grasparameters gerelateerd aan de levering van de ecosysteemdiensten grasproductie, ondersteuning van biodiversiteit en bodemkwaliteit. De geteste meststoffen vertegenwoordigen de huidige praktijk in veengraslanden (rundveedrijfmest en dikke fractie van rundveedrijfmest) en verschillende toevoegingen (stro, natuurmaaisel, klei, zout water en melasse) aan de dikke fractie van rundveedrijfmest die gebruikt zouden kunnen worden in toekomstig graslandbeheer op gedraineerd veen. Bij KTC Zegveld is een veldproef uitgevoerd waarin de meststoffen werden toegediend aan een graslandperceel met verhoogd waterpeil gedurende twee opeenvolgende groeiseizoenen.

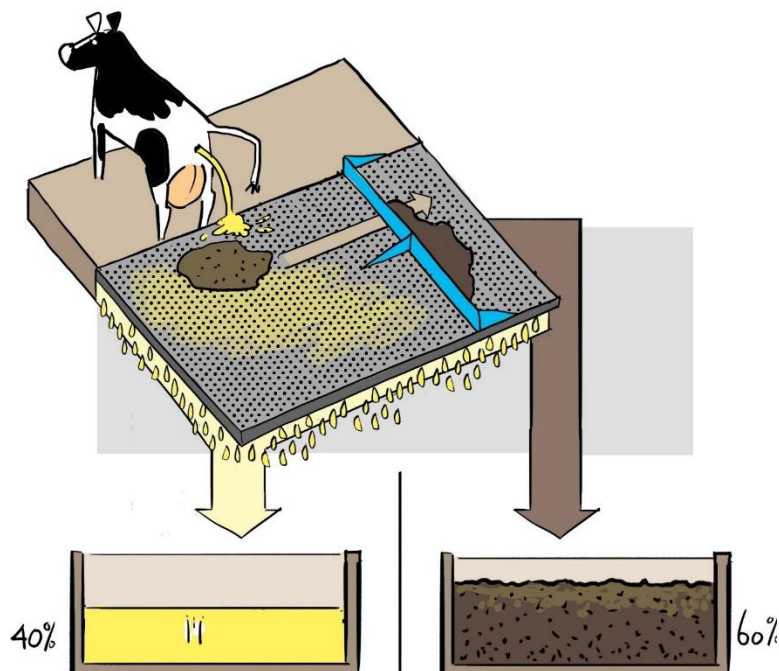
2 Materiaal en methoden

2.1 Proefopzet

Een veldexperiment werd uitgevoerd van 2022 tot 2023 in het westelijk veenweidegebied op permanent grasland op de proefboerderij in Zegveld. Een gerandomiseerd blokexperiment werd ingezet in mei 2022 met tien behandelingen in zes blokken, resulterend in 60 experimentele plots. Een overzicht van hoe de behandelingen ruimtelijk zijn verdeeld binnen 6 blokken is weergegeven in Bijlage 0. De plotgrootte was 3 x 8 m. De tien behandelingen zijn onderverdeeld in drie groepen: controlebehandelingen, behandelingen met stro en maaisel, en behandelingen met toevoegmiddelen die mogelijk ammonium kunnen binden of afbraak van organische stof verminderen. Deze behandelingen komen voor een groot deel overeen met de behandelingen die ook getest zijn in een incubatieproef op ammoniak- en broeikasgasemissies (Deru et al., 2023b).

2.2 Oorsprong van de dikke en dunne fracties

De dikke en dunne mestfracties zijn verzameld en opgehaald van een biologisch melkveebedrijf in Maasland, in de veenregio nabij Rotterdam. In de stal zijn urine-drainerende tegels van het merk ZeraFlex (zie figuur). De feces worden in de stal met een ophaal-robot (Lely) van de vloer gezogen en naar een verzamelbak achter de stal geschoven. Deze bak wordt elke dag geleegd. De mest is vrij van stro. De dunne fractie wordt in de voormalige drijfmestput opgeslagen. Voor de veldproef is uit de verzamelbak dagverse mest (dikke fractie) en uit de mestput urine opgehaald.



2.3 Mestbehandelingen

2.3.1 Controlebehandelingen

De volgende drie behandelingen dienden als referentie:

1. Controle zonder mest.
2. Onbehandelde dikke fractie (feces) vers verzameld van een scheidingsvloer van een biologisch melkveebedrijf.
3. "Drijfmest" samengesteld uit 60% dikke en 40% dunne fractie verzameld van dezelfde scheidingsvloer als 2. Deze verhouding is een benadering van de standaard verhouding van beide fracties in een drijfmest van een roostervloer (Persoonlijke communicatie Wim Bussink, NMI; zie ook Vadella et al, 2010).

2.3.2 Behandelingen met stro en natuurmaaisel

Stro maakt de dikke fractie stapelbaar, hanteerbaar en strooibaar. Daarnaast verhoogt het organische stofgehalte van de mest, en kan daarmee een composteringsproces in gang brengen. De gekozen hoeveelheid stro komt overeen met hetgeen in de praktijk met een scheidingsvloer wordt gebruikt om de feces stapelbaar te maken. Natuur- of slootkantenmaaisel is een goedkoop alternatief voor stro. De vier behandelingen met stro of maaisel zijn:

1. Dikke fractie gecomposteerd met stro (0.1 kg stro/ kg dikke fractie).
2. Dikke fractie gefermenteerd met stro (0.1 kg stro / kg dikke fractie) met bokashi-toevoegingen (15 g klei mineralen, 15 g schelpenkalk en 3 g 'microferm' (merk: Agriton) per kg) die het fermentatieproces verbeteren.
3. Dikke fractie gecomposteerd met slootkantenmaaisel (0.1 kg maaisel/ kg dikke fractie)
4. Dikke fractie gefermenteerd met slootkantenmaaisel (0.1 kg maaisel/ kg dikke fractie) met bokashi-toevoegingen zoals behandeling 5.

2.3.3 Ammoniumbindende en afbraak-remmende behandelingen

Toevoegmiddelen die de afbraak van organische stof remmen of ammonium (NH_4^+) binden werden onderzocht in de volgende drie behandelingen:

1. Dikke fractie met klei (0.25 kg / kg). Deze hoeveelheid klei is berekend om een eindproduct te krijgen met ca. 25% DS, vergelijkbaar met vaste mest. Kleimineralen kunnen door hun negatieve lading en groot bindend oppervlak positief geladen deeltjes zoals NH_4^+ binden, waardoor ammoniakemissie zou kunnen afnemen. Klei kan in veengraslanden ook voor een remming van de veenafbraak en bijbehorende emissie van CO_2 zorgen (Van Agtmaal et al., 2020).
2. Dikke fractie met zout water. De dikke fractie is verdund tot de consistentie van drijfmest (9 % DS), waarbij 250 g water en 10 g zout / kg mest is toegevoegd. Verbraking van de mest zou mogelijk de afbraakprocessen in de mest vertragen en daarmee de emissie van CO_2 en

CH₄ verminderen. Ook kan de in zeezout aanwezige sulfaat (SO₄) de methaanproductie reduceren.

3. Dikke fractie aangezuurd met melasse (0.05 kg / kg). De suikers in melasse worden door de in de mest aanwezige bacteriën omgezet in azijnzuur en melkzuur, waardoor de mest zuurder wordt en NH₄⁺ beter in oplossing blijft en minder NH₃ emitteert.

De mengsels werden ca. 6 weken vóór de eerste mestgift voorbereid en vermengd in kuubsvaten. Voor behandelingen 4 en 6 (compost) werd de mest na het mengen met stro of maaisel uit het kuubsvat gehaald, op een hoop gelegd en regelmatig omgezet om het composteren te stimuleren. De temperatuur werd regelmatig gemeten maar steeg amper. Hieruit bleek dat het proces niet goed op gang kwam. Voor de behandelingen 5 en 7 (bokashi) werd de mest in de kuubsvaten aangedrukt en van de lucht afgesloten met een zeil.

2.4 Bemesting

Alle mestbehandelingen werden handmatig, bovengronds toegediend. De mestgift was 120 kg N / ha / jaar, verdeeld over één bemestingsmoment in 2022 (mei) en twee bemestingsmomenten in 2023 (april en juni) (zie foto onder). In het voorjaar van 2022 werd er nog een lichte bemesting met drijfmest toegediend (50 kg N/ha), na de inzet van de veldproef in mei niet meer. In 2023 werd in april 67% van de mest (op basis van N) gegeven, en in juni 33%. De eerste bemesting in 2023 (20 april) vond plaats na de 1^e snede, in een vochtige en koele periode. De tweede bemesting (5 juni) vond plaats na de 2^e snede, in een droge en warme periode. Organische stoftoevoer was verschillend per behandeling door verschillen in C:N ratio. De toegediende hoeveelheden mest, organische stof en nutriënten is weergegeven in Tabel 1.

Voorafgaand aan de veldproef is het grasland conventioneel beheerd met voornamelijk maaien, winterbegrazing door schapen en een gangbaar bemestingsschema met zowel drijfmest als kunstmest. In de winter van 2021/2022 werd de slootwaterstand verhoogd. Gedurende het meetjaar 2023 werden de plots gemaaid en zijn alle grasopbrengsten gemeten.



20 april 2023



5 juni 2023

Tabel 1. Mestanalyses (bovenste tabel) en toedieningshoeveelheden van mest en mineralen en organische stof via de mest (onderste tabel) voor het jaar 2023.

	Droge stof	Ruw as	Organische stof	Stikstof	C/N-ratio	Ammoniak-stikstof	Organische stikstof	Fosfaat	Kali	Magnesium	Natrium
	g DS/kg	g RAS /kg	g OS/kg	g N/kg		g NH ₃ -N/kg	g N-org/kg	g P ₂ O ₅ /kg	g K ₂ O/kg	g MgO/kg	g Na ₂ O/kg
Drijfmest	76	17	59	2.76	10	1	1.76	1.24	4.5	0.8	0.7
Dikke fractie	118	27	91	4.05	10	1.2	2.85	1.90	4.9	1.2	0.7
Dik + Stro-compost	194	28	165	4.1	18	0.5	3.50	1.63	4.8	1.2	0.7
Dik + Stro-bokashi	186	51	135	3.77	16	1.2	2.57	1.69	4.6	1.7	0.8
Dik + Maaisel-compost	168	29	139	4.2	15	1.2	3.00	1.88	6.1	1.2	0.8
Dik + Maaisel-bokashi	160	46	114	4.20	12	1.2	3.00	1.99	5.4	2	0.9
Dik + Klei	248	167	81	3.08	12	0.6	2.48	1.63	1.9	1.7	0.7
Dik + Zout water	70	21	49	2.30	10	0.7	1.60	1.12	3.1	0.8	3
Dik + Melasse	201	38	163	4.29	17	1.2	3.09	1.97	6.6	1.8	0.8

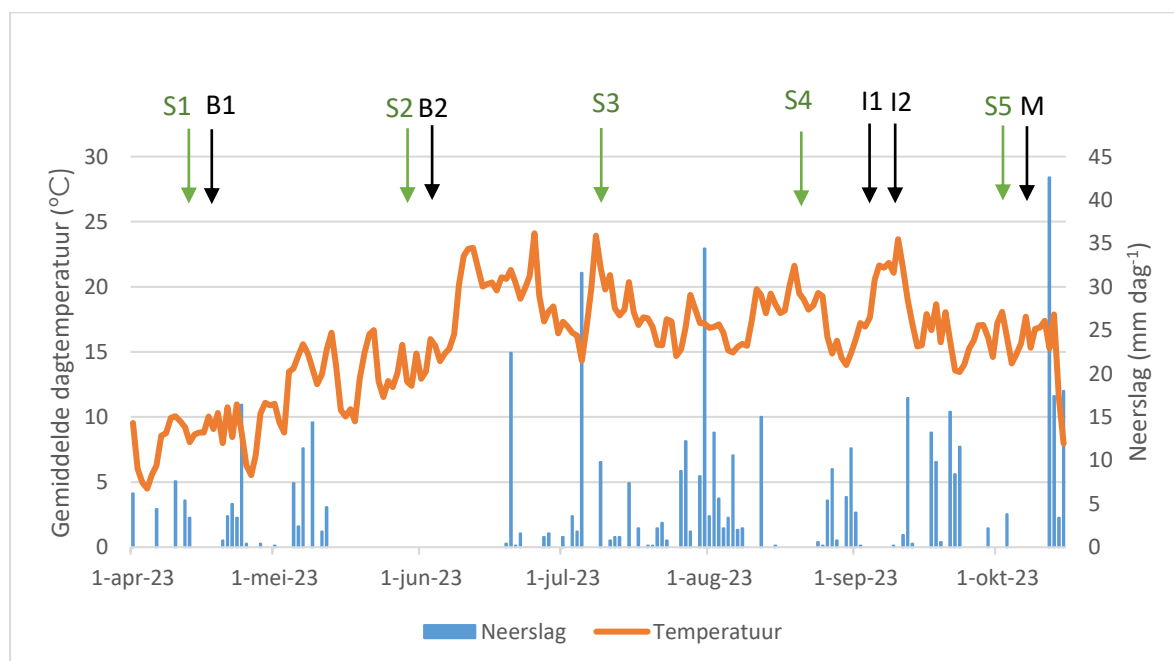
	Bemesting (t/ha)		Ruw as	OS	N_{totaal}	N_{min}	N_{org}	P₂O₅	K₂O	MgO	Na₂O
	Vers	DS	kg/ha								
Drijfmest	43.5	3.30	739	2565	120	43	77	54	196	35	30
Dikke fractie	29.6	3.50	800	2696	120	36	84	56	145	36	21
Dik + Stro-compost	31.1	6.15	886	5136	127	19	108	51	149	37	22
Dik + Stro-bokashi	31.8	5.92	1622	4293	120	38	82	54	146	54	25
Dik + Maaisel-compost	29.4	5.15	848	4085	124	36	88	55	179	35	24
Dik + Maaisel-bokashi	28.6	4.57	1314	3257	120	34	86	57	154	57	26
Dik + Klei	39.0	9.66	6506	3156	120	23	97	64	74	66	27
Dik + Zout water	52.2	3.65	1096	2557	120	37	83	58	162	42	157
Dik + Melasse	28.0	5.62	1063	4559	120	34	86	55	185	50	22

2.5 Metingen

Bovengrondse en ondergrondse metingen zijn uitgevoerd van juni tot oktober 2023. De geselecteerde metingen geven een overzicht van de potentiële effecten van de verschillende mestfracties, al dan niet met toevoegmiddelen, op indicatoren voor de ecosystemendiensten biodiversiteit, waterregulatie, klimaatregulatie en gewasproductie. Een overzicht van alle metingen is weergegeven in Tabel 2. De meeste bodemparameters zijn gemeten in oktober. Insectenmetingen vonden plaats eind augustus tot begin september. Het meetjaar 2023 was een warm, nat en zonnig jaar. Na een zachte winter kwam een zeer natte lente, gevolgd door een aantal droge weken. De zomer was zeer warm en zeer zonnig en werd gevolgd door een uitzonderlijk zachte en natte herfst. De gemiddelde dagtemperatuur en neerslag gedurende het meetjaar zijn weergegeven in Figuur 1.

Tabel 2. Overzicht van bovengrondse en ondergrondse metingen en monsternamedatums.

Set	Metingen	Monsternamen in 2022/2023
Bodem biologisch	Regenwormen: biomassa, aantallen en functionele groepen	12-24 oktober 2023
Bodem chemisch	pH _{KCl} ; N _{total} ; NLV; P _{PAE} ; P _{AL} ; K; S _{total} ; S _{PAE} ; Mg; Na; CEC; CEC-bezetting; bodem organisch stof (OS); C/N-ratio	12 oktober 2023
Bodem fysisch	Indringingsweerstand; bodemstructuur; worteldichtheid; waterinfiltratie	12 oktober 2023
Grasopbrengst	Droge stofopbrengst, N-gehalte, N-opbrengst, voederwaarde	2023: 18 april, 30 mei, 12 juli, 22 augustus, 10 oktober
Insecten	Aantallen, grootte, diversiteit	25-31 augustus 2023, 1-7 september 2023



Figuur 1. Temperatuur en neerslag in Zegveld in 2023, met de momenten waarop bemest werd (B1, B2) en metingen aan grasopbrengst (S1-5), insecten (I1, I2) en bodem (M) uitgevoerd zijn.

2.5.1 Biologische bodemparameters

Regenwormen werden bemonsterd in oktober 2023 in twee bodemplaggen (20x20x20 cm) per plot. De bemonstering werd verdeeld over meerdere dagen, waarbij rekening werd gehouden met de blokken in het randomized block-design: alle verschillende behandelingen van één blok werden altijd op dezelfde dag bemonsterd. Bij de laatste bemonstering op 24 oktober was veel regen gevallen, waardoor een representatieve bemonstering van het laatste blok niet mogelijk was. Daarom zijn voor de regenwormen 5 in plaats van 6 herhalingen bemonsterd. Regenwormen werden handmatig gesorteerd, vers gewogen en opgeslagen in alcohol voor verdere analyse. Volwassen en juveniele exemplaren werden ingedeeld in functionele groepen: strooiselbewoners (epigeïsche wormen), bodembewoners (endogeïsche wormen) of pendelaars. Aantallen en biomassa werden uitgedrukt per m².

2.5.2 Chemische bodemparameters

Van ieder plot werd in oktober 2023 een bodemmonster verzameld, bestaande uit een gehomogeniseerd mengsel van ca. 20 willekeurig gestoken bodemkernen uit de laag 0-10 cm (boordiameter 2,3 cm; Eijkelkamp graslandboor). Het monster werd door Eurofins Agro (Wageningen) geanalyseerd op algemene bodemparameters (organische stofgehalte, klei-humuscomplex en zuurgraad) en beschikbaarheid en voorraad van verschillende belangrijke nutriënten (bezetting van het klei-humuscomplex, CaCl₂-extractie en P_{AL}); zie Tabel 2.

2.5.3 Fysische bodemparameters

Indringingsweerstand werd gemeten in ieder plot met behulp van een elektronische penetrologger (Eijkelkamp, Giesbeek) met een conus met 2.0 cm² indringingsoppervlakte en een apex hoek van 60 °. De kegelweerstand werd geregistreerd per cm bodemdiepte en uitgedrukt als een gemiddelde van 10 penetraties per plot.

Bodemstructuur en beworteling werden bepaald in twee bodemplaggen (20 x 20 cm) per experimenteel plot tussen de bodemdiepte van 0-10 cm en van 10-25 cm. In iedere plag werd het percentage kruimelig, afgerond blokkige en scherpvormige elementen visueel geschat door een ervaren persoon, en de worteldichtheid werd beoordeeld door het scoren van zichtbare wortels (score 1-10; 1 voor geen wortels en 10 voor bovengemiddeld).

Waterinfiltratiesnelheid werd gemeten op drie willekeurig gekozen plekken per proefplotje, waarbij duidelijke rijsporen werden vermeden. PVC-buizen met een hoogte van 15 cm en een diameter van 15 cm werden tot een diepte van 10 cm in de grond geduwd. Om de infiltratiesnelheid te bepalen werd 500 ml water in elke buis gegoten en werd de infiltratietijd genoteerd. Wanneer de infiltratietijd meer dan 15 min bedroeg, werd het resterende watervolume geschat en werd de infiltratietijd voor 500 ml berekend door lineaire extrapolatie. Uit deze gegevens werd de infiltratiesnelheid (mm / min) berekend.

2.5.4 Insecten en andere geleedpotigen

Bodeminsecten en andere (macro)fauna werden gevangen met behulp van ingegraven potvallen. In het vervolg van deze alinea spreken we over insecten, maar daaronder vallen ook andere geleedpotigen, zoals spinnen en duizendpoten.

De metingen vonden plaats in de plotjes met de dikke fractie en de diverse toevoegingen. De plotjes zonder bemesting ('Controle') en de referentie voor drijfmest ('Drijfmest') werden niet bemonsterd. De vraagstelling richt zich hier dus op de effecten van toevoegingen aan de dikke fractie. Per plotje werden twee potvallen ingegraven. De potvallen hadden een diameter van ca 8 cm, waarin gevouwen gaas geduwd werd zodat muizen en kikkers niet konden verdrinken. In de potvallen werd 500 mm geur- en kleurloze zeepoplossing gegoten (3% Extran). De potvallen werden ingegraven, waarbij erop gelet werd dat de bovenrand van de pot op gelijk niveau lag met de bodemoppervlak. Ter bescherming tegen regen werd een plexiglas plaatje van 20 x 20 cm ongeveer 10 cm horizontaal boven de potjes geplaatst.

De potvallen zijn in twee periodes geplaatst en werden telkens op de 7^e dag gelegegd: van 25-31 augustus 2023 (Blokken A, B, C) en van 1-7 september 2023 (Blokken D, E, F). De potvallen werden ter plekke gelegegd en gespoeld, de geleedpotigen (ook arthropoden genoemd) werden in potjes 70% pure ethanol bewaard voor latere identificatie in het laboratorium. In het laboratorium zijn de arthropoden gedetermineerd tot op ordeniveau en ingedeeld in grootte klassen: 0-4 mm, 4-10 mm en > 10 mm. Voor Coleoptera (kevers) werd tevens onderscheid tussen larven en adulten gemaakt. Springstaarten werden gevonden, maar omdat veel van deze groep aan het gaas bleven plakken kwamen we tot de conclusie dat ze niet goed te bemonsteren zijn met deze methode.

De ordes zijn ingedeeld in twee groepen: bodembewoners en vegetatiebewoners:

- Bodembewoners:
 - Kevers (larve en adult)
 - Duizend- en miljoenpoten
 - Spinnen
 - Mijten
- Vegetatiebewoners:
 - Vliegen
 - Vliesvleugeligen
 - Wantsen
 - Cicaden en bladluizen

2.5.5 Grasopbrengst, voederwaarde

De drogestof- (DS) en N-opbrengst van gras werd gemeten tijdens vijf oogsten in 2023 met een Haldrup-oogstmachine (J. Haldrup a/s, Løgstør, Denmark). De oogstdata waren 18 april, 30 mei, 12 juli, 22 augustus en 10 oktober. Voor iedere snede werd de verse biomassa, DS-gehalte na 24 uur drogen op 70°C en voederwaarde (inclusief totaal N) bepaald. Met deze gegevens werden gewasopbrengst (DS / ha) en N-opbrengst (kg N / ha) berekend per snede en opgeteld per jaar. De respons van N-opbrengst op bemesting (in dit rapport verder 'N-respons' genoemd) (kg N / kg N) werd berekend volgens Vellinga en André (1999) als $(N\text{-opbrengst}_{(\text{bemest})} - N\text{-opbrengst}_{(\text{onbemest})}) / (N\text{-bemesting})$.

2.6 Statistische analyses

De significantie van het behandelingseffect werd berekend voor iedere parameter met behulp van de variantieanalyse (ANOVA (randomized block design; Genstat 19^e editie, VSN international). In het geval van significante effecten ($p < 0.05$), werden significante verschillen tussen gemiddelden bepaald met de *least significant difference* (l.s.d.; met $\alpha = 5\%$).

3 Resultaten

3.1 Bodemeigenschappen

3.1.1 Biologische bodemeigenschappen

We vonden gemiddeld over alle behandelingen 713 (standaard deviatie (sd) = 80) regenwormen per m², wegende 264 (sd = 37) gram per m². Van de 713 wormen was 31 % (sd = 4) juveniel en 69% adult. 11% (sd = 5) was strooiselbewoner, 89% was bodembewoner. Er zijn geen pendelaars gevonden. Deze aantallen en biomassa bleken zeer weinig beïnvloed te zijn door de behandelingen (hoge P-waarden Tabel 3). Ondanks de schijnbare verschillen in gemiddelden tussen de behandelingen was de spreiding zo groot dat deze verschillen niet als significant kunnen worden aangemerkt. Het enige behandelingseffect dat we vonden was zwak (P = 0.09), en betrof het aantal juveniele strooiselbewoners. Hierbij waren de laagste aantallen gevonden in Dikke fractie met maaisel/bokashi en Drijfmest, en de hoogste aantallen in Dikke fractie met stro/compost.

Er is geen significant behandelingseffect op de visueel beoordeelde worteldichtheid, aandeel jonge wortels en bodemleven gevonden (P > 0.27) (Bijlage 7.2, Tabel 5).

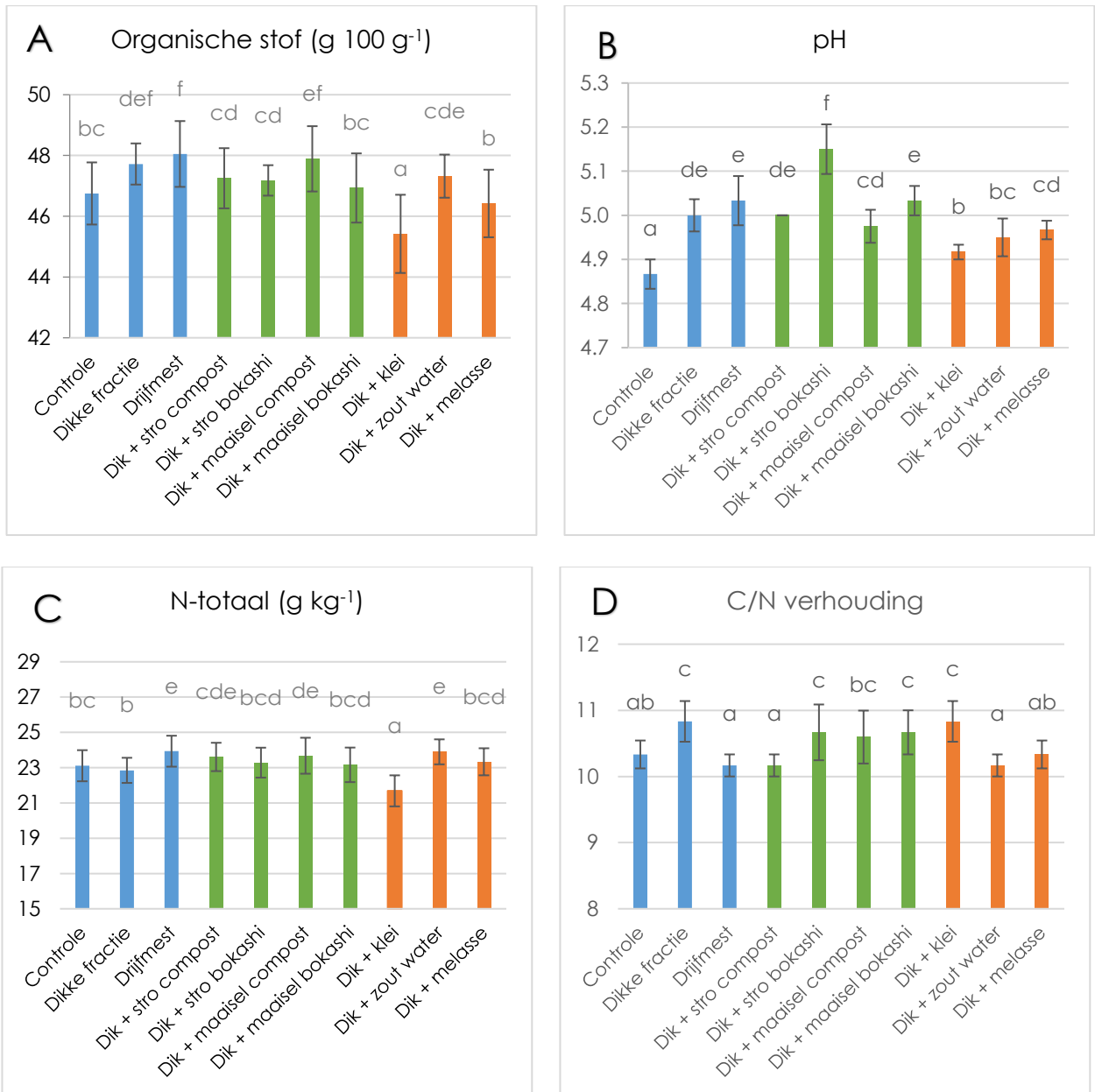
Tabel 3. Effect van mesttypen op regenwormen: biomassa en aantallen onderverdeeld in levensfase en functionele groepen.

behandeling	Bio-massa g/m ²	Totaal aantal n/m ²	Adult n/m ²	Juveniel n/m ²	Juveniel % van totaal	Bodem- bewoner n/m ²	Strooisel- bewoner n/m ²	Strooisel- bewoner % van totaal	Juveniele strooiselb. n/m ²
Controle	291	729	538	191	27%	660	69	16%	26.5
Drijfmest	245	664	470	194	28%	620	44.2	15%	11.8
Dikke fractie	306	804	478	326	36%	752	51.5	6%	34.0
Dik + Stro- compost	262	759	460	299	35%	667	92.2	12%	62.2
Dik + Stro- bokashi	218	582	416	165	28%	492	89.2	18%	35.8
Dik + Maaisel- compost	226	647	429	217	36%	578	68.7	11%	34.4
Dik + Maaisel- bokashi	211	612	380	232	33%	586	26	6%	6.0
Dik + Klei	285	768	565	203	26%	719	49.2	8%	31.8
Dik + Zout water	303	761	474	287	34%	712	49.5	6%	37.0
Dik + Melasse	294	801	560	240	29%	752	49	9%	16.5
gemiddeld	264.1	712.7	477.0	235.4	31.2%	653.8	58.9	10.5%	29.6
s.d.	36.7	80.2	61.6	52.7	4.1	84.9	20.7	4.5	15.8
P-waarde	0.91	0.97	0.96	0.58	0.79	0.94	0.40	0.35	0.09
I.s.d.	160.4	414.2	311.2	163.4	15.3	400.7	57.24	12.1	33.39

3.1.2 Chemische bodemeigenschappen

Verskillende behandelingen hadden een significant effect op bodemorganische stof (OS), zuurtegraad (pH_{KCl}), N-totaal, N-leverend vermogen, C:N-verhouding, kalium (K), natrium (Na), magnesium (Mg), kationen-uitwisselingscapaciteit (CEC) en (plant-beschikbaar) zwavel (S), maar niet op plant-beschikbaar fosfor in de bodem (P, Figuur 2 en Bijlage 7.3, Tabel 6). OS was het laagst in de behandeling Klei (45%) en het hoogst in Drijfmest (48%) (Figuur 2A). De pH was het laagst in de controlebehandeling zonder bemesting (Controle: 4,87) en het hoogst in de behandeling Stro bokashi (5,15) (Figuur 2B). N-totaal was het laagst in behandeling Klei ($21,7 \text{ g kg}^{-1}$), en het hoogst in Drijfmest en Zout water ($23,9 \text{ g kg}^{-1}$) (Figuur 2C). In lijn hiermee was het berekende N-leverend vermogen het laagst in de behandeling Klei (240 kg N ha^{-1}) en het hoogst in Drijfmest (276 kg N ha^{-1}) (Bijlagen, Figuur 9A). De C:N verhouding was het laagst in de behandelingen Drijfmest, Stro-compost en Zout water (C:N 10,2) en het hoogst in de behandelingen Dikke fractie, Stro-bokashi, Maaisel-bokashi en Klei (C:N 10,7-10,8) (Figuur 2D).

Het kaliumgehalte in de bodem was het laagst in de Controle (81 mg K kg^{-1}) en het hoogst in Drijfmest (119 mg K kg^{-1}) (Bijlagen, Figuur 9B). Het magnesiumgehalte was het laagst in de Controle, Klei en Zout water (591 , 612 en $608 \text{ mg Mg kg}^{-1}$) en het hoogst in Dikke fractie en Maaisel-compost (639 en $640 \text{ mg Mg kg}^{-1}$ resp.) (Bijlagen, Figuur 9C). Het natriumgehalte was eveneens het laagst in de Controle (69 mg Na kg^{-1}), en het hoogst in Zout water ($178 \text{ mg Na kg}^{-1}$) (Bijlagen, Figuur 9D). Het plantbeschikbare zwavelgehalte was het laagst in Drijfmest (99 mg S kg^{-1}) en het hoogst in Maaisel-bokashi (118 mg S kg^{-1}) (Bijlagen, Figuur 9E). De CEC was het laagst in Drijfmest, Controle, Melasse, Klei en Zout water en het hoogst in Stro-compost (Bijlagen, Figuur 9F).



Figuur 2. Effect van mesttypen op chemische bodemparameters: bodemorganische stofgehalte (OS; A), pH_{KCl} (B), N-totaal (C), C:N verhouding (D) in oktober van het tweede bemestingsjaar. De drie kleuren representeren de drie categorieën behandelingen: referentie (blauw), composteren/fermenteren (groen) en toevoegmiddelen (oranje). Foutenbalk is + en - de standaardfout (SE) bij $n=6$.

3.1.3 Fysische bodemeigenschappen

Er zijn geen behandelingseffecten op de indringingsweerstand gevonden (Bijlagen, Figuur 10A). De gemiddelde indringingsweerstand over alle behandelingen in de laag 0-10cm was laag, namelijk 0,91 (sd = 0,04) MPa. Er was in geen van de gevallen sprake van een verdichte bodemlaag.

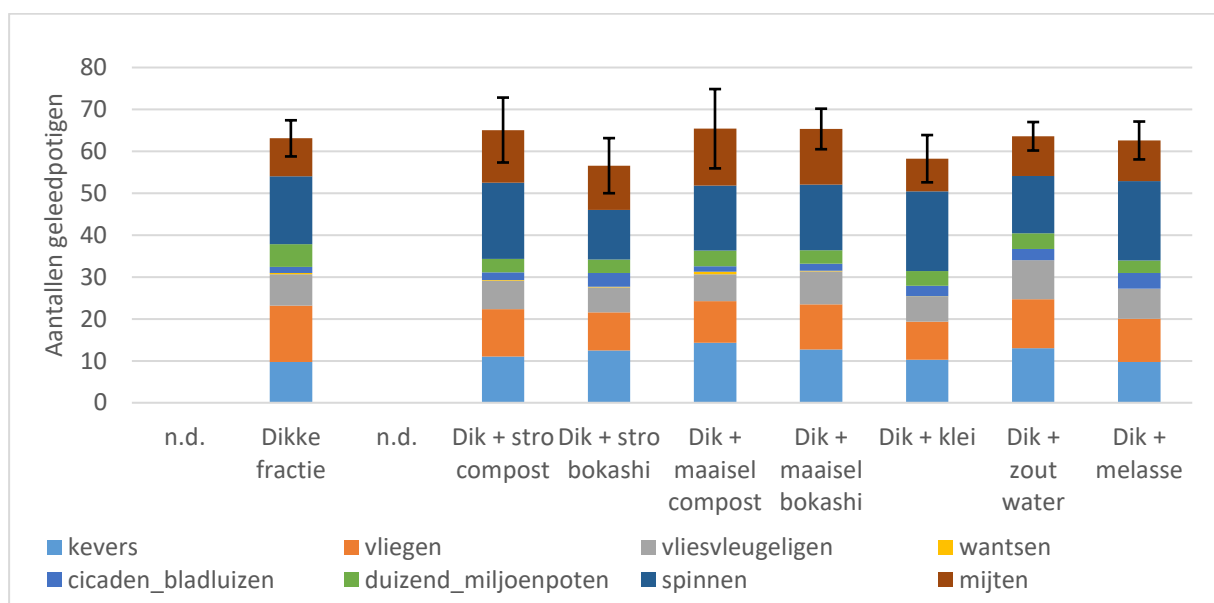
De behandelingen hadden geen significant effect op het lutumgehalte, de waterinfiltratie en het percentage kruimelig, afgerond blokkige en scherpvormige elementen (Bijlagen, Tabel 7).

3.2 Insecten (geleedpotigen)

3.2.1 Aantallen per orde

In de potvallen zijn in totaal 5751 geleedpotigen (arthropoden) gevonden (springstaarten en onbekenden niet meegeteld). Dat zijn gemiddeld 60 per potval. De meest talrijke ordes zijn de spinnen (1544 gevangen individuen), kevers (1113, waarvan 75% adulten) en vliegen (1026).

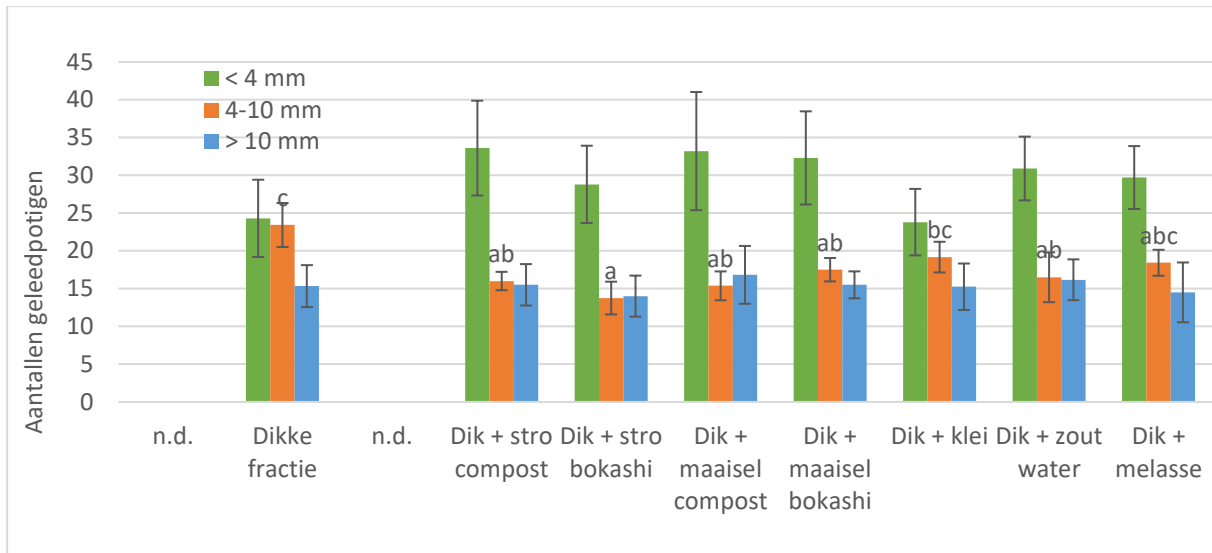
De totale aantallen geleedpotigen per behandeling verschilden maar dit was niet significant (Figuur 3, $P = 0.85$). Bij de ordes waren verschillen in aantal individuen tussen de behandelingen te zien, maar ook dit effect was niet significant (P -waardes boven de 0.12).



Figuur 3. Effect van mesttypen op aantallen geleedpotigen in oktober van het tweede bemestingsjaar. Gemiddelde aantallen geleedpotigen per behandeling, verdeeld over acht ordes. De behandeling had geen significant effect. Foutenbalk is + en - de standaardfout (SE) op het totaal aantal bij $n=6$.

3.2.2 Aantallen per grootte-klasse

Het enige significante behandelingseffect was te zien bij de aantallen geleedpotigen in de grootteklasse 4 tot 10 mm (de middenklasse) ($P = 0.021$). Hierbij was het aantal het hoogst in de controle met onbehandelde dikke fractie, de dikke fractie met klei en die met melasse. Het laagste aantal was gevonden in de bijmenging met stro-bokashi, maar de verschillen waren beperkt (Figuur 4).



Figuur 4. Effect van mesttypen op aantallen geleedpotigen in oktober van het tweede bemestingsjaar, verdeeld in drie grootteklassen. Er was een significant behandelingseffect voor klasse 4-10 mm; letters geven voor die klasse significante verschillen tussen behandelingen aan.

3.2.3 Bodem- en vegetatiebewoners

De verwachting was dat de toevoegingen aan mest met name invloed zouden hebben op de geleedpotigen die op en in de bodem leven en minder op de geleedpotigen die in en op de vegetatie leven. Daarom zijn de ordes ingedeeld in bodembewoners en vegetatiebewoners (zie 2.3.4. voor de indeling). Het gemiddelde aantal bodembewoners was in de behandelingen met stro compost (44.9), maaisel compost (44.4) en maaisel bokashi (44.4) hoger dan de controle met vaste fractie (38.8), maar het verschil was niet significant. De andere behandelingen verschilden minder met de controle dikke fractie.

3.2.4 Verschillen over de blokken

In plaats van effecten van verschillende behandelingen zagen we significante effecten van de blokken (eenheden van bemonstering in tijd en ruimte, Bijlage 7.1) op het totale aantal geleedpotigen, de kevers, vliegen, vliesvleugeligen, cicaden en bladluizen, duizendpoten en miljoenpoten en mijten. Tegelijk verschilde het per orde welke blokken hoger of lager scoren. Vliegen zagen we bijvoorbeeld meer in blokken A, B, en C (voor overzicht proefveld, zie Bijlage 7.1, Figuur 8). Mijten meer in D, E, en F. Kevers het meest in E en F, daarna in C en D en het minst in A en B. Deze effecten zeggen niets over effecten van behandelingen, maar wel over de variatie in tijd en ruimte, die in deze proef duidelijk groter was dan het effect van de behandelingen.

Ook bij de grootteklassen zien we een blok-effect. De kleinste categorie was een stuk minder aanwezig in blok A (gemiddeld 9.8) dan in de andere blokken (28.3-36.1), terwijl de middelste groep juist het meest in blok A (gemiddeld 23.1) en het minst in andere blokken was (resp. 14.3 en 14.1 in blok B en C).

Bij de bodem- en vegetatiebewoners zagen we ook significante blokeffecten. We zagen beduidend meer bodembewoners in de blokken D, E en F (gemiddeld resp. 43.2, 54.2, 54.2) dan in de blokken A, B en C (gemiddeld resp. 30.6, 31.0, 37.7). De vegetatiebewoners werden meer in de blokken B en C gevonden (resp. 25.1, 27.2) dan bijvoorbeeld in A en D (18.3 en 17.3).

3.3 Grasproductie en stikstofbenutting

Vergeleken met de onbemeste Controle ($8,7 \pm 0,5$ ton DS ha⁻¹ jaar⁻¹), verhoogden alle mestbehandelingen de DS-opbrengst van gras met 7 tot 25 % (Figuur 5). Alleen de onbehandelde dikke mestfractie had geen significant effect op de opbrengst, alle andere mestbehandelingen hadden wel een significant productie-verhogend effect. De hoogste gewasopbrengst was in de behandeling met Maaisel-bokashi ($10,9 \pm 0,3$ ton DS ha⁻¹ jaar⁻¹).

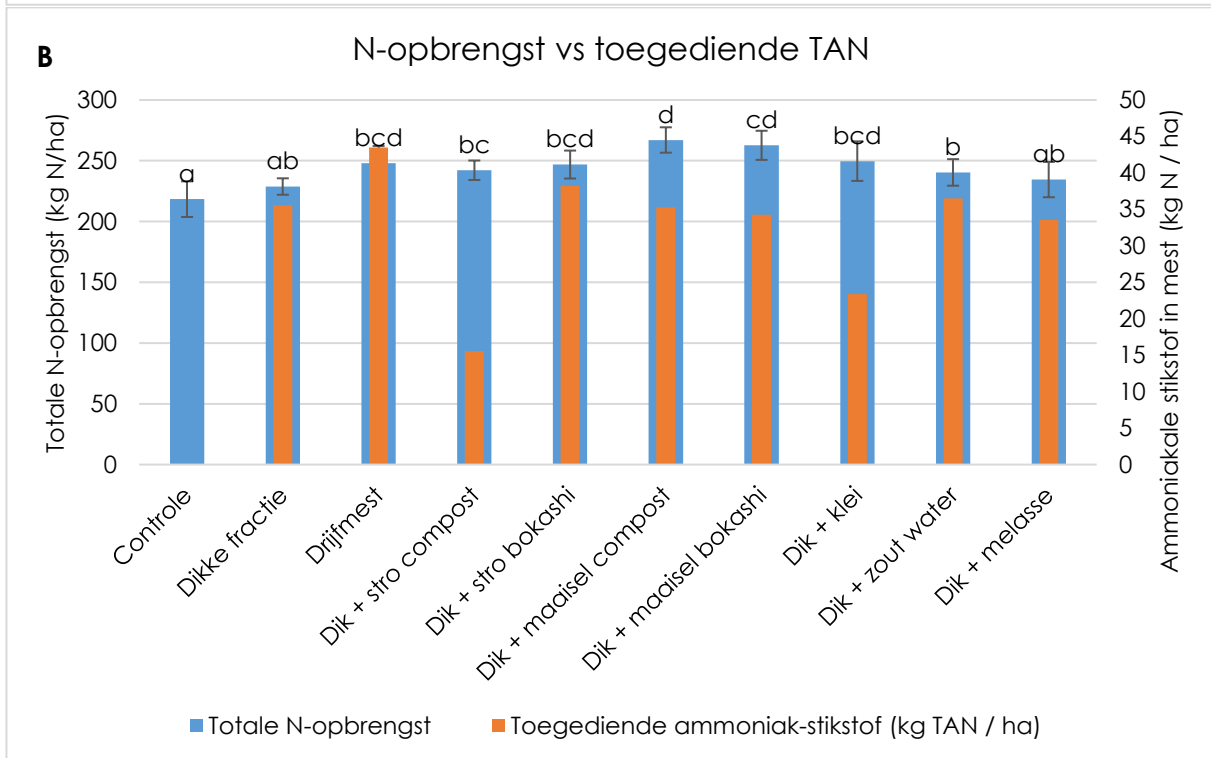
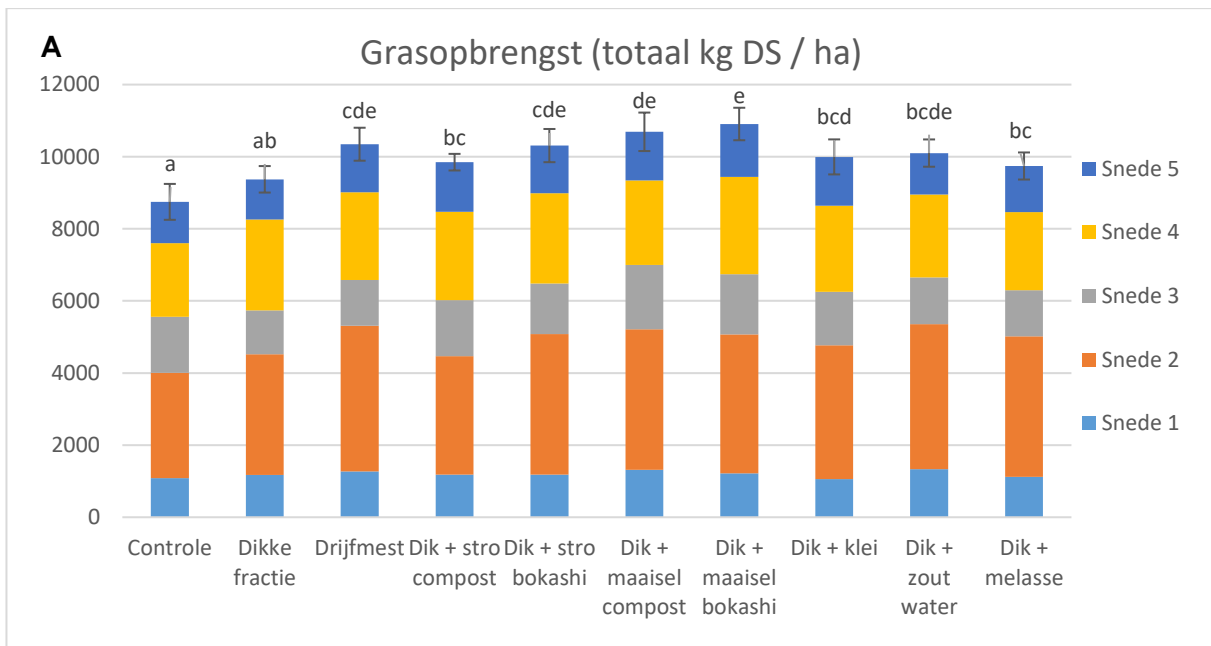
In de opbrengsten uitgesplitst per snede waren de effecten in de 2^e snede het grootst, dit was ook de snede met de hoogste opbrengsten en de snede die volgde op de eerste mestgift van de verschillende behandelingen, met 2/3^e van de jaargift (Bijlage 7.5, Tabel 8). Behandelingseffecten waren ook zichtbaar in de 3^e snede (de snede met de resterende 1/3^e van de jaargift), maar minder sterk dan in de 2^e snede. De andere snedes vertoonden geen behandelingseffecten op de grasproductie en N-benutting.

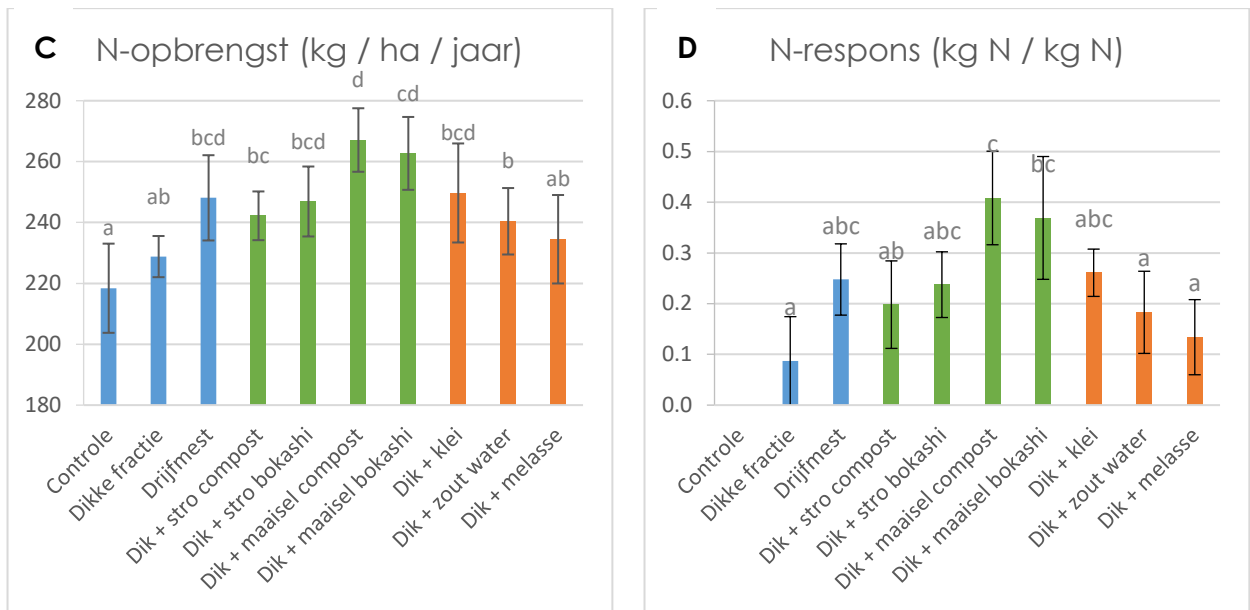
Vergelijkbaar met de DS-opbrengst werd ook de totale N-opbrengst beïnvloed door de behandelingen (Figuur 5C). Vergeleken met de onbemeste Controle (218 ± 11 kg N ha⁻¹ jaar⁻¹), verhoogde alle mestbehandelingen de N-opbrengst met 5 tot 22 %. De onbehandelde dikke fractie had geen significant effect op de N-opbrengst, ondanks dat 120 kg N/ha was toegediend. De hoogste N-opbrengst was in Maaisel-compost (267 ± 8 kg N ha⁻¹ jaar⁻¹).

De N-respons varieerde tussen 0,1 en 0,4 kg N / kg N, met een hoge variatie (standaardfout) binnen de behandelingen (Figuur 5D). Toch was het behandelingseffect significant ($P = 0.03$); hierbij was de N-respons het laagst voor de onbehandelde dikke fractie en de dikke fractie met zout water en melasse en het hoogst voor de dikke fractie met maaisel compost en maaisel bokashi. Het toevoegen van maaisel aan de dikke fractie verhoogde de N-benutting vergeleken met de onbehandelde dikke fractie.

Ook de overige voederwaardeparameters vertoonden significante behandelingseffecten, maar dit was alleen in de 2^e snede (Bijlage 7.5, Tabel 9).

Het chloorgehalte van de 2^e, 3^e en 4^e snede was significant het hoogst in de behandeling met zout water. Het gemiddelde N-gehalte van het gras werd niet door de behandelingen beïnvloed.

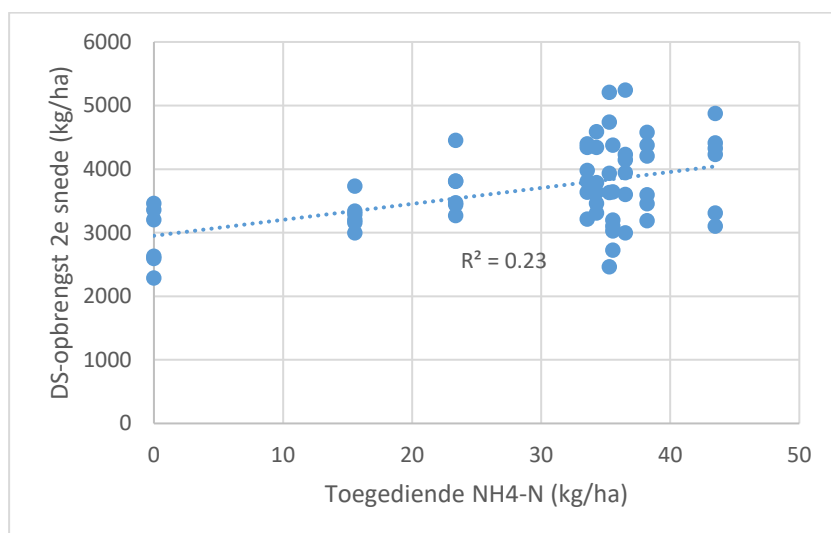




Figuur 5. Effecten van twee jaren van de mestbehandelingen op gewasopbrengst in drogestof (DS) (A), N-opbrengst uitgezet tegen de toegediende ammoniakale stikstof (TAN) (B), N-opbrengst (C) en N-respons (D). Foutenbalk is + en - de standaardfout (SE) bij n=6.

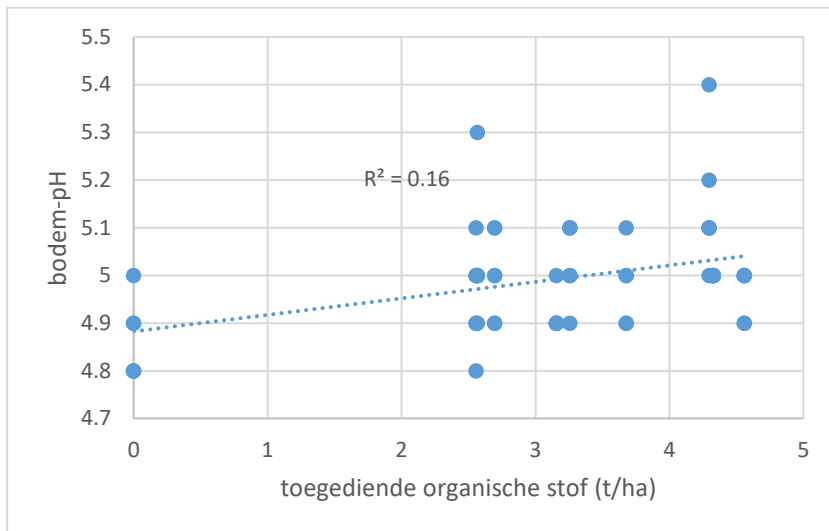
3.4 Correlaties tussen mest, bodem, insecten en gras

In de vorige paragraaf zagen we bemestingseffecten op gras DS- en N-opbrengsten. De variatie in grasopbrengst was zwak gecorreleerd met de hoeveelheid via mest toegediende N, P en K (uitgedrukt in kg/ha). Dit was het duidelijkst zichtbaar voor de DS- en N-opbrengst in de 2^e snede en de toegediende ammoniakal N (NH₄-N, $r = 0.48$ en 0.45 , respectievelijk, Figuur 6). De totale DS opbrengst per jaar was zwak gecorreleerd met de toegediende minerale N ($r = 0.37$).



Figuur 6. Correlatie tussen via bemesting toegediende minerale N (NH₄-N) en gras DS opbrengst in de 2^e snede ($r = 0.48$).

Er waren correlaties tussen de mesteigenschappen en bodemchemische parameters. Correlaties met bodemfysische parameters, regenwormen en insecten waren zwak ($r < 0.40$). Bodem-K en Na waren beide positief gecorreleerd met de hoeveelheid met mest aangebrachte K en Na (respectievelijk). Bodem-pH was positief gecorreleerd met de hoeveelheid met mest aangebrachte organische stof (Figuur 7), $\text{NH}_4\text{-N}$ en K. Toevoeging van meer organische stof via de mest gaf een hogere totale CEC-bezetting. Er was geen effect van met mest aangebrachte organische stof op de hoogte van de bodem-organische stof. Het toevoegen van klei aan de dikke fractie had wel een verlagend effect op het organische stofgehalte (Figuur 2A).



Figuur 7. Correlatie tussen via bemesting toegediende organische stof en bodem-pH ($r = 0.40$).

Daarnaast is een aantal andere correlaties gevonden. Daar waar de N-respons hoog was tijdens het groeiseizoen is een lage indringingsweerstand in de bovengrond gemeten ($r = -0.46$). Er waren meer regenwormen, voornamelijk bodembewoners, op plekken met een lager organische stofgehalte en hoger lutumgehalte (dus meer minerale bodem) ($r = -0.47$ en $+0.65$, respectievelijk). Strooiselbewoners waren positief gecorreleerd met Ca-voorraad in de bodem ($r = 0.45$).

4 Discussie

Het doel van de veldproef was om inzicht te krijgen in effecten van dikke fractie, al dan niet behandeld, op ecosysteemdiensten: ondersteuning van biodiversiteit, water- en klimaatregulatie en grasproductie. Indicatoren voor deze ecosysteemdiensten zijn in het gewas en in de bodem gemeten. De proefresultaten worden in de volgende paragrafen besproken vanuit het perspectief van de ecosysteemdiensten.

4.1 Ondersteunen van biodiversiteit

4.1.1 Biodiversiteit op en in de bodem

Er is in de proef direct aan biodiversiteit gemeten, namelijk aan regenwormen, insecten en een indicator voor bodemleven-activiteit. Omdat op de schaal van het proefveld geen directe effecten op aantallen weidevogels kunnen worden gemeten, is op basis van bodem- en gewasparameters een inschatting gemaakt van behandelingseffecten op de waarde van het habitat, zoals voedselbeschikbaarheid en -bereikbaarheid.

De metingen in het najaar van 2023, na twee groeiseizoenen van de proef, geven geen duidelijke verschuivingen aan in de regenwormenpopulatie en laten kleine effecten zien in de insectenpopulatie. In een eerdere proef in Zegveld waarin verschillende soorten mest zijn vergeleken zijn wél duidelijke effecten op regenwormen gemeten, namelijk een positief effect op strooiselbewonende regenwormen van mestsoorten die zowel rijk in N zijn als in verse (ofwel onverteerde) organische stof (Deru et al. 2023a). Een soortgelijk effect bij strotijke mest was hier ook verwacht. Het ontbreken hiervan kan verschillende redenen hebben. Blijkbaar waren de verschillen tussen de behandelingen niet groot genoeg om binnen deze relatief korte proefduur (2 groeiseizoenen) een verschil te geven. Ook kan de timing van de bemonstering een rol hebben gespeeld: in de eerdere proef waren de regenwormen in april bemonsterd, een aantal weken na de mestgift; in onze proef werd in oktober bemonsterd, ruim vier maanden na de mestgift. Dit heeft als voordeel dat er dan lange termijneffecten worden gemeten, maar met het risico van minder duidelijke verschillen. Een andere verklaring kan ook het grote aantal wormen zijn dat in alle behandelingen is gevonden, wel het dubbele van de proef van Deru et al. (2023a), en ook duidelijk hoger dan de gemiddelde in het westelijk veenweidegebied (Deru et al. 2018; Rutgers et al. 2009). Bij zulke aantallen worden kleine verschuivingen sneller verborgen door de grote natuurlijke abundantie en variatie.

Er was een aantal correlaties tussen regenwormen en andere bodemparameters. Deze zeggen niet noodzakelijkerwijs iets over de behandelingen, maar verbanden kunnen helpen om verklaringen te vinden voor gemeten effecten. In dit geval vertonen de correlaties weinig overeenkomst met de correlaties uit de eerder proef (Deru et al. 2023a). Wij zien bijvoorbeeld een hoger aantal wormen bij lagere bodemorganische stof, P-al en Mg en bij meer lutum. Terwijl Deru

et al. (2023a) juist een positief verband vonden tussen regenwormen en organische stof en P-al, want deze laatste waardes waren gerelateerd aan meer input van organischestof-rijke en P-rijke mest, positief voor regenwormen. Maar ondanks dat onze behandeling met toegevoegde klei een verlaging in de percentage bodemorganische stof veroorzaakte (Tabel 6 in Bijlage 7.3), was er geen significant effect van die behandeling op aantallen regenwormen (Tabel 3). Het blijft dus onduidelijk wat de gevonden correlaties betekenen.

Ook de geleedpotigen (insecten) vertoonden een grote variatie tussen de verschillende proefplotjes, waardoor behandelingseffecten zwak waren. Er was een effect op de aantallen in de grootteklasse 4-10 mm: de behandelingen met stro en maaisel scoorden iets lager, en de onbehandelde dikke fractie had de hoogste aantallen. Door het ontbreken van effecten op de specifieke soorten(-groepen) zijn deze effecten echter moeilijk te interpreteren.

We hadden verwacht dat de toevoegingen van organische stof met name op de bodembewoners een positief effect zou hebben. Een mogelijke verklaring waarom dit effect niet gevonden is, is dat potvalgegevens iets zeggen over de mobiliteit en activiteit van de insecten. Hoe mobieler, hoe groter de kans dat ze in een potval belanden (Brown & Matthews, 2016). Mogelijk waren de proefplotjes te smal ten opzichte van de mobiliteit van de insecten. Het is ook mogelijk dat er binnen de ordes veel variatie in effect van behandelingen is, omdat soorten binnen de ordes verschillend reageren. Om daar achter te komen, zouden de insecten tot op soortniveau moeten worden gedetermineerd.

We vonden echter wel sterke blokeffecten. Dit zou te maken kunnen hebben met variatie binnen het perceel die de verschillen tussen de behandelingen overtreft. Blokken D en F liggen dicht bij een bomenrij, zijn dus mogelijk meer beschermd, bieden meer schuilgelegenheid en variatie in microklimaat. C en E volgen daarna en B en tot slot A liggen verder van de bomenrij. Blokken A-D liggen juist dicht bij een sloot met oeverbegroeiing, dit zou ook een rol kunnen spelen. Blokken E en F liggen verder van de sloot. Oevers kunnen een schuilplek zijn en de vochtige omstandigheden kunnen ook gunstig uitpakken voor insecten.

Het blokeffect zou ook te maken kunnen hebben met de datum van monsternamen en het weer. A, B en C zijn bemonsterd in de laatste week van augustus, die was minder warm dan de eerste week van september waarin D, E en F zijn bemonsterd (Figuur 1). Gemiddeld zagen we meer bodembewoners (vooral meer mijten) in D-F. Bij vegetatiebewoners leek het eerder op een hogere score in A-C. Vooral vliegen werden meer in A-C gevonden.

Opmerkelijk was dat het aantal bodembewonende insecten positief correleerde met de gras-N-opbrengst, en dat het aantal vegetatiebewonende insecten juist negatief daarmee correleerde. Dit zou kunnen worden geïnterpreteerd als: daar waar meer N beschikbaar is (en gras meer N opneemt), zijn de omstandigheden gunstiger voor insecten die in de bodem leven (rijker voedselketen), maar ongunstiger voor insecten die in de vegetatie leven (dominantie van enkele hoogproductieve grassen toeneemt bij en hogere N-beschikbaarheid).

4.1.2 Weidevogels

Een belangrijke reden om ruige of dikke mest te gebruiken is voor de weidevogels, vanwege het positieve effect op regenwormen en vegetatie (Onrust en Piersma, 2019; Oosterveld, 2006). Met de veldproef wilden we inzicht krijgen in effecten van dikke fractie op factoren die van belang (kunnen) zijn voor weidevogels, zoals:

- Voedselbeschikbaarheid: regenwormen (biomassa, aantallen strooiselbewoners, bodembewoners en totaal aantal), insecten (aantallen < 4 mm, < 10 mm), bodem pH (vanwege link met regenwormen en bodemleven in het algemeen; Curry, 2004; Deru et al. 2018; Ma et al. 1990)
- voedselbereikbaarheid: indringingsweerstand van de bodem 0-10cm, zwaarte van de grassnedes.
- Overig: strorijkheid mest

Vanuit het perspectief van voedselbeschikbaarheid kunnen we op basis van de gevonden resultaten iets zeggen over insectenaantallen en pH.

De insecten lijken het meest talrijk te zijn bij de onbehandelde dikke fractie vergeleken met de behandelde dikke fractie (Figuur 3). Omdat in de onbemeste controle en de controle met drijfmest de insecten niet zijn gemeten kan geen uitspraak worden gedaan over het effect van dikke fractie ten opzichte van drijfmest of onbemest. Binnen elke behandeling was een grote spreiding te zien en ook is verder geen duidelijk verschil in soorten insecten waargenomen. Deze resultaten lijken anders te zijn dan eerder onderzoek (Deru et al., 2016) waar bij dikke fractie van mechanisch gescheiden drijfmest meer insecten werden gevonden dan in plotjes bemest met drijfmest, ruige mest, GFT-compost, KAS of zaagsel+KAS. Hierdoor kunnen we op basis van deze proef alleen een algemene conclusie trekken dat onbehandelde dikke mestfractie het meest positieve resultaat geeft voor geleedpotigen, en dat deze effecten klein zijn ten opzichte van de natuurlijke variatie in het veld door de tijd heen en door nabijheid van natuurlijke elementen als slootranden en bomenrijen. Dat de pH van de bodem iets stijgt met alle mestsoorten, maar over het algemeen meer met de mestsoorten die meer organische stof toevoegen (stro en maaisel), is in lijn met literatuur (Deru et al, 2023a). Dit betekent dat het gebruik van dikke fractie, met name wanneer het verder verwerkt is tot een dikke mest met veel organische stof, in algemene zin gunstig is voor regenwormen en daarmee voor de voedselvoorziening van weidevogels.

Vanuit het perspectief van de voedselbereikbaarheid gaf de indicator indringingsweerstand, dat aangeeft hoe gemakkelijk het is om met een snavel in de grond naar regenwormen te zoeken, geen aanleiding tot positieve of negatieve effecten van de onderzochte mestsoorten. Wel was er verschil in grasopbrengsten per snede. In de tijd dat de jonge weidevogels nog niet kunnen vliegen is een hoge grasdichtheid ongunstig: ze kunnen zich moeilijk verplaatsen. De grasopbrengst in de eerste en tweede snede is hiervoor een indicator. In dit opzicht was in de proef de onbemeste variant het gunstigst, gevolgd door stro-compost en drijfmest (DS-opbrengst 2^e snede). De overige behandelingen met dikke fractie gaven hogere grasopbrengsten.

4.2 Water- en klimaatregulatie

4.2.1 Waterregulatie

Van de indicatorparameters voor waterregulatie (waterinfiltratiesnelheid, bodemstructuur, beworteling en bodemleven) zijn geen significante verschillen tussen de behandelingen gevonden. Ook zijn er geen correlaties tussen regenwormen, bodemstructuur en waterinfiltratie, die in de wetenschappelijke literatuur over veenweiden wordt gerapporteerd. Blijkbaar zijn de effecten van de behandelingen, met redelijk lage mestdoseringen en een tweejarige proef, beperkt op de fysische bodemeigenschappen. We concluderen daarom op basis van deze veldproef dat het gebruik van dikke fractie van een mestscheidingsvloer, al dan niet vermengd, gecomposteerd of gefermenteerd, geen duidelijk positief of negatief effect heeft op de waterregulatiefunctie van de veenweidebodem.

4.2.2 Klimaatregulatie

De indicatorparameters voor klimaatregulatie zijn bodemorganische stof (indicatie van netto afbraak/opslag) en bodem pH (indicator van bodemleven-activiteit en afbraak van organische stof) deze lieten significante behandelingseffecten zien. Op basis van de incubatieproef (Deru et al. 2023b) zijn ook uitspraken mogelijk voor de BKG-emissie bij opslag van mestsoorten. De resultaten zijn voor deze parameters in Tabel 4 samengevat.

In veengrond is een verandering in gehalte aan organische stof in de bovenste 10 cm niet noodzakelijkerwijs alleen het gevolg van verschillen in afbraak en opbouw. In de behandeling 'klei' was de significante daling in organische stof hoogstwaarschijnlijk het gevolg van verdunning door het toevoegen van klei, zonder dat de totale organische stof-pool is veranderd (zie ook Deru et al. 2023a). Dit is bevestigd met massa-balans berekeningen. Eventuele effecten van de klei in het binden van organische stof (Van Agtmaal et al., 2020) zijn op deze tijdschaal naar verwachting beperkt.

Tabel 4. Effect van mestsoorten op indicatorparameters voor klimaatregulatie op basis van de proefresultaten en resultaten van Deru et al. 2023b. NB: bij pH is een verhogend effect met '-' aangeduid omdat dat negatief is voor klimaatregulatie, door de snellere afbraak van organische stof.

	Controle (geen mest)	Dikke fractie (DF)	Drijf- mest	DF stro comp.	DF stro boka.	DF maaisel comp.	DF maaisel boka.	DF klei	DF brak	DF melasse
Bodem- organische stof	0	+	+	0	0	+	0	0*	0	0
Bodem-pH	0	-	-	-	--	-	-	0	-	-
BKG (mestopslag)	0	-	---	--	-	--	-	-	-	-
Totaal	0	-	---	---	---	--	--	-	--	--

Uit bovenstaande kunnen we concluderen dat alle vormen van bemesten een negatief effect hebben voor klimaat, maar dat er verschillen zijn tussen de gebruikte mestsoorten. De onbehandelde dikke fractie en de dikke fractie met klei hadden daarin de minst negatieve impact.

4.3 Grasproductie en stikstofbenutting

In de tweede en derde snedes zijn behandelingseffecten gemeten in grasopbrengsten, zowel in de DS-productie, N-opname, N-benutting, als in voederwaarde. Dit zijn de snedes na de eerste en tweede bemestingsrondes met de verschillende behandelingen; de andere snedes vertoonden geen significante effecten. Dit geeft aan dat de bemesting voornamelijk een korte-termijneffect had. Dit is te verwachten in een proef met maar twee groeiseizoenen en met behandelingen die niet extreem van elkaar verschillen. Ter vergelijking, in de eerder aangehaalde bemestingsproef die 3 seizoenen liep en met grotere verschillen in de behandelingen (Deru et al. 2023a) werden in alle snedes bemestingseffecten gevonden. De omstandigheden zijn ook van invloed op het al dan niet vinden van een behandelingseffect; hoe beter de groeiomstandigheden voor het gewas (bodemvruchtbaarheid, vochtvoorziening, etc.) hoe moeilijker het is om een bemestingseffect aan te tonen. Dat in de proef geen verschil is aangetoond tussen onbemeste plots en plots met onbehandelde dikke mestfractie toont aan dat de groeiomstandigheden in het proefveld gunstig waren voor het gewas, en dus ongunstig voor het aantonen van bemestingseffecten in de proef.

Effecten van mesttypen op grasgroei kunnen in deze veldproef het gevolg zijn van de volgende factoren:

- verschillen in gehalten en opneembaarheid van nutriënten in de mest (bijvoorbeeld N-mineraal, C/N ratio, zie Tabel 1);
- verschillen in verlies van N (NH₃-emissie, denitrificatie en nitraatuitspoeling) na aanwending;
- verschillen in opname van de mest/nutriënten in de bodem en mineralisatie van bijvoorbeeld organische N;
- effecten van de mest op de bodemkwaliteit: fysisch, biologisch, chemisch (zie paragraaf 3.1).

Omdat we van deze factoren alleen informatie hebben over de mestsamenstelling en de bodemkwaliteit, zijn er niet altijd volledige of volledig zekere verklaringen voor de gevonden verschillen in grasopbrengsten.

4.3.1 Dikke fractie versus drijfmest

Een eerste resultaat is dat bemesting met onbehandelde dikke fractie zeer weinig meeropbrengst (niet significant) opleverde ten opzichte van de onbemeste controle. Dit komt ook tot uiting in de zeer lage N-respons van gemiddeld 0.1 kg N opname per kg toegediende N. Drijfmest had een duidelijk betere werking dat tot uiting kwam in een hogere totale DS-opbrengst en hogere N-

werking. Overigens werd ook in Deru et al. (2023a) een zeer lage (en zeer variabele) N-respons gevonden onder de organische mestsoorten op veengrond. Het verschil in gewasrespons en N-benutting tussen dikke fractie en drijfmest kan deels worden verklaard door een hogere percentage werkzame N (resp. 36 t.o.v. 43 kg NH₄-N/ ha).

In tegenstelling tot de verwachting was de totale hoeveelheid toegevoegde organische stof bijna gelijk tussen dikke mestfractie en drijfmest (Tabel 1). Dit komt omdat bij scheiding met een vloer met geperforeerde vloerdelen (merknaam Zeraflex) de scheiding leidt tot een schone urinefractie met een hoog ammoniakaal N-gehalte en laag organische stofgehalte. Omdat de gaatjes in de vloer klein zijn, blijft een deel van de urine in de dikke mestfractie. De dikke mestfractie wijkt daarmee minder af van drijfmest dan bijvoorbeeld bij mechanische mestscheiding het geval is. Wel is het ammoniakaal N-gehalte lager in de onbehandelde dikke mestfractie dan drijfmest omdat deze is geconcentreerd in de dunne mestfractie. Grasopbrengst wordt sterk gestuurd door het werkzame ammoniakaal N.

Opvallend is dat ondanks een gelijke C/N ratio van beide mesttypen, de bodem een significant hogere C/N ratio had bij dikke fractie dan bij drijfmest (Figuur 2D): dit duidt op een verschil in afbreekbaarheid (mineralisatiesnelheid) van de organische stof in de bodem dat lager is bij de dikke mestfractie dan bij drijfmest. Dit zou (deels) ook het verschil in opbrengst kunnen verklaren. Door een lagere mineralisatiesnelheid komt minder stikstof vrij voor het gewas. Anderzijds kan bij de dikke mestfractie een deel van de stikstof die is toegediend zijn uitgespoeld of (nog) niet zijn vrijgekomen.

4.3.2 Dikke fractie: effecten van toevoegingen en behandelingen

Interessant is dat het behandelen van de dikke fractie met organische toevoegmiddelen leidde tot een hogere DS-opbrengst en N-werking dan de onbehandelde dikke fractie. De dikke fracties vermengd met stro (alleen bij bokashi) of maaisel (zowel composteren als bokashi) gaven een hogere DS-opbrengst dan de onbehandelde dikke fractie. De dikke fractie met stro-compost, klei, zout water of melasse gaven geen verschillen. De effecten op de N-opbrengst waren in grote lijnen vergelijkbaar, maar minder sterk: hier waren alleen de dikke fractie met maaisel (beide varianten) significant hoger. Ook was de N-respons alleen hoger bij de maaisel-varianten.

De behandelingen met toevoegen van maaisel en met stro-bokashi hadden een vergelijkbare ammoniakaal N-gehalte als de onbehandelde dikke fractie. Stro-compost en klei hadden een beduidend lagere ammoniakaal N-gehalte in de mest. Dit verklaart mogelijk de lagere opbrengst en N-opname in deze behandelingen. De toevoegingen van zout water en melasse hadden geen effect op de hoeveelheid toegediende ammoniakaal-N, maar ook niet op opbrengst, N-opname en N-benutting. Het is dus extra opvallend dat, bij een vergelijkbaar ammoniakaal N-gehalte in de mest en bij een zelfde N-dosis, het toevoegen van stro-bokashi en maaisel-compost en -bokashi zowel positief was voor opbrengst, N-opname als N-benutting vergeleken met onbehandelde dikke fractie.

Het toevoegen van stro en vervolgens 6 weken open laten composteren (waarbij de mest regelmatig werd omgezet maar de temperatuur nauwelijks steeg) heeft de DS- en organische stofgehaltes en C/N ratio van de mest sterk verhoogd, maar de N-mineraal gehalte sterk verlaagd (Tabel 1). Doordat er weinig omzetting van de grote hoeveelheid stro heeft plaatsgevonden, kan het zijn dat het proces van mineralisatie in de bodem na mestaanwending vertraagd is ten opzichte van de andere behandelingen, wat leidde tot lage grasopbrengsten. We hebben geen verklaring voor de verlaagde C/N ratio in de bodem.

Het anaeroob opslaan van de dikke fractie met stro en bokashi-mineralen leidde tot een vochtiger product (lagere DS-gehalte) met lagere C/N ratio dan de gecomposteerde variant: hoogstwaarschijnlijk het gevolg van verdamping en verlies van stikstof door emissie (NH_4 , N_2O) bij composteren, maar niet bij fermenteren. Overigens waren dezelfde trends zichtbaar bij de twee maaiselvarianten, hoewel minder duidelijk (Tabel 1), wat deze verklaring ondersteunt. De hogere pH van de bodem in de beide bokashi-behandelingen ten opzichte van composteren is hoogstwaarschijnlijk het effect van de toegevoegde schelpen-kalk en klei-mineralen als onderdeel van het bokashi-recept. Deze verschillen in de mest en in de bodem kunnen verklaren dat de grasopbrengst iets (maar niet significant) hoger was bij bokashi dan bij composteren.

De drie behandelingen met klei, zout water en melasse waren qua grasopbrengsten niet anders dan de onbehandelde dikke fractie, ondanks een aantal verschillen zowel in de mest als in de bodem:

- De Klei-mest had logischerwijs een verhoogde ruw-as en DS-gehalte door de toegevoegde klei, maar ook een laag beschikbaar kali-gehalte. Daarnaast was het aandeel N-mineraal in de hoeveelheid bemeste N laag ten opzichte van de andere behandelingen. Opvallend in de bodem was de lage pH en hoge C/N ratio bij klei. Deze veranderingen vertaalden zich niet in andere grasopbrengsten; mogelijk is hiervoor een langer durende proef nodig zeker omdat er een opbouw in effect wordt verwacht als elk jaar klei wordt toegevoegd met de bemesting.
- Het verdunningseffect van zout water was te zien in de gehalten van de mest, waaronder Natrium. Dit gaf vervolgens een duidelijke toename van het natriumgehalte in de bodem. Een verhoogd natriumgehalte in de bodem (verzilting) kan leiden tot een verslechterde bodemstructuur (bij kleigronden) en een verminderde beschikbaarheid van andere kationen als kalium (Rengasamy, 2018). Ook het chloorgehalte in de grassneden volgend op de bemestingsrondes (snedes 2, 3 en 4) was duidelijk hoger. Een hoger chloorgehalte in het gras heeft geen negatief effect op melkvee, aangezien overtollig chloor in het bloed gemakkelijk via de urine uitgescheiden wordt. Het toevoegen van zout water had verder een verlagend effect op de pH en C/N ratio, maar geen effect op de gewasopbrengst.
- Bij de melassebehandeling waren DS-opbrengst en in de bodem organische stof, C/N ratio, kali- en magnesiumgehalten opvallend hoger dan de onbehandelde dikke fractie. Deels is

dat te verklaren met de inhoudsstoffen van melasse, maar het is onduidelijk waarom de organische stof zoveel hoger was (Tabel 1). Vanwege de ontmenging van de dikke mestfractie gedurende het verzuringsproces is het mogelijk dat het mestmonster niet geheel representatief was en meer van de organische stofrijke zwaardere fractie bevatte. Het biologisch aanzuren van de dikke fractie (met melasse) had geen effect op de bodem pH, maar gaf wel een verlaging in bodem organische stof en C/N ratio. Hiervoor hebben we geen verklaring.

4.3.3 Betekenis voor (veenweide-) melkveebedrijven

De stikstof uit de onbehandelde dikke fractie is immobieler en werkt trager dan bij drijfmest, dat meer minerale N bevat. Uit de veldproef bleek dat opwaarderen van de dikke fractie met bijvoorbeeld stro of maaisel een hogere werking kreeg. Bovendien bleek de toediening van onbehandelde dikke fractie uitdagend, doordat het te dun is om stapelbaar te zijn en te dik om als drijfmest uit te kunnen rijden. Voor een melkveebedrijf met een scheidingsvloer betekent dit, naast de extra investeringen in de vloer en voor aparte opslag, dat er extra kosten zijn voor toevoegmiddelen (stro of maaisel) en arbeid / mechanisatie om deze middelen door de dikke fractie te mengen. Een andere optie is om de dikke fractie zelf nog mechanisch te scheiden, zodat een stapelbare mestfractie ontstaat met een structuur die meer lijkt op vaste mest. Ook dit betekent extra investering in een mechanische scheider en (afgedekte) opslag, maar komt in plaats van de kosten voor stro of maaisel. Eerder onderzoek naar dikke fractie van gescheiden drijfmest op veengrond liet zien dat deze mest positief is voor de voedselbeschikbaarheid voor weidevogels (Deru et al. 2023a).

Eerder onderzoek binnen dit project liet de potentie zien om kwalitatief verschillende meststromen op een melkveebedrijf te benutten voor het sterk verlagen van ammoniak- en broeikasgasemissies uit mest (Deru et al. 2023b). Dit veldonderzoek was gericht op de waarde van de dikke fractie in brede zin, maar het gescheiden houden van urine en feces geeft de mogelijkheid om de nutriënten optimaal te benutten voor het gewas. Een aantal melkveehouders heeft op praktijkpercelen ervaring opgedaan met het gebruik van dikke en dunne fracties op grasland (zie Bijlage 7.6). Hieruit blijkt dat mestscheiding aan de bron verschillende mogelijkheden biedt in de toepassing voor een betere mineralenbenutting door het gras. Verder onderzoek zou zich moeten richten op het strategisch gebruik van beide fracties (al dan niet opgewaardeerd) op het bedrijf: de stikstofrijke, 'snelle' dunne fractie in aanvulling op de koolstofrijke, 'trage' dikke fractie.

5 Conclusies en perspectieven

De tweejarige veldproef in Zegveld heeft informatie opgeleverd over de effecten van opgewaardeerde dikke mestfracties op ecosystemendiensten van veenweidegrasland: ondersteuning van biodiversiteit, water- en klimaatregulatie en grasproductie.

Conclusies van de veldproef

- Algemeen: ondanks dat de proef maar twee jaar heeft geduurd en de verschillen tussen behandelingen relatief klein waren, heeft dit tot veranderingen geleid in pH, bodemorganische stof (OS), N-totaal, N-leverend vermogen, C:N-verhouding, kalium (K), natrium (Na), magnesium (Mg), kationen-uitwisselingscapaciteit (CEC), (plant-beschikbaar) zwavel (S), DS-opbrengst, N-opbrengst en N-benutting.
- Biodiversiteit: regenwormen en geleedpotigen (insecten). Anders dan bij eerdere proeven op veengrond zijn nu geen directe effecten gevonden op de regenwormenpopulatie. Dit had mogelijk te maken met de korte duur van de proef (twee seizoenen) en het moment van bemonsteren (najaar: meten van langetermijneffecten). Ook bij de geleedpotigen waren de effecten zwak. Het aantal geleedpotigen in de grootteklasse 4-10 mm was iets hoger in de onbehandelde dikke fractie dan in de opgewaardeerde dikke fracties. De natuurlijke variatie in het perceel was groter dan de verschillen ten gevolge van de behandelingen. Indirect hadden de behandelingen effect op de biodiversiteit van de bodem door effecten op de bodem pH.
- Biodiversiteit: habitat voor weidevogels. Er zijn geen duidelijk positieve maar ook geen duidelijk negatieve effecten van de opgewaardeerde dikke mestfracties gevonden op de voedselvoorziening voor weidevogels wat betreft regenwormen en geleedpotigen. Wel was er een positief effect van opgewaardeerde dikke fractie, met name die met stro bokashi, op de pH van de bodem. In de doorgaans zure veengronden (pH 4.5-5.5) is een verhoging in algemene zin gunstig voor het bodemleven en daarmee voor de voedselvoorziening voor (adulte) weidevogels. Anderzijds is het voor weidevogelkuikens die door de graszode heen moeten lopen gunstiger als de grasgroei in het voorjaar trager is; dit was het geval bij de onbemeste controle, de onbehandelde dikke fractie en de dikke fractie met stro (gecomposteerd).
- Water- en klimaatregulatie. Het gebruik van dikke fractie, al dan niet vermengd, gecomposteerd of gefermenteerd, heeft geen duidelijk positief of negatief effect op de waterregulatiefunctie van de veenweidebodem. Wat betreft klimaatregulatie hebben alle vormen van bemesten een (licht) negatief effect, maar er zijn verschillen tussen de gebruikte mestsoorten. De onbehandelde dikke fractie en de dikke fractie met klei hadden daarin de minst negatieve impact.
- Grasproductie. Effecten van bemesting op grasproductie (DS- en N-opbrengsten) waren voornamelijk zichtbaar in de snedes direct volgend op de mestgiften. Deze effecten waren opvallend: de N-respons (mate voor hoeveel van de toegediende N die in het gras

ge oogst wordt) was 0.1 kg N/kg N (10%) voor de onbehandelde dikke fractie en 0.25 voor drijfmest. Dit verschil is te verklaren door de hogere N-mineraal gehalte van drijfmest en (vermoedelijk) snellere afbreekbaarheid van de organische stof. De dikke fracties met slootkantenmaaisel hadden een opvallend hogere N-respons (0.37-0.41) en N-opbrengsten dan de andere behandelingen. Het toevoegen van slootmaaisel (bokashi en gecomposteerd) en stro-bokashi verhoogde de DS-opbrengsten, N-opname en N-benutting vergeleken met onbehandelde dikke mestfractie. De opbrengsten van de overige opgewaardeerde dikke fracties waren variabel maar niet significant verschillend dan van de onbehandelde dikke fractie.

Betekenis voor (veenweide-) melkveebedrijven

De stikstof uit de onbehandelde dikke fractie is immobieler en werkt trager dan bij drijfmest, dat meer minerale N bevat. Uit de veldproef bleek dat opwaarderen van de dikke fractie met bijvoorbeeld stro of maaisel een hogere werking kreeg. Bovendien bleek de toediening van onbehandelde dikke fractie uitdagend, doordat het te dun is om stapelbaar te zijn en te dik om als drijfmest uit te kunnen rijden. Voor een melkveebedrijf met een scheidingsvloer betekent dit, naast de extra investeringen in de vloer en voor aparte opslag, dat er extra kosten zijn voor toevoegmiddelen (stro of maaisel) en arbeid / mechanisatie om deze middelen door de dikke fractie te mengen. Een andere optie is om de dikke fractie zelf nog mechanisch te scheiden, zodat een stapelbare mestfractie ontstaat met een structuur die meer lijkt op vaste mest. Ook dit betekent extra investering in een mechanische scheider en (afgedekte) opslag, maar komt in plaats van de kosten voor stro of maaisel.

Eerder onderzoek liet de potentie zien om kwalitatief verschillende meststromen (dikke en dunne fracties van een scheidingsvloer) op een melkveebedrijf te benutten voor het sterk verlagen van ammoniak- en broeikasgasemissies uit mest. Het huidige veldonderzoek was gericht op de waarde van de dikke fractie in brede zin, maar het gescheiden houden van urine en feces geeft de mogelijkheid om de nutriënten optimaal te benutten voor het gewas. Verder onderzoek zou zich moeten richten op het strategisch gebruik van beide fracties op het bedrijf.

6 Referenties

- Brown, G.R. & Matthews, I.M. 2016. A review of extensive variation in the design of pitfall traps and a proposal for a standard pitfall trap design for monitoring ground-active arthropod biodiversity. *Ecology and Evolution* 6(12): 3953-3964.
- Curry, J.P., 2004. Factors affecting the abundance of earthworms in soils, in: Edwards, C.A. (Ed.), *Earthworm Ecology*. CRC Press, Boca Raton, USA, pp. 91–113.
- Deru, Joachim; Nick van Eekeren; Frank Lenssink. 2016. Mest voor weidevogelgebieden in veenweiden. *V-focus*, april.
- Deru, J.G.C.; J. Bloem; R. de Goede; H. Keidel; H. Kloen; M. Rutgers; Jan van den Akker; L. Brussaard; Nick J.M. van Eekeren. 2018. Soil ecology and ecosystem services of dairy and semi-natural grasslands on peat. *Applied Soil Ecology*. 125. DOI: 10.1016/j.apsoil.2017.12.011
- Deru, J.G.C.; Bloem, J.; de Goede, R.; Hoekstra, N.; Keidel, H.; Kloen, H.; Nierop, A.; Rutgers, M.; Schouten, T.; van den Akker, J.; Brussaard, L.; van Eekeren, N., 2019. Predicting soil N supply and yield parameters in peat grasslands. *Applied Soil Ecology*. 134, 77–84. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2018.10.018>.
- Deru, J.G.C.; J. Bloem; R. de Goede; L. Brussaard; Nick J.M. van Eekeren. 2023a. Effects of organic and inorganic fertilizers on soil properties related to the regeneration of ecosystem services in peat grasslands. *Applied Soil Ecology*. 14 February. 187(104838) DOI: [10.1016/j.apsoil.2023.104838](https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2023.104838)
- Deru, Joachim; Debby van Rotterdam; Jihane el Mahdi; Jacco de Stigter; Jasper Beek. 2023b. Ammoniak- en broeikasgasemissies van gescheiden mestfracties in een incubatie-experiment. 2023-01 LbD. Louis Bolk Instituut.
- Erisman, J.W., van Eekeren, N., de Wit, J., Koopmans, C., Oerlemans, N., Koks, B., 2016. Agriculture and biodiversity: a better balance benefits both. *AIMS Agric. Food* 1, 157–174. <http://dx.doi.org/10.3934/agrfood.2016.2.157>.
- Ma, W.-C., Brussaard, L., de Ridder, J.A., 1990. Long-term effects of nitrogenous fertilizers on grassland earthworms (*Oligochaeta: Lumbricidae*): Their relation to soil acidification. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 30, 71–80. [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(90\)90184-F](https://doi.org/10.1016/0167-8809(90)90184-F)
- Onrust, J., Piersma, T., 2019. How dairy farmers manage the interactions between organic fertilizers and earthworm ecotypes and their predators. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 273, 80–85. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.12.005>
- Oosterveld, E., 2006. The significance of water levels and fertilization for meadow birds (in Dutch). *De Levende Natuur* 107, 134–137
- Rengasamy, P., (2018). Irrigation Water Quality and Soil Structural Stability: A Perspective with Some New Insights. *Agronomy*, 8(5).
- Vaddella, V.K., Ndegwa, P.M., Joo, H.S., Ullman, J.L., 2010. Impact of Separating Dairy Cattle Excretions on Ammonia Emissions. *Journal of Environmental Quality* 39, 1807–1812. doi:10.2134/jeq2009.0266
- Van Agtmaal, Maaik; Joachim Deru; Jeroen Pijlman; Ruud van Uffelen; Frank Lenssinck. 2020. Kleibagger als bodemverbeteraar. *Veenverrijking met klei voor vermindering bodemdaling en CO₂ emissie in de veenweiden*. *Bodem*, april.
- Van Eekeren, N., de Boer, H., Bloem, J., Schouten, T., Rutgers, M., de Goede, R., Brussaard, L., 2009. Soil biological quality of grassland fertilized with adjusted cattle manure slurries in comparison with organic and inorganic fertilizers. *Biology and Fertility of Soils* 45, 595–608. <https://doi.org/10.1007/s00374-009-0370-2>.

7 Bijlagen

7.1 Proefveldplattegrond

KTC Zegveld, perceel 4. 6 blokken, 10 behandelingen per blok, 60 plots. Behandelingen zijn per blok random verdeeld (randomized block design). Afmetingen: 3 x 10 m per plot.

PROEF GmW				PLOT	BLOK	beh_cd	behandeling
				1	A	1	contr_drijf
				2		10	maaisel_comp
				3		0	contr_0
				4		8	stro_bok
				5		16	brak
				6		4	contr_dik
				7		7	stro_comp
				8		12	klei
				9		20	zuur
				10		11	maaisel_bok
				11	B	8	stro_bok
				12		4	contr_dik
				13		0	contr_0
				14		12	klei
				15		7	stro_comp
				16		20	zuur
				17		10	maaisel_comp
				18		11	maaisel_bok
				19		1	contr_drijf
				20		16	brak
41	E	7	stro_comp	21	C	0	contr_0
42		0	contr_0	22		20	zuur
43		10	maaisel_comp	23		10	maaisel_comp
44		11	maaisel_bok	24		8	stro_bok
45		1	contr_drijf	25		11	maaisel_bok
46		4	contr_dik	26		7	stro_comp
47		8	stro_bok	27		1	contr_drijf
48		16	brak	28		4	contr_dik
49		20	zuur	29		12	klei
50		12	klei	30		16	brak
51	F	4	contr_dik	31	D	7	stro_comp
52		8	stro_bok	32		4	contr_dik
53		20	zuur	33		10	maaisel_comp
54		7	stro_comp	34		0	contr_0
55		11	maaisel_bok	35		12	klei
56		1	contr_drijf	36		1	contr_drijf
57		12	klei	37		20	zuur
58		0	contr_0	38		8	stro_bok
59		16	brak	39		16	brak
60		10	maaisel_comp	40		11	maaisel_bok

Figuur 8. Overzicht van proefveld op KTC Zegveld, met vier blokken aan de westkant (A-D) en twee blokken aan de oostkant (E en F) van ieder 10 plotjes.

7.2 Biologische bodemparameters

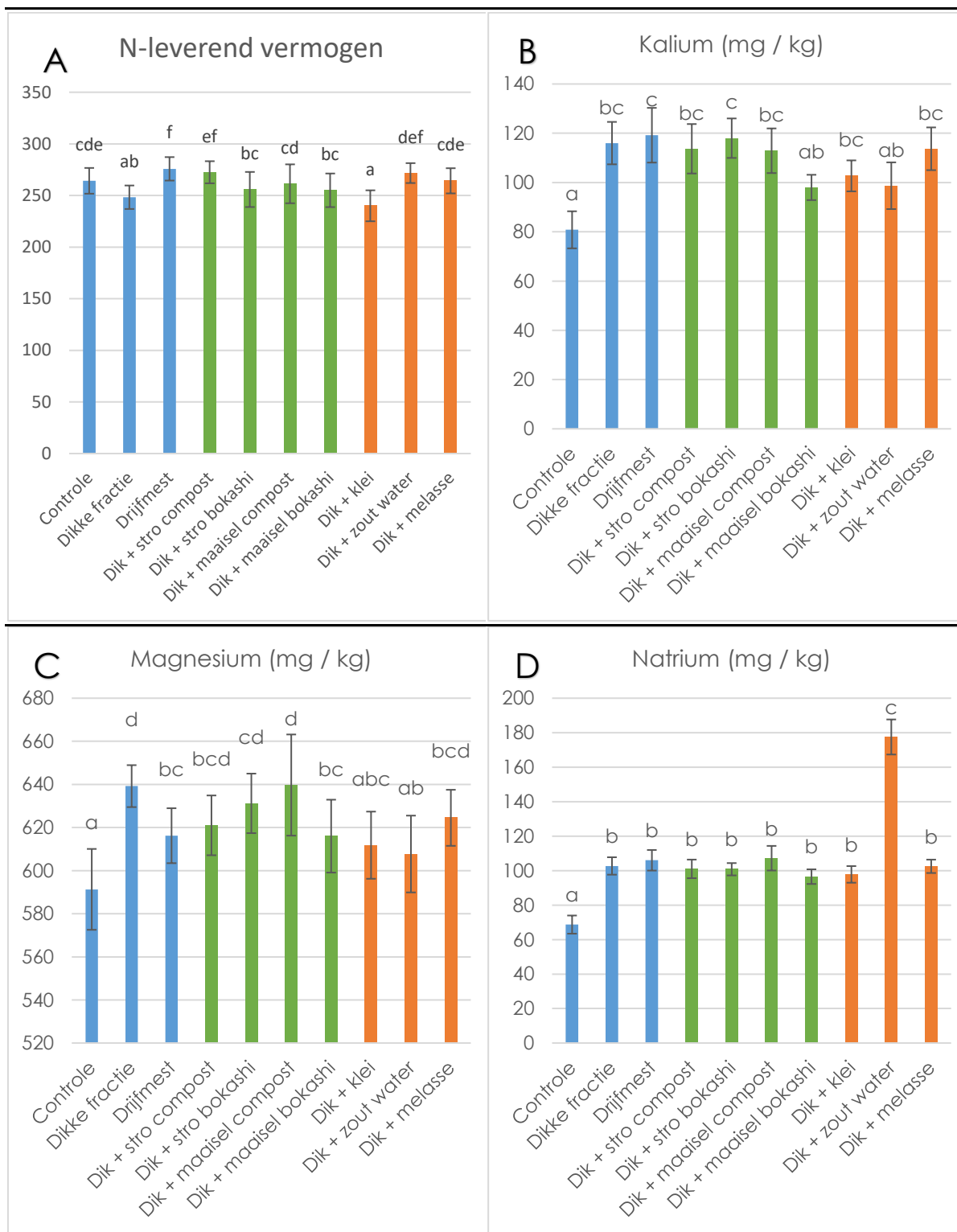
Tabel 5. Effecten van mestbehandelingen op biologische bodemeigenschappen.

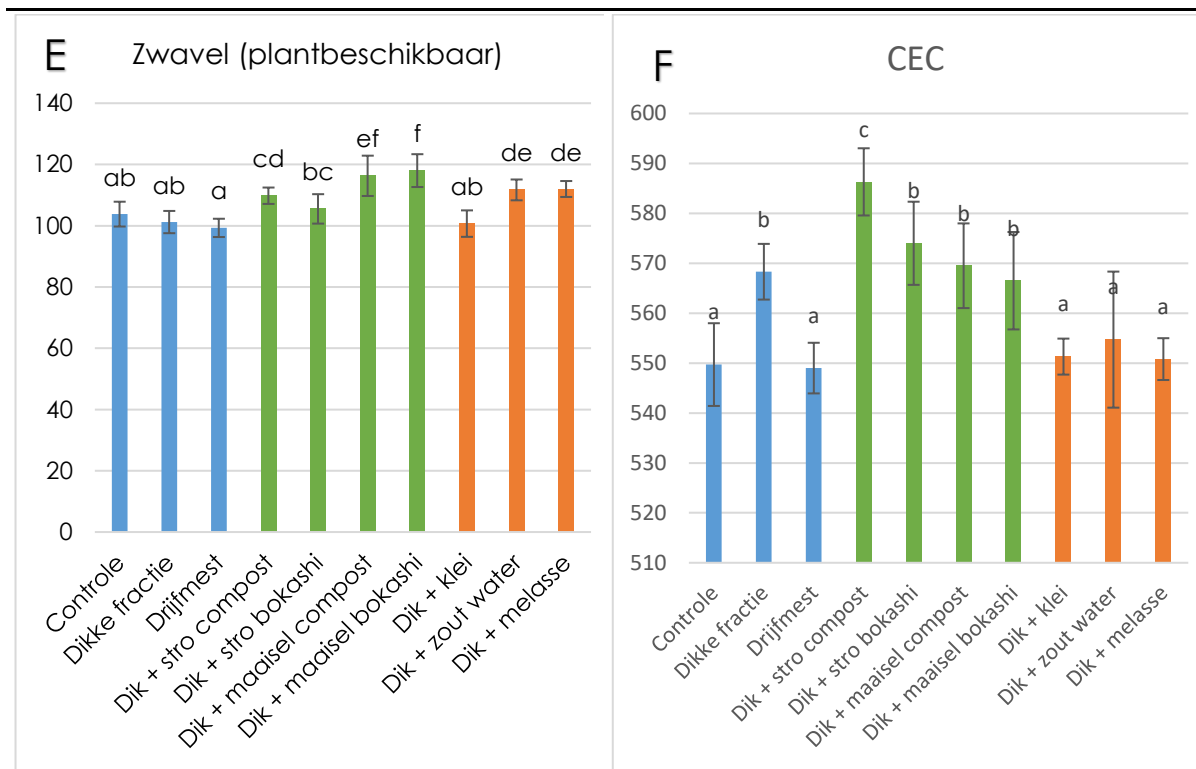
Parameter	Wortel- dichtheid	Aandeel jonge wortels	Bodem leven
Eenheid	Score 1-10	%	Score 1-10
P-waarde	0.27	0.68	0.35
Controle	7.6	2.3	6.25
Dikke fractie	7.6	2.8	7.33
Drijfmest	7.3	2.3	6.92
Dik + Stro-compost	7.6	3.2	6.83
Dik + Stro-bokashi	7.5	2.3	7.42
Dik + Maaisel-compost	7.7	2.4	7.04
Dik + Maaisel-bokashi	7.7	2.7	7.08
Dik + Klei	7.6	2.9	7.42
Dik + Zout water	7.4	1.5	7.33
Dik + Melasse	7.6	1.5	7.3
I.s.d.	0.27	1.83	0.97
s.e.d.	0.14	0.91	0.48

7.3 Chemische bodemeigenschappen

Tabel 6. Effecten van mestbehandelingen op chemische bodemeigenschappen.

	Org. stof %	N Totaal mg/kg	pH	C/N	NLV Kg/ha/jr	P-PAE mg P /kg	P-AL mg P2O5 /100 g	K mg K /kg	K-vrd mmol+ /kg	S Totaal mg S /kg	S-PAE mg S /kg	Mg mg /kg	Na mg Na /kg	CEC mmol+ /kg	CEC- Bez %	Ca- vrd mmol+ /kg	Mg-vrd mmol+ /kg	Na-vrd mmol+ /kg
P-waarde	0.01	0.01	<.001	0.05	0.03	0.36	0.47	<.01	0.02	0.39	0.01	<.01	<.001	<.01	0.01	0.01	0.01	0.03
Controle	46.75	23110	4.867	10.333	264.2	0.700	22.67	81	13.55	5632	103.8	591.3	68.7	549.7	84	410.8	84.7	4.767
Dikke fractie	47.72	22848	5.000	10.833	248.3	0.833	25.83	116	16.30	5602	101.2	639.2	102.7	568.3	86.67	412.2	97.45	5.833
Drijfmest	48.05	23933	5.033	10.167	275.8	0.750	24.5	119	13.70	5650	99.3	616.2	106	549	85.33	395	92.45	5.517
Dik + Stro-compost	47.25	23608	5.000	10.167	272.5	0.767	24.17	114	15.95	5599	109.8	621	101	586.3	88.17	439.5	99.23	5.3
Dik + Stro-bokashi	47.18	23285	5.150	10.667	255.8	0.817	26.67	118	16.45	5588	105.5	631.2	100.8	574	90.17	426.5	97.7	5.667
Dik + Maaisel-compost	47.89	23676	4.975	10.596	261.3	0.955	27.83	113	15.54	5574	116.3	639.7	107.2	569.5	86.4	423	91.15	5.493
Dik + Maaisel-bokashi	46.93	23160	5.033	10.667	255.0	0.750	24.83	98	14.28	5560	118	616	96.5	566.5	86.33	418.3	90.92	5.567
Dik + Klei	45.42	21685	4.917	10.833	240.0	0.750	25.33	103	14.00	5397	100.7	611.8	97.8	551.3	85.5	404.7	94.78	5.333
Dik + Zout water	47.32	23897	4.950	10.167	271.7	0.717	24.67	99	14.97	5663	111.7	607.7	177.5	554.7	84.83	409	85.45	5.133
Dik + Melasse	46.42	23333	4.967	10.333	264.2	0.733	26.17	114	15.48	6496	112	624.5	102.5	550.8	87.17	409.8	91.62	5.517
I.s.d.	1.274	1084.7	0.08982	0.5325	21.16	0.2005	4.162	18.94	1.92	813.5	10.8	21.69	12.64	19.7	2.841	20.88	7.855	0.5618
s.e.d.	0.632	538.2	0.04457	0.2642	10.5	0.0995	2.065	9.4	0.953	403.7	5.36	10.76	6.27	9.77	1.41	10.36	3.897	0.2788



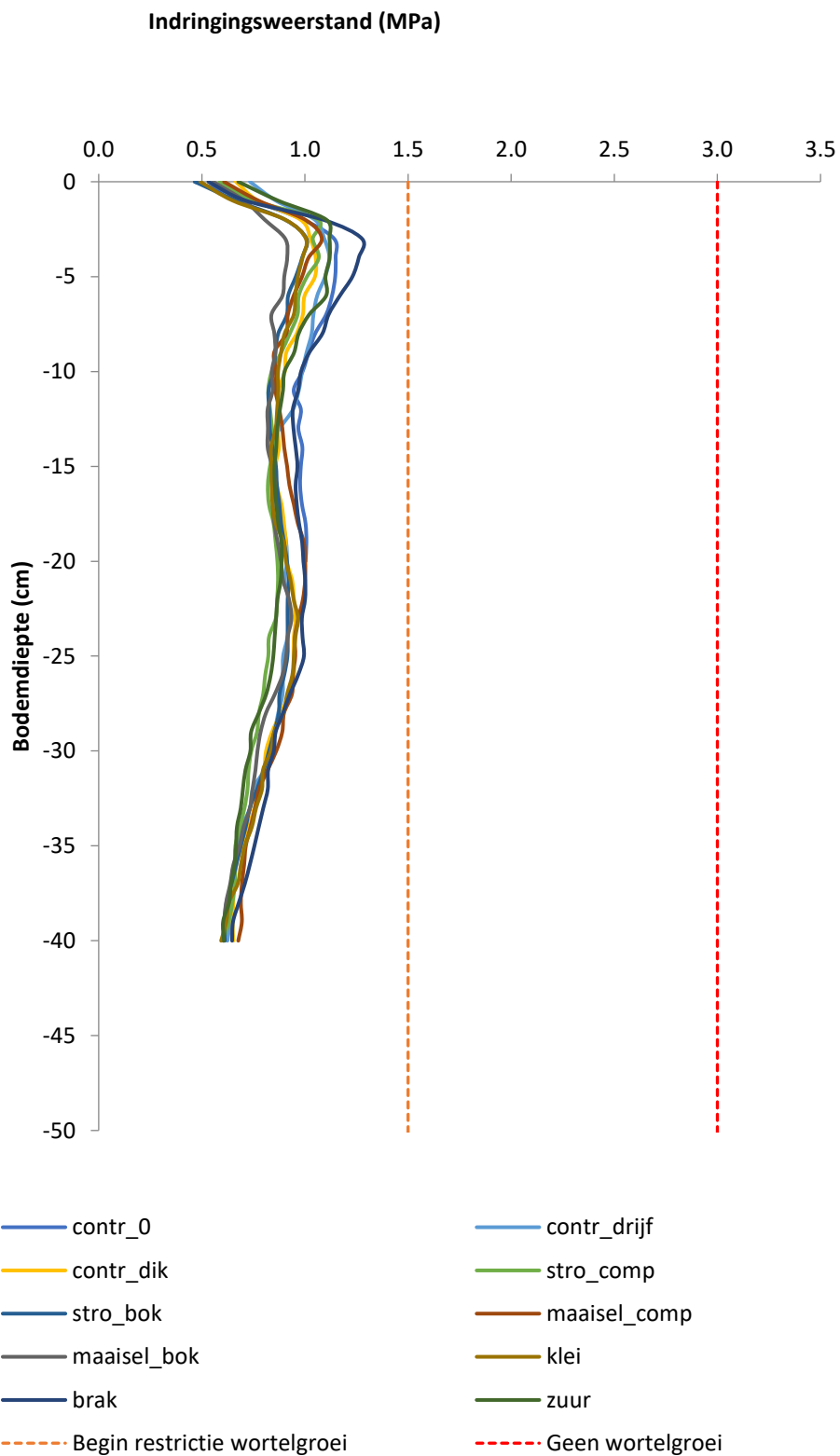


Figuur 9. Effect van mesttypen op chemische bodemparameters N-leverend vermogen (A), kalium (B), magnesium (C), natrium (D), plant-beschikbaar zwavel (E) en kationenuitwisselingscapaciteit (CEC, F) in oktober van het tweede bemestingsjaar. De drie kleuren representeren de drie categorieën behandelingen: referentie (blauw), composteren/fermenteren (groen) en toevoegmiddelen (oranje). Foutenbalk is + en - de standaardfout (SE) bij n=6.

7.4 Fysische bodemeigenschappen

Tabel 7. Effecten van mestbehandelingen op fysische bodemeigenschappen indringingsweerstand (IW), waterinfiltratie, kruim, afgeronde of scherpblokkige bodemelementen en lutum.

	IW (0-10cm)	IW (11-20cm)	IW (21-30cm)	IW (0-30cm)	IW_MAX	IW diepte MAX	Water-infiltratie	Kruim	Afgerond	Scherp	Lutum
	Mpa	Mpa	Mpa	Mpa	Mpa	cm	Mm/min	%	%	%	%
P-waarde	0.278	0.248	0.475	0.661	0.496	0.068	0.481	0.909	0.655	0.423	0.2
Controle	0.944	0.9505	0.914	0.9284	1.139	9.67	22.1	49.7	40	10.33	29.67
Drijfmest	0.906	0.9051	0.9319	0.914	1.068	7.83	22.9	59	36.67	4.33	29.67
Dikke fractie	0.949	0.885	0.9261	0.921	1.131	7.83	15.5	54	42.5	3.5	29.83
Dik + Stro-compost	0.86	0.8423	0.8519	0.8651	1.027	6.83	23.3	54.2	45.17	0.67	29.83
Dik + Stro-bokashi	0.888	0.8843	0.9257	0.8988	1.071	7.33	10.7	52.5	39.83	7.67	30.17
Dik + Maaisel-compost	0.869	0.9033	0.9398	0.9028	1.066	16.76	9.1	58.7	36.44	4.9	28.99
Dik + Maaisel-bokashi	0.837	0.8377	0.8941	0.8557	1.02	15.33	15.4	55.3	39.67	5	29.17
Dik + Klei	0.911	0.8617	0.9285	0.9009	1.113	7.33	21.1	55	41.5	3.5	30.33
Dik + Zout water	0.928	0.8995	0.88	0.9035	1.119	4.17	9.4	53.2	40.83	6	30.33
Dik + Melasse	0.976	0.8682	0.8764	0.9091	1.193	3.5	17.4	53.3	39.17	7.5	29.67
I.s.d.	0.1109	0.08279	0.08507	0.07556	0.1581	8.747	16.23	12	8.471	7.527	1.065
s.e.d.	0.055	0.04105	0.04215	0.03744	0.0784	4.34	8.05	5.96	4.203	3.735	0.528



Figuur 10. Effect van mesttypen op fysische bodemeigenschappen indringingsweerstand.

7.5 Grasopbrengst en voederwaarde

Tabel 8. Effecten van de mestbehandelingen op de grasopbrengst en VEM-waarde van de vijf afzonderlijke snedes (S1 - S5) en de som van de vijf snedes.

	DS-opbrengst (kg/ha)						N-opbrengst (kg/ha)						VEM-gehalte				
	S1	S2	S3	S4	S5	Totaal	S1	S2	S3	S4	S5	Totaal	S1	S2	S3	S4	S5
P-waarde	0.851	0.001	0.028	0.294	0.289	<.001	0.949	<.001	0.052	0.093	0.203	0.001	0.906	0.100	0.104	0.681	0.476
Controle	1081	2921	1556	2044	1145	8747	30.5	48.3	48.7	53.7	37.2	218.4	976.2	901.5	886.2	841	900
Dikke fractie	1177	3345	1217	2520	1114	9373	32.9	57.5	38.8	64.9	34.8	228.9	989.7	919.8	890.3	824	906.3
Drijfmest	1268	4042	1273	2427	1336	10346	34.5	69.7	40	63.9	39.94	248.04	972.5	906.7	892	862	864.5
Dik + Stro-compost	1183	3286	1551	2449	1379	9848	32.6	55.5	47.1	63	44	242.2	974.3	906.5	879.3	850	907.2
Dik + Stro-bokashi	1180	3899	1402	2503	1324	10308	31.2	65.7	43.4	65.3	41.32	246.92	975.2	913.5	888.3	826	872.8
Dik + Maaisel-compost	1317	3899	1780	2344	1350	10690	35	69.7	54.7	62.9	43.86	266.16	980.3	891.3	855.3	853	895.2
Dik + Maaisel-bokashi	1221	3854	1666	2700	1466	10907	33.3	65.5	50.6	69.5	43.74	262.64	981.5	893.7	860.3	830	864.2
Dik + Klei	1059	3707	1484	2391	1353	9994	30.3	65.7	46.3	63.8	43.65	249.75	976.8	887.3	864.3	844	876.3
Dik + Zout water	1331	4025	1297	2298	1149	10100	36.4	68.5	40.9	59.4	35.23	240.43	979.3	888.5	900.5	762	820.3
Dik + Melasse	1122	3894	1278	2170	1278	9742	31.1	63.5	40.2	59.3	40.44	234.54	993.7	903.5	894.8	858	909.5
I.s.d.	364	552.9	349.1	473.2	296.6	871.9	9.77	9.59	10.44	9.07	8.543	21.62	29.29	23.31	33.82	96.6	80.77
s.e.d.	180.7	274.4	173.2	234.8	147.1	432.6	4.85	4.76	5.18	4.5	4.239	10.73	14.54	11.56	16.78	48	40.08

Tabel 9. Effecten van de mestbehandelingen op de DS en voederwaarde van de 2^e snede (S2).

Parameter	Eenheid	Behandeling										P-waarde	l.s.d.	s.e.d.
		Controle	Drijfmest	Dikke fractie	Dik + Stro-compost	Dik + Stro-bokashi	Dik + Maaisel-compost	Dik + Maaisel-bokashi	Dik + Klei	Dik + Zout water	Dik + Melasse			
S2 DS gehalte	g/kg	208.5	243	223.2	214.7	211.5	218	224.1	230.2	223.2	225.3	<.001	5.71	11.52
S2 VEM	in DS	888.5	901.5	919.8	906.7	887.3	893.7	891.3	913.5	906.5	903.5	0.10	11.56	23.31
S2 DVE	g/kg DS	70.67	71.83	74.83	73.17	71.83	71.83	73.63	73.17	72.67	71.5	0.49	1.767	3.561
S2 OEB		-36.83	-39.83	-37.5	-37	-33.5	-37	-30.24	-39.83	-38.33	-41.33	0.06	3.208	6.466
S2 VOS	g/kg DS	698	708.8	717.8	709.3	697.3	703.5	698.5	714.8	709.7	709.7	0.10	7.55	15.22
S2 FOS	g/kg DS	624.7	638.2	643.3	635.3	622.8	632.2	622.4	642.2	636.2	639.2	0.06	7.79	15.69
S2 Ruw eiwit	g/kg DS	105.67	104	108.5	107.5	109.83	106.67	114.79	105	105.83	101.67	0.18	4.15	8.365
S2 Ruwe celstof	g/kg DS	255.5	239.67	245.67	253.17	254.5	253.17	250.2	246.33	250.83	253.33	0.02	4.418	8.903
S2 Ruw as	g/kg DS	77.17	68.83	71.83	75	74.33	73.5	78.08	71.83	72.33	70.67	0.18	3.317	6.685
S2 VCOS	%	75.63	76.1	77.33	76.68	75.32	75.97	75.78	77	76.48	76.38	0.11	0.675	1.361
S2 Suiker	g/kg DS	187.5	212.3	204.2	189	183.7	196.2	182.1	206.3	197.2	204.3	0.03	9.56	19.27
S2 Ruw vet	g/kg DS	29.33	27.5	29.83	29.67	29.5	27.67	29.7	29	29.67	28.33	0.16	0.992	1.999
S2 Chloor	g/kg DS	19.37	4.47	10.57	12.08	11.6	10.3	11.55	10.22	11.53	11.23	<.001	0.777	1.565
S2 NDF	g/kg DS	522.3	488.3	505.5	520.3	517.5	511.3	517.7	505.2	514.3	510.2	<.01	7.75	15.62
S2 ADF	g/kg DS	279.33	265.5	271	277.17	283.83	281.83	276.56	272.5	275.67	278.17	0.01	4.359	8.785
S2 ADL	g/kg DS	22.67	20	20.17	20.33	22.33	23.17	22.09	20.5	21	20.67	0.01	1.002	2.02
S2 Structuurwaarde	g/kg DS	2.167	1.983	2.083	2.15	2.133	2.133	2.113	2.067	2.133	2.15	0.02	0.049	0.0987

7.6 Praktijkervaringen met dikke en dunne fracties op grasland

Praktijkervaring met dikke en dunne fracties op grasland bij deelnemer A

Datum	actie	gift / ha	kg N/ton	kg N /ha
13-2-2023	Stalmest voor 1e snede	25 ton	4.44	111
3-4-2023	Kunstmest voor 1e snede	60 kg KAS (27% N)		16
7-5-2023	Kunstmest voor 2e snede	30 kg KAS (27% N)		8
	Dunne fractie voor 2e snede	35 m3	1.4	49
8-7-2023	Derde snede gemaaid			

Er zijn verschillende type mest gebruikt, zowel organisch als kunstmest, om ervaring te doen met strategisch inzetten van mest met verschillende kenmerken op

verschillende momenten (zie tabel).

Mestonderzoek 5-4-2023	Dunne fractie	Stromest	Urine
DS g ds/kg	20	210	14
Ruw as g RAS/kg	<6	58	6
Organische stof g os/kg	20	152	8
Stikstof g N/kg	1.4	4.44	1.49
C/N ratio	6	15	2
Ammoniak stikstof g NH3-N/kg	0.9	1.3	1.1
Fosfor g P/kg	0.22	0.61	0.08
Fosfaat g P2O5/kg	0.5	1.4	0.18
Kalium g K/kg	1.9	3.4	3.1
Kali g K2O/kg	2.3	4.1	3.7
Magnesium g Mg/kg	<0,4	1	<0,4
Magnesia g MgO/kg	<0,7	1.7	<0,7
Natrium g Na/kg	0.4	0.2	0.5
Natron g Na2O/kg	0.5	0.3	0.7

Analyse van de beschikbare mestfracties (Eurofins, voorjaar 2023) zijn weergegeven in de tabel hiernaast.

In vergelijking met de samenstelling van mestfracties van andere veehouders met een scheidingsvloer (zie tabel hieronder), was:

- de dunne fractie lager in gehalten dan de dunne fracties van WM, ook de DS en ruw as waren zeer laag, meer vergelijkbaar met urine.
- stromest was iets droger maar verder redelijk vergelijkbaar met stromest van collega's.
- de urine redelijk gemiddeld in samenstelling, met een lager N en TAN gehalte dan de gangbare mest (FvB en WM).

Samenstelling van de verschillende mestfracties en vergelijking met mestfracties van andere bedrijven met scheidingsvloer (winter 2023/2024).

Agrariër en proef	Mestfractie	droge stof g/kg	Ruw as g/kg	organische stof g/kg	C:N	totaal-N g/kg	ammonium-N g/kg	Org-N g/kg	Ammoniakaal-N %	totaal-P g P2O5/kg	K g K2O/kg	pH
SN	Urine	18	12	6	2	1,5	1,2	0,3	79%	0,1	7,7	
Veldproef	Dik	167	46	121	12	4,43	1	3,43	23%	2,59	4,8	
BC	Urine	14	6	8	2	1,5	1,1	0,4	74%	0,2	3,7	
Veldproef	Dunne fractie	20	<6	20	6	1,4	0,9	0,5	64%	0,5	2,3	
	Dik - stromest	210	58	152	15	4,4	1,3	3,1	29%	1,4	4,1	
FvB	Urine	30	16	14	2	3,2	2,4	0,8	75%	0,2	9,8	8,4
Veldproef	Urine + Vizura	30	15	15	2	3,1	2,4	0,7	79%	0,9	8,9	8,1
	Vast - bokashimesthoop	180	39	141	13	4,9	1,3	3,6	27%	2,1	5,5	6,4
FvB	Urine	30	18	12		3,5	2,9	0,5	84%	0,0	6,5	8,7
incubatieproef	Vast op vloer	118	21	97	10	4,4	1,2	3,2	27%	1,7	4,3	7,4
AdW	Urine	7	4	3		0,6	0,6	0,1	88%	0,1	1,4	7,4
incubatieproef	Vast op vloer	115	18	97	11	3,8	0,1	3,7	3%	2,1	1,8	6,7
FvL	Urine	12	7	5		1,1	0,9	0,2	79%	0,1	2,6	7,6
incubatieproef	Vast op vloer	106	16	90	15	2,8	0,1	2,7	4%	1,7	1,2	7,5
	Vast - bokashimesthoop	146	29	117	15	3,4	0,7	2,7	20%	1,6	4,7	8,2
WM	Urine	23	13	10		2,1	1,7	0,5	78%	0,1	4,4	7,8
incubatieproef	Dun na 2de scheiding	83	18	65		4,1	0,7	3,4	18%	0,9	2,6	7,0
	Vast op vloer	126	23	103	11	4,1	0,5	3,6	12%	2,1	3,5	7,5
	Vast na 2e scheiding	165	26	139	15	4,3	0,6	3,7	14%	1,8	4,1	6,9
SS	Urine	12	8	4		0,8	0,6	0,2	79%	0,1	1,9	7,3
incubatieproef	Vast op vloer	128	27	101	18	2,6	0,1	2,5	4%	1,6	1,4	7,4
	mesthoop	156	31	125	17	3,4	0,6	2,8	18%	1,7	4,0	6,9

Praktijkervaring met dikke en dunne fracties op grasland bij deelnemer B



Op een graslandperceel zijn 3 behandelingen aangelegd: een strook met enkel vaste mest (begin maart), een met enkel urinefractie (begin april) en een strook met beide.

Datum	actie	veld	hoeveelheid ton	N gehalte kg N/ton	N gift kg N /ha
9-3-2023	Vaste mest uitgereden	Combi-veld	10	4.4	44
		Vaste mest	16.8	4.4	74
5-4-2023	Dunne fractie uitgereden	Combi-veld	20	1.5	30
		Dunne mest	49.2	1.5	74

De N-giften van de verschillende behandelingen zijn berekend op basis van mestanalyses en waren precies gelijk (74 kg N / ha).

23-mei-24	Dikke fractie	Dunne fractie	Dun+dik fractie
DS	281	235	238
VEM	914	903	884
VEVI	958	944	916
DVE	61	61	59
OEB	-30	-16	-21
VOS	716	698	694
FOSp	557	532	535
OEB 2 uur	-23	-14	-14
FOSp 2 uur	262	231	223
Structuurwaarde	1.9	1.9	2.1
Verzadigingswaarde	0.91	0.92	0.93
Ruw as	92	109	97
VCOS% (%OS)	78.8	78.3	76.9
Ruw eiwit	96	111	105
Oplosbr. Ruw eiwit (%RE)	30	28	29
Ruw vet	25	32	27
Ruwe celstof	227	232	253
Suiker	229	190	183
NDF	475	472	499
NDF vert.br.hd(%NDF)	68	73.5	64.9
ADF	252	258	276
ADL	16	19	23

1e grassnede is 23 mei bemonsterd voor voederwaardebepaling. Het is niet bekend of er verschillen waren in grasopbrengst. Qua voederwaarde zijn de verschillen beperkt:

De drogestof gehalte lijkt iets hoger bij de dikke fractie (=vaste mest), de ruweiwitgehalte iets lager en de suikergehalte hoger. Dat geeft aan dat de vaste mest een iets lagere N benutting lijkt te hebben, maar betekent niet persé dat er hogere verliezen zijn: hoogstwaarschijnlijk is de niet-benutte N organisch gebonden en toegevoegd aan de bodemvoorraad, wat later vrij kan komen.

De ruw eiwit gehalten waren voor alle stroken laag, hoogstwaarschijnlijk door de late snede (eind mei).

Conclusie: op basis van deze metingen zien we geen grote verschillen in N benutting van de mestfracties door het gras.

Analyse van de gebruikte mestfracties (Eurofins) voorjaar 2023

Mestonderzoek	Dikke fractie	Dunne fractie
DS g ds/kg	167	18
Ruw as g RAS/kg	46	12
Organische stof g os/kg	121	6
Stikstof g N/kg	4.43	1.51
C/N ratio	12	2
Ammoniak stikstof g NH ₃ -N/kg	1	1.2
Fosfor g P/kg	1.13	0.05
Fosfaat g P ₂ O ₅ /kg	2.59	0.11
Kalium g K/kg	4	6.4
Kali g K ₂ O/kg	4.8	7.7
Magnesium g Mg/kg	0.9	<0,4
Magnesia g MgO/kg	1.5	<0,7
Natrium g Na/kg	0.4	<0,4
Natron g Na ₂ O/kg	0.5	<0,6

Praktijkervaring met dikke en dunne fracties op grasland bij deelnemer C

	Voor	achter
Strook 1	BU1 powerbasic	BU4 powerbasic
Strook 2	BU2 urine/vizura	BU5 urine/vizura
Strook 3	BU3 urine	BU6 urine

Op een graslandperceel zijn 3 behandelingen aangelegd in 6 plots. Van deze 6 plots zijn begin februari 2023 voor uitrijden mest bodemonsters genomen en geanalyseerd (Bemestingswijzer, zie resultaten verderop).

	PowerBasic	U+vizura	Urine
28-2-2023	1	2	3
m3		20	25
N gehalte		3.05	3.18
N/ha	57	61	80

Begin februari hebben alle stroken gefermenteerde vaste koemest gekregen (20 m3/ha op 9-2-23).

Eind februari zijn de stroken bemest volgens de tabel hiernaast. De totale hoeveelheid N dat is toegediend verschilt licht van elkaar.

De resultaten van de mestanalyses staan onderin dit document. Powerbasic is een vloeibare kunstmest waarbij de stikstof 100% in ureumvorm is. Vizura is een nitrificatieremmer. In de urine fracties is echter ongeveer 80% van het totale N in de vorm van ammoniakal-N aanwezig. Op basis van deze waarden is 48 kg N-ammoniakal in de behandeling met urine en vizura en 62.5 kg N-ammoniakal in de behandeling met alleen urine gegeven.

De 1e grassnede is 1 mei bemonsterd en geanalyseerd voor voederwaardebepaling. Er waren visueel geen verschillen in opbrengst. Qua voederwaarde lijken er wel wat verschillen te zijn: Urine heeft de hoogste DS%, laagste OEB en ruw eiwitgehalte en het hoogste suikergehalte (zie onderstaande tabel).

Vers gras	Strook 1	Strook 2	Strook 3	Streeftraject
	Powerbasic	Urine + vizura	Urine	
DS	192	210	231	150-220
VEM	999	1017	1042	1000-1050
VEVI	1060	1086	1120	1060-1120
DVE	94	86	87	90-100
OEB	42	14	7	45-75
VOS	762	774	795	740-770
FOSp	579	580	591	550-590
OEB 2 uur	12	-5	-10	20-30
FOSp 2 uur	232	264	281	160-235
Structuurwaarde	1.8	1.7	1.7	1,5-1,8
Verzadigingswaarde	0.89	0.89	0.89	0,89-0,91
Ruw as	99	88	82	70-110
VCOS% (%OS)	84.6	84.9	86.6	82-86
Ruw eiwit	195	159	150	190-240
Oplosbr. Ruw eiwit (%RE)	26	34	33	
Ruw vet	30	30	27	30-50
Ruwe celstof	221	211	213	190-220
Suiker	154	207	229	60-150
NDF	479	445	437	425-525
NDF vert.br.hd(%NDF)	80.7	80.5	82.3	50-75
ADF	258	246	229	225-325
ADL	15	16	13	15-35

Powerbasic gaf het hoogste eiwitgehalte met een relatief laag suikergehalte. Bij de varianten met urine was het eiwitgehalte wat aan de lage kant als het gras bijvoorbeeld met mais in een rantsoen wordt gevoerd. Over het algemeen is het suikergehalte lager als het eiwitgehalte hoger is in gras, en vice versa. De urinevarianten hadden ook een hoger drogestof gehalte, wat waarschijnlijk samenhangt met het lagere eiwitgehalte. Eiwitrijk gras is vaak wat vochtiger. Daarentegen was de energiewaarde van de urinevarianten wel hoog, als gevolg van hoge suikergehalten en vrij vergelijkbare vezelgehalten ten opzichte van de Powerbasic variant. Ervan uitgaande dat de grasopbrengst niet verschilde tussen de varianten, zal in de praktijk de ideale grassamenstelling ergens tussen de varianten van Powerbasic en urine liggen om een rantsoen te

krijgen met voldoende energie en een eiwitgehalte van ca. 160 g/kg, afhankelijk van de bijvoeding.

Wanneer de N-benutting tussen de drie behandelingen wordt vergeleken is de benutting van de totale hoeveelheid N dat is toegediend het hoogst voor PowerBasic, gevolgd door Urine en Vizura en de N-benutting van alleen urine is het laagst van de drie behandelingen. Wanneer alleen mineraal-N wordt meegerekend is de benutting van urine met Vizura vergelijkbaar met PowerBasic. De benutting van N-mineraal in alleen urine is iets lager.

Deze proef is slechts in enkelvoud uitgevoerd. Daarnaast zou voor het verschil tussen behandelingen ook het verschil in bodemsamenstelling moeten worden meegewogen. Van de 6 bodemmonsters zijn 5 zeer vergelijkbaar. Alleen op perceel 6 – waar ook de urine behandeling lag is de bodem wat zondiger, het organische stofgehalte en N-levering wat lager. Dit kan van invloed zijn geweest op de lagere N-benutting in het gras in de behandeling met alleen urine.

Conclusie: Ondanks de hogere N gift bij urine (t.o.v. Powerbasic), is een lagere eiwitgehalte in het gras gevonden. Omdat het grootste deel van de in urine bemeste N ammoniakaal was (TAN), lijkt dit te duiden op een verlies van een deel van N uit urine na aanwending. Bodemsamenstelling zou hierin een rol kunnen hebben gehad. De combinatie van urine met Vizura lijkt de benutting van N te verhogen, de benutting van het mineraal-N is vergelijkbaar met PowerBasic. In een toekomstige proef zou het zinvol zijn om niet aangezuurde versus aangezuurde urine te gebruiken, en ook de N-opbrengst te meten.

Mestanalyses 2023. Opvallend is de iets hogere P gehalte in urine + Vizura. Vizura is een nitrificatieremmer en bevat fosfaat.

Mestonderzoek	Urine + Vizura	Urine	Gefermen teerde koemest
DS g ds/kg	30	30	180
Ruw as g RAS/kg	15	16	39
Organische stof g os/kg	15	14	141
Stikstof g N/kg	3.05	3.18	4.89
C/N ratio	2	2	13
Ammoniak stikstof g NH3-N/kg	2.4	2.4	1.3
Fosfor g P/kg	0.4	0.07	0.93
Fosfaat g P2O5/kg	0.92	0.16	2.13
Kalium g K/kg	7.4	8.1	4.6
Kali g K2O/kg	8.9	9.8	5.5
Magnesium g Mg/kg	0.4	0.4	1.6
Magnesia g MgO/kg	0.7	0.7	2.7
Natrium g Na/kg	0.5	0.6	<0,4
Natron g Na2O/kg	0.7	0.8	<0,6
pH-water	8.1	8.4	6.4

Bodemanalyses, begin februari 2023 (vóór bemesting). De resultaten geven aan dat het perceel qua bodemsamenstelling in hoofdlijnen homogeen was. De verschillen in P-beschikbaarheid zijn evenredig verdeeld over de behandelingen.

Bemestingswijzer	PerceelB U1 Powerbas ic	PerceelB U2 urine/vizu ra	PerceelB U3 urine	PerceelB U4 Powerbas ic	PerceelB U5 urine/vizu ra	PerceelB U6 urine
N-totale bodemvoorraad	3060	3040	3060	2710	2820	2370
C/N-ratio	11	11	12	11	10	12
N-leverend vermogen	155	155	155	150	155	140
S-plantbeschikbaar	3	4	4	6	5	5
S-totale bodemvoorraad	510	440	615	475	420	435
C/S-ratio	54	75	58	64	69	66
S-leverend vermogen	9	6	11	8	7	8
P-plantbeschikbaar	2.4	2.9	2.5	5.7	6.6	6.5
P-bodemvoorraad	185	215	195	410	425	500
K-plantbeschikbaar	65	60	55	125	100	80
K-bodemvoorraad	185	175	195	175	150	140
Ca-plantbeschikbaar	10	45	65	10	10	10
Ca-bodemvoorraad	1540	1390	1250	1055	1160	1330
Mg-plantbeschikbaar	300	265	235	290	245	225
Mg-bodemvoorraad	265	265	240	250	225	175
Na-plantbeschikbaar	14	15	14	14	19	14
Na-bodemvoorraad	13	22	25	20	16	13
Zuurgraad (pH)	5.6	5.5	5.6	5.8	5.6	5.9
C-organisch	2.30%	2.40%	2.60%	2.10%	2.00%	2.00%
Organische stof	4.50%	4.50%	4.80%	4.10%	4.30%	3.70%
C/OS-ratio	0.52	0.53	0.54	0.52	0.47	0.54
Koolzure kalk	0.5	0.4	0.3	0.3	0%	0.4
Klei (<2 µm)	5%	5%	5%	3%	3%	3.00%
Silt (2-50 µm)	23%	10%	14%	14%	14%	8%
Zand (>50 µm)	67%	80%	76%	79%	78%	85%
Klei-humus (CEC)	80	70	71	58	57	62
CEC-bezetting	93	99	89	95	100	95
Ca-bezetting	69	71	63	64	71	74
Mg-bezetting	19	22	20	25	23	16
K-bezetting	4.3	4.6	5.1	5.3	4.7	4
Na-bezetting	0.5	1	1.1	1	0.9	0.6
Verkruimelbaarheid	9.8	9.8	9.8	10	10	10
Verslemping	8	8	8.1	7.8	7.9	7.7
Stuifgevoeligheid	7.8	7	7.3	5.7	5.7	5.1
Vochthoudend vermogen	21	18	19	19	19	17
Microbiële biomassa	495	580	640	634	521	453
Microbiële activiteit	95	97	86	71	78	50
Schimmel/bacterie-ratio	1.1	0.9	0.9	0.9	1	0.9