



Afbraak van organische stof uit (bewerkte) rundermest na toediening aan een zandgrond

H.C. de Boer, M. Timmerman, N. Verdoes, H. Schilder

RAPPORT 1095



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Afbraak van organische stof uit (bewerkte) rundermest na toediening aan een zandgrond

H.C. de Boer, M. Timmerman, N. Verdoes, H. Schilder

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Livestock Research, in opdracht van en gefinancierd door het Melkveefonds

Wageningen Livestock Research
Wageningen, april 2018

Rapport 1095

De Boer, H.C., Timmerman, M., Verdoes N., Schilder, H. 2018. *Afbraak van organische stof uit (bewerkte) rundermest na toediening aan een zandgrond*. Wageningen Livestock Research, Rapport 1095.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/444491> of op www.wur.nl/livestock-research (onder Wageningen Livestock Research publicaties).

© 2018 Wageningen Livestock Research
Postbus 338, 6700 AH Wageningen, T 0317 48 39 53, E info.livestockresearch@wur.nl,
www.wur.nl/livestock-research. Wageningen Livestock Research is onderdeel van Wageningen University & Research.

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

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van de uitgever of auteur.



De certificering volgens ISO 9001 door DNV onderstreept ons kwaliteitsniveau. Op als onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Animal Sciences Group van toepassing. Deze zijn gedeponneerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Wageningen Livestock Research Rapport 1095.

Inhoud

	Samenvatting	5
	Introductie	7
1	Materiaal en methoden	9
	1.1 Verzamelde mestsoorten	9
	1.2 Mestbemonstering	9
	1.3 Mestanalyse en -samenstelling	10
	1.4 Grondverzameling en -samenstelling	10
	1.5 Incubatieproef	11
	1.6 Berekeningen	11
2	Resultaten	13
	2.1 Correctiefactoren	13
	2.2 Mineralisatiecurves	13
	2.2.1 Zandgrond	13
	2.2.2 Effect van opslagduur	13
	2.2.3 Effect van vergisting	15
	2.2.4 Effect van vergistingsduur	17
	2.2.5 Effect van mestscheiding	17
3	Discussie	20
	Conclusies	23
	Literatuur	24

Samenvatting

De organische stof (OS) in runderdrijfmest levert een bijdrage aan de opbouw en het behoud van het OS-gehalte van gras- en bouwland. Runderdrijfmest wordt in toenemende mate bewerkt, door anaerobe vergisting of mechanische scheiding in een dikke en dunne fractie. Het is onduidelijk welke gevolgen deze bewerkingen hebben voor de bijdrage van de overblijvende mest(fracties) aan het OS-gehalte in de bodem. In de praktijk leven zorgen dat bv. door vergisting te veel OS verloren gaat, wat op termijn kan resulteren in een afnemende bodemvruchtbaarheid. Er zijn relatief weinig gegevens beschikbaar om deze zorgen te onderbouwen of weg te nemen. Daarom is onderzoek uitgevoerd om meer inzicht te krijgen in de verschillen in afbreekbaarheid van OS in diverse (bewerkte) runderdrijfmesten en fracties van runderdrijfmesten.

In dit onderzoek werden deze mestsoorten, afkomstig van drie bedrijven (bedrijf 1, 2 en 3), gemengd met een zandgrond en werd tijdens een incubatieproef van 168 dagen, bij constante temperatuur (20°C) en bodemvochtigheid, vastgesteld hoeveel OS uit de mesten werd afgebroken. Bestudeerd werden het effect van opslagduur van drijfmest, het effect van vergisting, het effect van oplopende verblijftijd bij vergisting en het effect van mestscheiding (in dikke en dunne fractie). De mineralisatie van koolstof (C) uit de mest werd daarbij gebruikt als een vertegenwoordiger van de afbraak van OS. Door een bewerking kan niet alleen de mineralisatiesnelheid van de C veranderen, maar ook de beschikbare hoeveelheid C voor toediening. Daarom werd, bij het vaststellen van de overblijvende C-fractie aan het einde van de incubatieproef, ook gecorrigeerd voor de veranderingen in de beschikbare hoeveelheid C.

Uit de resultaten blijkt dat door toediening van vloeibare mest (drijfmest, dunne fracties) de C-mineralisatie in het mengsel van zandgrond en mest duidelijk geremd werd. Hierdoor mineraliseerde er veel minder C uit drijfmest dan gemeten in eerder onderzoek. Het is onduidelijk waardoor deze remming veroorzaakt werd; mogelijk was de oorzaak een relatief hoog zoutgehalte in de mest, of in het mengsel mest+zandgrond, bij de gebruikte mestdosering (40 ton ha⁻¹). De remming leek groter te zijn bij de dunne fracties en digestaten dan bij onbehandelde runderdrijfmest.

De C-mineralisatie van de vaste mestfracties (verse runderfeces, dikke fractie van drijfmest of digestaat) verliep relatief snel, maar kan desondanks ook geremd zijn geweest. Tijdens opslag van drijfmest werd er relatief veel C gemineraliseerd, waardoor er minder overbleef voor toediening (Tabel). Na correctie voor deze verminderde beschikbaarheid (op basis van daling van het C-gehalte in de mest) bleef er aan het einde van de incubatieproef van toegediende drijfmest met 60 dagen opslag minder C over (58%) dan van drijfmest met 12 dagen opslag (71%). Van de beschikbare C in verse runderfeces bleef minder C over (51%) dan van de beschikbare C toegediend met opgeslagen drijfmest, omdat de C in runderfeces sneller mineraliseerde.

Door vergisting werd de C in digestaat resistenter tegen mineralisatie vergeleken met de C in drijfmest. Daardoor bleef er na afloop van de incubatieproef meer C over uit digestaat dan wanneer alleen werd afgegaan op de daling van het C-gehalte in de mest door vergisting. Na correctie voor de hoeveelheid beschikbare C was de overblijvende C-fractie van drijfmest en digestaat respectievelijk 79 en 61% op bedrijf 1 en 79 en 73% op bedrijf 2. Door een langere vergistingsduur werd de C in digestaat ook resistenter tegen verdere mineralisatie. Na correctie voor hoeveelheid beschikbare C was de overblijvende C-fractie 79% voor de onvergiste drijfmest en 61%, 58%, 54% en 53% voor digestaat met een verblijftijd van respectievelijk 7, 17, 28, en 37 dagen.

Mechanische mestscheiding gaf een hogere C-mineralisatie voor de dikke fractie vergeleken met de dunne fractie. Na correctie voor de hoeveelheid beschikbare C in beide fracties was de overblijvende C-fractie 79% voor runderdrijfmest, 39% voor de dikke fractie van runderdrijfmest, 36% voor de dunne fractie van runderdrijfmest, 73% voor het digestaat, 21% voor de dikke fractie van het digestaat en 49% voor de dunne fractie van het digestaat. De (opgetelde) overblijvende C-fractie na mestscheiding en aparte toediening van beide fracties was lager dan de overblijvende C-fractie van de

ongescheiden uitgangsmest, respectievelijk 75% voor runderdrijfmest (vs. 79% zonder scheiding) en 71% voor digestaat (vs. 73% zonder scheiding).

Er is vervolgonderzoek nodig om de oorzaak van de remming van C-mineralisatie te achterhalen. Daarna zou het huidige onderzoek herhaald moeten worden in afwezigheid van de remmende factor, om vast te stellen of er dan mogelijk sprake is van andere effecten van drijfmestopslag, vergisting, oplopende vergistingsduur en mechanische mestscheiding.

Overzicht van overblijvende C-fracties (%) na incubatie van diverse rundermestsoorten met een zandgrond, na correctie voor de bijdrage van C in de zandgrond, vergeleken bij dezelfde toegediende hoeveelheid C per mestsoort (100%) of na correctie voor verschillen in beschikbare hoeveelheid C

Bedrijf	Mestsoort	Overblijvende C (%)	
		<i>Bij dezelfde toegediende hoeveelheid</i>	<i>Na correctie voor beschikbare hoeveelheid</i>
Bedrijf 1	Verse runderfeces	58	51 ¹⁾
Bedrijf 1	Drijfmest, 12 dagen opslag	79	71 ¹⁾
Bedrijf 1	Drijfmest, 60 dagen opslag	82	58 ¹⁾
Bedrijf 1	Digestaat, 7 dagen	87	61 ²⁾
Bedrijf 1	Digestaat, 17 dagen	93	58 ²⁾
Bedrijf 1	Digestaat, 28 dagen	95	54 ²⁾
Bedrijf 1	Digestaat, 37 dagen	97	53 ²⁾
Bedrijf 2	Drijfmest	79	79
Bedrijf 2	Drijfmest dik	65	39 ³⁾
Bedrijf 2	Drijfmest dun	89	36 ³⁾
Bedrijf 2	Digestaat	86	73 ³⁾
Bedrijf 2	Digestaat dik	73	21 ³⁾
Bedrijf 2	Digestaat dun	89	49 ³⁾
Bedrijf 3	Drijfmest	67	67
Bedrijf 3	Digestaat dun ⁴⁾	102	75

¹⁾ vergeleken met (fictieve) dagverse drijfmest (zonder opslag) (toegediend op 100%); ²⁾ vergeleken met drijfmest met 12 dagen opslag (toegediend op 100%); ³⁾ vergeleken met ongescheiden ingaande drijfmest (toegediend op 100%); ⁴⁾ monster verwisseld; had digestaat moeten zijn

Introductie

Organische stof (OS) in runderdrijfmest levert een bijdrage aan de opbouw en het behoud van het OS-gehalte in gras- en bouwland. Afbraak van OS vindt plaats door bodemorganismen, die de OS gebruiken als voedselbron voor hun activiteiten en levenscyclus. De activiteit van het bodemleven draagt bij aan het vervullen van bodemfuncties, zoals de opbouw en het behoud van bodemstructuur en het vrijkomen van nutriënten voor gewasgroei.

Nederlandse melkveehouders bemesten jaarlijks tussen de 40 en 60 ton runderdrijfmest per hectare grasland. Deze hoeveelheid bevat grofweg 2400 tot 4200 kg jonge OS. Bij een jaarlijkse afbraak van deze OS van 30% (Handboek Bodem) wordt jaarlijks 1700 tot 2900 kg OS aan de bodemvoorraad toegevoegd. Grasland op zandgrond, met een OS-gehalte in de bouwvoor (0-30 cm) van 3% en een bodemdichtheid van 1,35 kg L⁻¹ grond, bevat omgerekend 121.500 kg OS per hectare. Bij een jaarlijkse afbraak van 3% wordt er 3.645 kg OS per hectare afgebroken. Een jaarlijks overblijvende hoeveelheid van 1700 tot 2900 kg OS uit runderdrijfmest levert dan (in ieder geval op de kortere termijn) een relevante bijdrage aan het behoud van het OS-gehalte van grasland.

Runderdrijfmest wordt in toenemende mate bewerkt. De mest wordt bijvoorbeeld anaeroob vergist, mechanisch gescheiden in een dikke en dunne fractie, of zowel vergist als gescheiden. Onduidelijk is welke gevolgen deze bewerkingen hebben voor de bijdrage van de overblijvende mest(fracties) aan het gehalte OS in de bodem. In de praktijk leven er zorgen, dat bv. door vergisting te veel OS verloren gaat, wat op termijn kan resulteren in een lager OS-gehalte in de bodem en afnemende bodemvruchtbaarheid.

Er zijn relatief weinig gegevens beschikbaar over verschillen in de afbraak van OS in diverse mestsoorten na bewerking, bijvoorbeeld verschillen tussen onbewerkte runderdrijfmest en digestaat, of tussen de dikke en dunne fractie na mestscheiding. Melkveehouders hebben belang bij deze informatie, om te weten hoeveel OS ze met de afvoer van fracties kwijtraken, maar ook hoe ze de OS in overblijvende fracties optimaal kunnen inzetten op het eigen land. Akkerbouwers die bewerkte rundermest of fracties daarvan aanvoeren, hebben ook belang bij informatie over verschillen, zodat ze deze kunnen gebruiken bij het opstellen van de jaarlijkse OS-balans.

Er is daarom een onderzoek uitgevoerd naar verschillen in afbreekbaarheid van OS tussen onbewerkte en bewerkte runderdrijfmest, afkomstig van drie melkveebedrijven (bedrijf 1, 2 en 3). Deze mesten zijn gemengd met een zandgrond, en in een incubatieproef onder gecontroleerde omstandigheden is vervolgens gemeten hoe snel de OS uit mest afbreekt en hoeveel er na een jaar overblijft. Deze metingen zijn niet gedaan aan de OS zelf, maar aan de C-fractie van deze OS.

1 Materiaal en methoden

1.1 Verzamelde mestsoorten

Er werden 15 soorten onbewerkte en bewerkte runderdrijfmest verzameld op drie verschillende bedrijven. Iedere mestsoort kreeg een uniek nummer.

Op bedrijf 1 werden de volgende mestsoorten verzameld:

1. Verse runderfeces
2. Verse runderdrijfmest, 12 dagen in opslag (ingaaende mest van de monovergister)
3. 'Oude' runderdrijfmest, 60 dagen in opslag
4. Digestaat na monovergisting (van mest 2), verblijftijd 7 dagen
5. Digestaat na monovergisting (van mest 2), verblijftijd 7 dagen + 10 dagen uitgisting in lab
6. Digestaat na monovergisting (van mest 2), verblijftijd 7 dagen + 21 dagen uitgisting in lab
7. Digestaat na monovergisting (van mest 2), verblijftijd 7 dagen + 30 dagen uitgisting in lab

Op bedrijf 2 werden de volgende mestsoorten verzameld:

10. Ingaande drijfmest in de monovergister
11. Dikke fractie na scheiding van ingaande drijfmest (mest 10)
12. Dunne fractie na scheiding van ingaande drijfmest (mest 10)
13. Digestaat na monovergisting (van mest 10)
14. Dikke fractie na scheiding van digestaat (mest 13)
15. Dunne fractie na scheiding van digestaat (mest 13)

Op bedrijf 3 werden de volgende mestsoorten verzameld:

16. Ingaande drijfmest in de monovergister
17. Digestaat uit de monovergister

1.2 Mestbemonstering

Bedrijf 1

De mestsoorten van bedrijf 1 werden verzameld op maandag 20 maart 2017. Van alle mestsoorten werd een verzamelmonster van 5-10 L genomen. Verse runderfeces werd verzameld door in de stal van 5 koeien de verse mestflat te bemonsteren en daarna het verzamelmonster te mengen. Verse runderdrijfmest, tevens de ingaande drijfmest van de monovergister, werd afgetapt uit de aanvoerleiding naar de vergister. Deze drijfmest was op dat moment gemiddeld 12 dagen in opslag. 'Oude runderdrijfmest' werd geproduceerd door op 13 februari een partij van 10 L goed gemengde drijfmest uit de opvangput op te slaan in een afgesloten emmer (met enkele luchtgaatjes in het deksel) in een onverwarmde schuur, bij buitentemperatuur. Deze partij werd op 20 maart goed gemengd en was op dat moment 60 dagen in opslag geweest. Digestaat uit de monovergister, met een gemiddelde verblijftijd van 7 dagen, werd afgetapt uit de leiding tussen de vergister en de navergistingsopslag. Digestaten met oplopende verblijftijd werden geproduceerd door uitgisting in het laboratorium. Hiervoor werd tijdens de mestverzameling aanvullend een monster van 10 L warme digestaat genomen en verdeeld over 9 thermosflessen van 1 L. Alle verzamelmonsters werden per mestsoort gemengd en opgedeeld in meerdere submonsters van 0.8 L. De submonsters werden opgeslagen in plastic monsterflessen van 1 L, samen met de thermosflessen diezelfde dag naar Wageningen vervoerd, en daar ingevroren bij -20°C. De inhoud van de thermosflessen werd bij het LeAF-laboratorium gemengd, de temperatuur werd gemeten (32°C) en daarna werd een standaardtest voor bepaling van restgasproductie ingezet bij de oorspronkelijke vergistingstemperatuur (36°C). Hiervoor werden 9 vergistingsflessen van 2 L ieder gevuld met 0.75 L digestaat. Deze flessen werden iedere werkdag handmatig geschud. Na 10 dagen werd de inhoud van 3 flessen gemengd, verdeeld in

4 submonsters van 0.5 L en ingevroren bij -20°C. Datzelfde werd gedaan voor 3 flessen na 21 dagen uitgisting en voor 3 flessen na 30 dagen uitgisting.

Bedrijf 2

De mestsoorten van bedrijf 2 werden verzameld op vrijdag 10 februari 2017. Van alle mestsoorten werd een verzamelmonster van 5-10 L genomen. Dikke en dunne fractie van de ingaande drijfmest in de monovergister werd verzameld uit de lopende scheiding met een schroefvijzelpers (UTS, type FSP B-52/15 Boxvulling). Dikke en dunne fractie van het digestaat uit de vergister werden op dezelfde manier verzameld, 10-15 minuten nadat er van mestsoort was gewisseld. De ingaande drijfmest in de monovergister werd verzameld door de drijfmest onder de roosters in de stal intensief te mixen en daarna met een multisampler (lengte 1,8 m; diameter 35 mm) (Eijkelkamp, Giesbeek) tussen de roosters door te bemonsteren. Digestaat uit de monovergister werd afgetapt uit de afvoerleiding. Alle verzamelmonsters werden per mestsoort gemengd en opgedeeld in meerdere submonsters van 0.8 L. De submonsters werden opgeslagen in plastic monsterflessen van 1 L, diezelfde dag naar Wageningen vervoerd en daar ingevroren bij -20°C.

Bedrijf 3

De mestsoorten van bedrijf 3 werden verzameld op maandag 6 februari 2017. Van alle mestsoorten werd een verzamelmonster van 5-10 L genomen. De ingaande drijfmest in de monovergister werd afgetapt uit de aanvoerleiding. Het digestaat uit de monovergister werd afgetapt uit de afvoerleiding. De verzamelmonsters werden per mestsoort gemengd en opgedeeld in meerdere submonsters van 0.8 L. De submonsters werden opgeslagen in plastic monsterflessen van 1 L, naar Wageningen vervoerd en daar ingevroren bij -20°C.

1.3 Mestanalyse en -samenstelling

De verzamelde mestsoorten werden door het WLR Milieulaboratorium volgens de gebruikelijke procedures geanalyseerd op de pH, het gehalte drogestof, as, N-totaal, NH₄-N, P-totaal, K-totaal en C-totaal (Tabel 1).

Tabel 1 Samenstelling van de gebruikte rundermestsoorten (in g kg⁻¹ vers product, behalve de pH).

Mestnr.	pH	DS	As	N-totaal	NH ₄ -N	P-totaal	K-totaal	C-totaal
1	6.6	135	16	4.10	0.11	0.71	0.83	60
2	7.1	93	19	4.07	1.82	0.52	3.59	40
3	7.2	77	17	4.03	2.00	0.43	4.52	33
4	7.6	71	18	3.98	1.76	0.46	3.75	29
5	7.8	64	17	3.93	1.91	0.45	3.78	26
6	7.9	61	18	4.02	2.01	0.46	3.90	23
7	7.9	58	18	4.00	2.08	0.45	3.70	23
10	7.8	92	25	4.73	2.29	0.71	4.81	35
11	8.6	275	42	5.67	1.67	1.70	3.62	115
12	7.7	51	18	3.49	1.89	0.42	3.91	18
13	8.0	78	24	4.84	2.66	0.71	5.04	30
14	8.9	283	52	6.83	2.87	2.33	4.25	118
15	8.0	59	21	4.44	2.62	0.52	4.72	21
16	7.6	88	19	4.55	1.88	0.64	3.37	36
17	7.8	36	13	3.95	2.72	0.30	3.29	13

1.4 Grondverzameling en -samenstelling

De grond voor de incubatieproef werd verzameld op een perceel grasland van bedrijf 1 op 20 maart 2017. Het grasland op dit perceel was 8 jaar oud en bevatte plekken witte klaver en timotheegras.

De grond bestond uit leemarm zand en het bodemprofiel had een A-horizon van ca. 25 cm met daaronder wit zand. Ten behoeve van de grondverzameling werd van een strook grasland de zode afgestoken op 10 cm diepte. Vervolgens werd de onderste 4 cm van de zoden afgestoken en werd in de gleuf de grond tot 13 cm diepte afgestoken. Deze grond werd gemengd tot een verzamelmonster van de laag 6-13 cm, diezelfde dag vervoerd naar Wageningen en opgeslagen bij 4°C. Op 13 april werd een partij van 12 kg van deze grond gezeefd over een 5 mm zeef, bemonsterd voor analyse en vervolgens weer opgeslagen in de koeling tot aan het inzetten van de incubatieproef. De grond uit laag 6-13 cm had de volgende samenstelling (na drogen bij 40°C): pH-KCl 5,4, pH-water 6,4, OS 4,7%, totaal C 2,3%, totaal N 0,17%, C/N-verhouding 13,5, P-AI 0,008%, K-HCl 0,0094%. De granulaire samenstelling (na drogen bij 105°C) bestond uit 4% klei, 6% silt, en 90% zand.

1.5 Incubatieproef

De incubatieproef werd ingezet op 16 mei 2016. Voor deze proef werden glazen flessen (ø 6,9 cm; 575 mL) gevuld met alleen de zandgrond (controlebehandeling) of de zandgrond gemixt met de verschillende mestsoorten. De verse zandgrond (180 g) werd grondig gemixt met 15 g verse mest en er werd gedemineraliseerd water toegediend tot de grond op 60% van de veldcapaciteit was. De flessen werden gewogen, afgesloten met een prop watten en gedurende 168 dagen weggezet in het donker bij 20°C. Alle behandelingen werden in drievoud ingezet. De CO₂ respiratie werd gemeten met een Innova 1412 gas monitor na 1, 3, 7, 14, 28, 56, 84, 112, 140 en 168 dagen. De CO₂-concentratie in de fles werd gemeten aan het begin en einde van een 0.5 tot 6 uur durende accumulatieperiode. Na iedere meting werd gedemineraliseerd water toegevoegd om het oorspronkelijke vochtgehalte in de flessen te herstellen. Aan het einde van de incubatieperiode werd het netto luchtvolume (headspace) in de flessen gravimetrisch bepaald.

1.6 Berekeningen

Per behandeling werd berekend hoeveel C er was toegediend met de grond en met de mest. Op basis van de CO₂-flux per meetmoment werd voor alle behandelingen de hoeveelheid overblijvende C berekend, absoluut en relatief, en gecorrigeerd voor hoeveelheid overblijvende C van de controlebehandeling met alleen zandgrond. Daarna werden op basis van de overblijvende relatieve hoeveelheid C de parameters R en S van het C-mineralisatiemodel van Yang en Jansen (2000) afgeleid. Dit model wordt beschreven als:

$$Y_t = Y_0 * \exp(-Rt^{1-S})$$

met Y_t als de overblijvende hoeveelheid C aanwezig op tijd t , Y_0 als de oorspronkelijke hoeveelheid aanwezige C, R als de constante van de mineralisatiesnelheid op $t = 1$, en S als een maat voor de snelheid van afname van de relatieve C mineralisatiesnelheid (Yang en Jansen 2000). De C-flux, overblijvende hoeveelheid C en de modelparameters werden berekend en afgeleid zoals beschreven in de Boer (2018). De afgeleide parameters R en S werden vervolgens gebruikt om, wanneer mogelijk, de hoeveelheid overblijvende C na een jaar te schatten. De mineralisatiesnelheid werd daarbij aangepast van de incubatietemperatuur (20°C) naar de gemiddelde buitentemperatuur in Nederland (10,1°C) (Noij et al. 1993).

Wanneer de meeste, of alle met mest geproduceerde C op het eigen melkveebedrijf wordt toegediend, kan de overblijvende C-fractie niet 1:1 tussen mestsoorten vergeleken worden. Op het niveau van de kringloop is namelijk ook de beschikbare hoeveelheid C van belang. Wanneer de overblijvende C-fractie van een toegediende mestsoort na b.v. vergisting hoger is vergeleken met de uitgangsmest, terwijl de absolute hoeveelheid C die beschikbaar is voor toediening door vergisting afneemt, dan kan op het niveau van de kringloop niet de conclusie worden getrokken dat door vergisting er meer C in de bodem overblijft. Er moet dan eerst gecorrigeerd worden voor de afname van de beschikbare hoeveelheid C door vergisting. Bij mechanische mestscheiding kunnen de overblijvende fracties (dik en dun) ook niet 1:1 met elkaar vergeleken worden, omdat er verschillende hoeveelheden C in de fracties terechtkomen. Naast een eerste 1:1 vergelijking tussen mestsoorten werd in dit onderzoek daarom ook een vergelijking uitgevoerd op basis van de beschikbare hoeveelheid C. Hiervoor werd de relatieve starthoeveelheid beschikbare C (standaard 100%) gecorrigeerd voor de verandering in

beschikbare hoeveelheid C als gevolg van een bewerking. Wanneer b.v. door een bewerking de hoeveelheid beschikbare C van een product 20% lager was vergeleken met de oorspronkelijke hoeveelheid, dan werd het startniveau van de relatieve mineralisatiecurve op 100% voor het onbewerkte product gezet en op 80% voor het bewerkte product.

Bij vergisting verdwijnt een deel van de beschikbare hoeveelheid C. Hiervoor werd een correctie doorgevoerd, met als factor $C_{\text{gehalte digestaat}} / C_{\text{gehalte ingaande drijfmest}}$. Vervolgens werd ook een correctie doorgevoerd voor de (kleine) hoeveelheid drogestof die verdwijnt als gevolg van vergisting, en waardoor er minder massa digestaat beschikbaar is dan massa ingaande drijfmest. De correctiefactor hiervoor was $(100 - (DS_{\text{ingaande drijfmest}} - DS_{\text{digestaat}})) / 100$. Deze twee factoren werden met elkaar vermenigvuldigt en vormden daarmee de relatieve beschikbare hoeveelheid C in digestaat vs. ingaande drijfmest. Bij de beoordeling van het effect van oplopende verblijftijd (bedrijf 1) werden de digestaten met oplopende verblijftijd vergeleken met ingaande drijfmest (12 dagen opslag) als referentie.

Bij de scheiding van drijfmest of digestaat in een dikke en dunne fractie (bedrijf 2) werd het C scheidingsrendement, op basis van de hoeveelheden product en het C-gehalte daarin, berekend met de formules van Hügler (1994). De relatieve verdeling van C over dikke en dunne fractie werd vervolgens gebruikt als correctiefactor voor beide fracties. In het geval dat de digestaat werd gescheiden in dikke en dunne fractie, werd ook nog gecorrigeerd voor afname van de massa mest als gevolg van vergisting (zie boven). Hierdoor kan de vergelijking tussen ingaande drijfmest en digestaat(fracties) zo zuiver mogelijk gemaakt worden.

Tenslotte werd ook een poging gedaan om de hoeveelheid beschikbare en overblijvende C uit verse feces te vergelijken met verse drijfmest en drijfmest met 12 en 60 dagen opslag. Omdat de samenstelling van verse drijfmest op bedrijf 1 niet bekend was, werden hiervoor de volgende aannames gedaan: gehalte DS 100 g kg^{-1} product en C-gehalte 44 g kg^{-1} . Dit C-gehalte werd berekend met behulp van het C-gehalte in de drogestof van de verse feces (Tabel 1). Vervolgens werd een DS-gehalte van de urine van 38 g kg^{-1} aangenomen, op basis van eerdere gemeten verhoudingen in DS tussen verse urine en verse runderfeces (22:78) (ongepubliceerde resultaten). Op basis van deze gegevens werd een fictief C-scheidingsrendement voor beide fracties (feces = dikke fractie; urine = dunne fractie) berekend met behulp van de formules van Hügler (1994). De drijfmest die opgeslagen was geweest voor 12 en 60 dagen werd gecorrigeerd voor C-verlies door afbraak volgens dezelfde methode als gebruikt bij digestaat (zie boven). Uiteindelijk kon met deze aanpak berekend worden hoeveel de verse feces bijdroeg aan de beschikbare C in verse drijfmest en hoeveel C er relatief overbleef uit verse feces en uit drijfmest met 12 en 60 dagen opslag, na toediening in de incubatieproef. De fictieve verse drijfmest was hierbij de referentie (100%).

2 Resultaten

2.1 Correctiefactoren

Een overzicht van de berekende correctiefactoren voor beschikbare C per mestsoort is gegeven in Tabel 2.

Tabel 2 Berekende correctiefactoren (%) voor de beschikbare C per mestsoort.

Bedrijf	Mestnr.	Correctiefactor
1	1	0.87 ¹⁾
1	2	0.90 ¹⁾
1	3	0.71 ¹⁾
1	4	0.71 ²⁾
1	5	0.62 ²⁾
1	6	0.57 ²⁾
1	7	0.55 ²⁾
2	10	1.00
2	11	0.60 ³⁾
2	12	0.40 ³⁾
2	13	0.85 ³⁾
2	14	0.29 ³⁾
2	15	0.55 ³⁾
3	16	1.00
3	17	0.74

¹⁾ vergeleken met (fictieve) verse drijfmest (zonder opslag) (op 100%)

²⁾ vergeleken met drijfmest met 12 dagen opslag (op 100%)

³⁾ vergeleken met ongescheiden ingaande drijfmest (mestnr. 10) (op 100%)

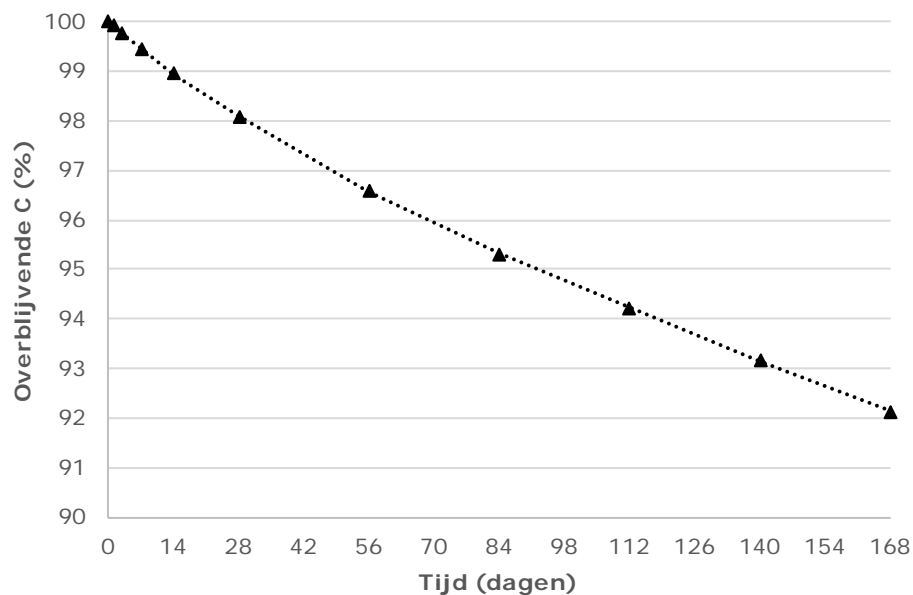
2.2 Mineralisatiecurves

2.2.1 Zandgrond

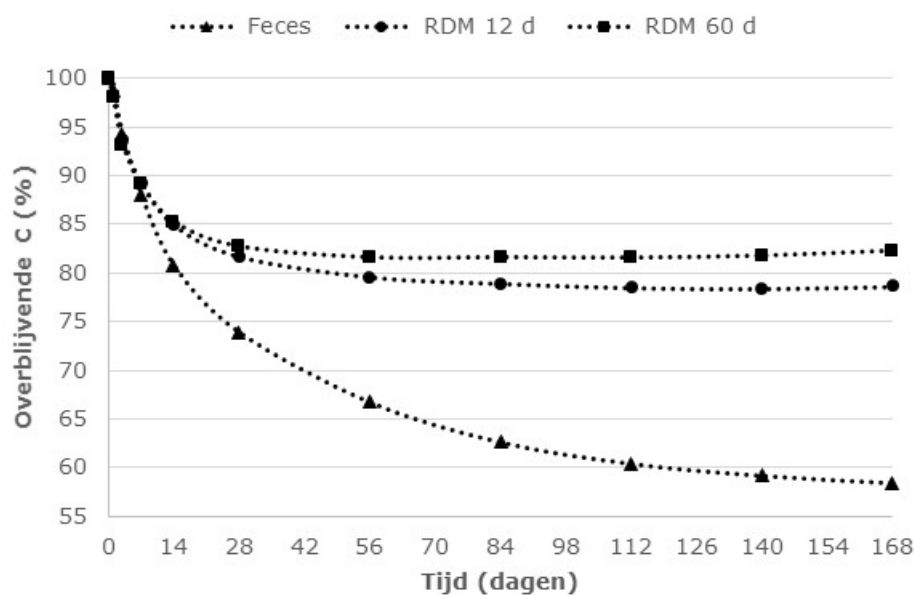
Van de met zandgrond toegediende C was er na afloop van de incubatieproef nog 92% over (Figuur 1). Het verloop van de C-mineralisatiecurve was conform het verwachte patroon (Yang en Janssen 2000). Na aanpassing aan de gemiddelde jaartemperatuur in Nederland zou er, geschat met het model van Yang en Janssen (2000), na een jaar onder veldomstandigheden eveneens nog 92% van de C over zijn geweest.

2.2.2 Effect van opslagduur

Van de verse runderfeces was na afloop van de incubatieproef nog 58% van de toegediende C over, en van de runderdrijfmest met 12 of 60 dagen opslag nog respectievelijk 79% en 82% (Figuur 2). De C in verse runderfeces mineraliseerde daarmee veel sneller dan de C in opgeslagen runderdrijfmest. Na een jaar, en aangepast aan de gemiddelde jaartemperatuur, waren de met het model geschatte overblijvende C-fracties resp. 57 en 78% voor verse runderfeces en drijfmest met 12 dagen opslag. Bij drijfmest met 60 dagen opslag kon deze schatting niet gemaakt worden, omdat de C-mineralisatie bij deze mestsoort niet afnam, conform het model, maar licht toenam tussen $t = 112$ d en $t = 168$ d.

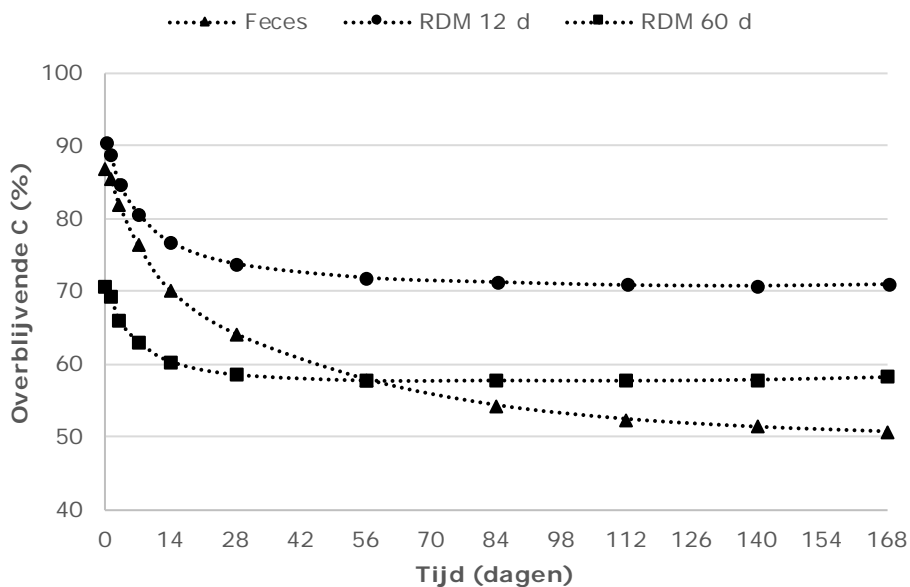


Figuur 1 Verloop van de overblijvende C-fractie (%) in laag 6-13 cm van een zandgrond onder blijvend grasland, na incubatie onder gecontroleerde omstandigheden.



Figuur 2 Verloop van de overblijvende C-fractie (%) van verse runderfeces en van runderdrijfmest (RDM) met 12 of 60 dagen opslag, na incubatie met een zandgrond onder gecontroleerde omstandigheden. Resultaten van de mestsoorten zijn na aftrek van de bijdrage van de zandgrond (controle) aan het mengsel zandgrond+mest.

Na correctie voor de relatieve beschikbare hoeveelheid C per mestsoort werden de verschillen in overblijvende C-fractie tussen de drie mestsoorten kleiner (Figuur 3 vs. Figuur 2). Bij deze correctie werd de startwaarde van de mineralisatiecurve op 100% gezet voor de (fictieve) verse drijfmest, op 87% voor de verse feces, op 90% voor drijfmest met 12 dagen opslag en op 71% voor drijfmest met 60 dagen opslag (Tabel 2). Na afloop van de incubatieproef was de overblijvende gecorrigeerde C-fractie voor deze mestsoorten resp. 51%, 71% en 58%. Daarmee bleef er, na correctie voor het verschil in beschikbare hoeveelheid C, van de C in verse runderfeces minder over dan van de C in (opgeslagen) drijfmest en verlaagde een langere opslagduur van de drijfmest in de kelder de hoeveelheid overblijvende C na toediening.



Figuur 3 Verloop van de overblijvende C-fractie (%) van verse runderfeces en van runderdrijfmest (RDM) met respectievelijk 12 dagen en 60 dagen opslag, na incubatie met een zandgrond onder gecontroleerde omstandigheden, en gecorrigeerd voor de relatief beschikbare hoeveelheid C voor iedere mestsoort (= startniveau). Het referentie startniveau is de hoeveelheid C beschikbaar in verse drijfmest (100%). Resultaten van de mestsoorten zijn na aftrek van de bijdrage van de zandgrond (controle) aan het mengsel zandgrond+mest.

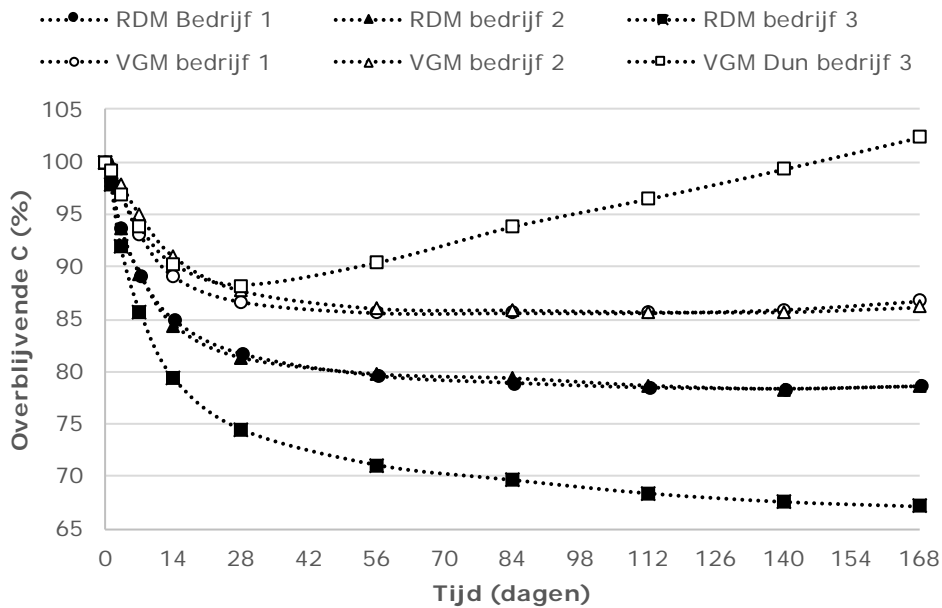
2.2.3 Effect van vergisting

De overblijvende C-fractie van toegediende digestaat was hoger dan van onvergiste drijfmest. Voor bedrijf 1 was er na afloop van de incubatieproef nog respectievelijk 79 en 87% van de toegediende C over voor de onvergiste drijfmest en het digestaat; voor bedrijf 2 waren deze fracties vrijwel gelijk, respectievelijk 79 en 86% (Figuur 4). Voor bedrijf 3 was er na afloop van de incubatieproef nog 67% over van de toegediende C met onvergiste drijfmest. Omdat achteraf bleek dat op dit bedrijf bij de monsternamen het monster van de digestaat was verwisseld met dat van de eveneens bemonsterde dunne fractie van digestaat na scheiding, was alleen de overblijvende C van deze dunne fractie gemeten. Deze was 102% (Figuur 4).

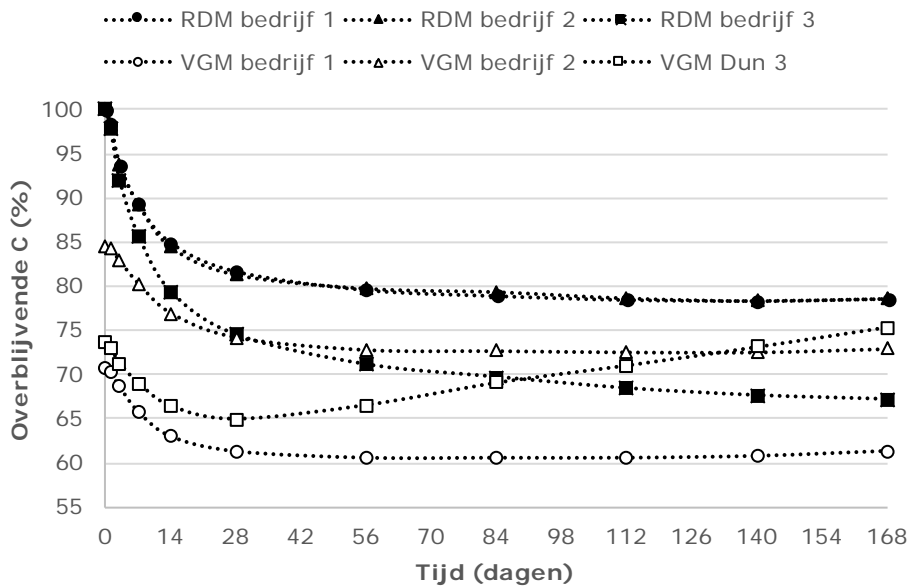
De mineralisatiesnelheid van de onvergiste drijfmest was op bedrijf 3 hoger dan op de bedrijven 1 en 2. De C-mineralisatie van deze drijfmest volgde tevens het gebruikelijke mineralisatiepatroon en daarmee ook het in deze studie gebruikte mineralisatiemodel. Na aanpassing van de incubatieresultaten aan de gemiddelde jaartemperatuur in Nederland was er na 1 jaar naar schatting nog 67% van de toegediende C over voor deze drijfmest. Bij de andere mestsoorten kon deze schatting niet gemaakt worden, omdat de C-mineralisatie bij deze mesten niet conform het gebruikte model verliep, maar later tijdens de incubatieperiode leek te stabiliseren of toe te nemen. Bij de dunne fractie na scheiding van het digestaat op bedrijf 3 ging de C-mineralisatie na 28 dagen over in een lineaire toename van de hoeveelheid overblijvende C, tot een uiteindelijk niveau van 102%. Deze 'toename' is het gevolg van de toegepaste berekening; het in mindering brengen van de overblijvende C-fractie van de zandgrond (controle) op de overblijvende fractie van het mengsel zandgrond+mest. Verdere toelichting hierop wordt gegeven in Hoofdstuk 3 (Discussie).

Na correctie voor de relatieve beschikbare hoeveelheid C per mestsoort werden de verschillen in overblijvende C-fractie kleiner (Figuur 5 vs. Figuur 4). Op alle drie bedrijven werd de startwaarde voor de onvergiste drijfmest op 100% gezet en voor het bijbehorende digestaat respectievelijk op 71% en 85% voor bedrijf 1 en 2. Voor de dunne fractie van digestaat op bedrijf 3 werd de startwaarde op 74% gezet (berekend op basis van het C scheidingsrendement, zie paragraaf 1.6).

Na afloop van de incubatieproef waren de overblijvende C-fracties resp. 79% en 61% voor bedrijf 1, 79 en 73% voor bedrijf 2, en 67% en 75% voor bedrijf 3 (Figuur 5).



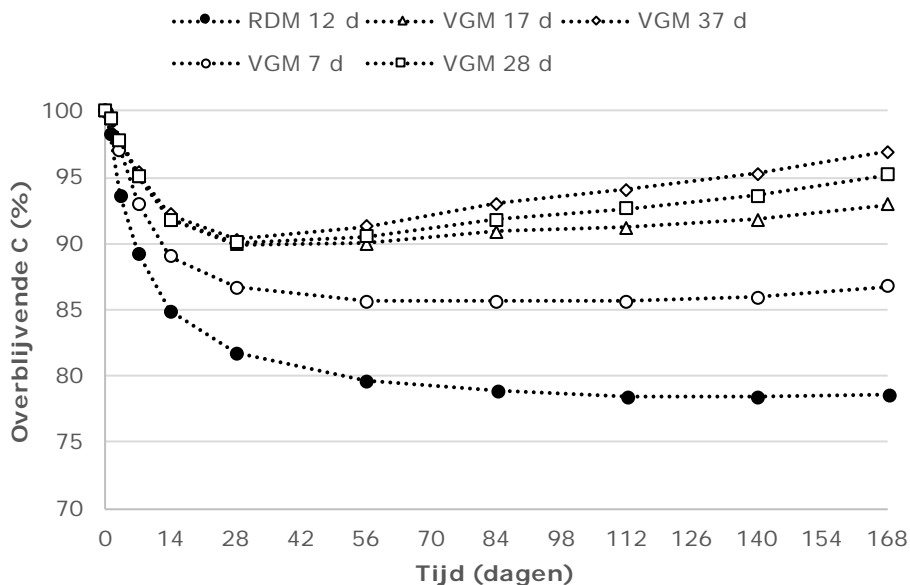
Figuur 4 Verloop van de overblijvende C-fractie (%) van drijfmest (RDM) en van digestaat na monovergisting (VGM) van bedrijf 1 en 2, en van drijfmest en de dunne fractie van digestaat na scheiding (VGM Dun) van bedrijf 3, na incubatie van de mest met zandgrond onder gecontroleerde omstandigheden. Resultaten van de mestsoorten zijn na aftrek van de bijdrage van de zandgrond (controle) aan het mengsel zandgrond+mest.



Figuur 5 Verloop van de overblijvende C-fractie (%) van drijfmest (RDM) en van digestaat na monovergisting (VGM) van bedrijf 1 en 2, en van drijfmest en de dunne fractie van digestaat na scheiding (VGM Dun) van bedrijf 3, na incubatie van de mest met zandgrond onder gecontroleerde omstandigheden, en gecorrigeerd voor de relatief beschikbare hoeveelheid C voor iedere mestsoort (= startniveau). Resultaten van de mestsoorten zijn na aftrek van de bijdrage van de zandgrond (controle) aan het mengsel zandgrond+mest.

2.2.4 Effect van vergistingsduur

Bij een langere vergistingsduur (bedrijf 1) nam de C-mineralisatie van het digestaat af en de fractie overblijvende C toe. De overblijvende C-fractie na afloop van de incubatieproef was 79% voor de onvergiste drijfmest en 87%, 93%, 95% en 97% voor digestaat met respectievelijk 7, 17, 28 en 37 dagen vergisting (Figuur 6). Omdat de C-mineralisatiecurves over de tijd afvlakten of 'toenamen', kon voor geen van de mestsoorten de overblijvende C-fractie na 1 jaar bij gemiddelde jaartemperatuur geschat worden.

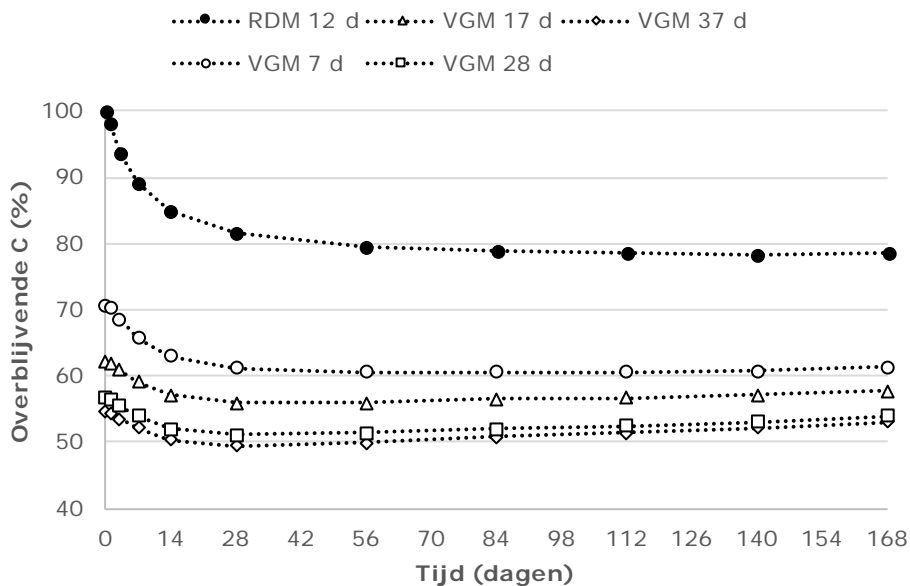


Figuur 6 Verloop van de overblijvende C- fractie (%) van onvergiste drijfmest (RDM 12 d) en digestaat uit de vergister (VGM) met oplopende verblijftijd (7, 17, 28 en 37 dagen), afkomstig van bedrijf 1, na incubatie met een zandgrond onder gecontroleerde omstandigheden. Resultaten van de mestsoorten zijn na aftrek van de bijdrage van de zandgrond (controle) aan het mengsel zandgrond+mest.

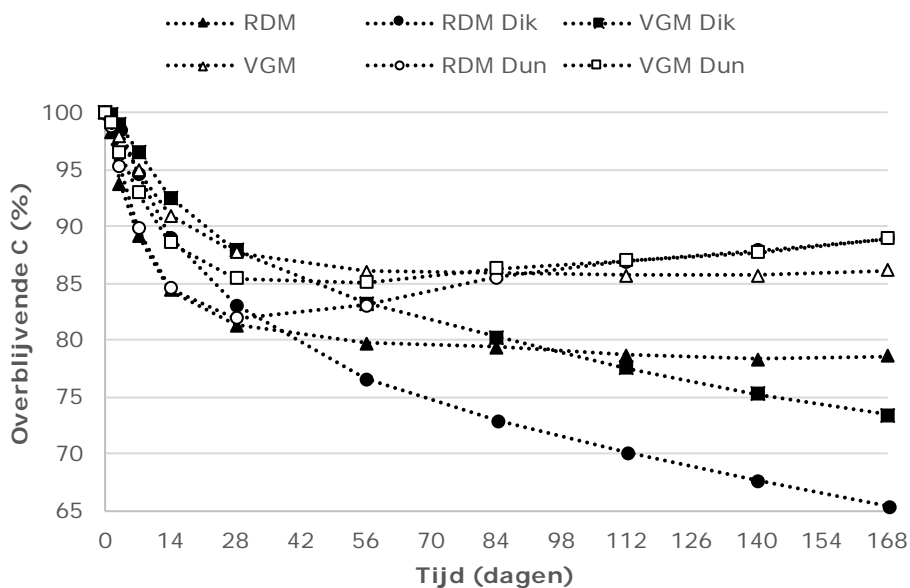
Op basis van de relatief beschikbare hoeveelheid C per mestsoort werd voor bedrijf 1 de startwaarde van de mineralisatiecurve op 100% gezet voor de onvergiste drijfmest en op 71%, 62%, 57% en 55% voor digestaat met een verblijftijd van respectievelijk 7, 17, 28, en 37 dagen. Na afloop van de incubatieproef was de overblijvende C-fractie respectievelijk 79%, 61%, 58%, 54% en 53% (Figuur 7).

2.2.5 Effect van mestscheiding

Na scheiding van de ingaande drijfmest in de monovergister (op bedrijf 2) was er na afloop van de incubatieproef nog 65% en 89% van de toegediende C over voor respectievelijk de dikke en dunne fractie. Na scheiding van het digestaat uit deze vergister was er na afloop van de incubatieproef nog 73% en 89% over voor respectievelijk de dikke en dunne fractie (Figuur 8). De dikke fracties volgden het gebruikelijke mineralisatiepatroon, terwijl bij de dunne fracties de overblijvende C-fractie 'toenam' na 28 dagen. Hierdoor kon voor de dunne fracties de overblijvende C-fractie na 1 jaar bij gemiddelde jaartemperatuur niet geschat worden. Voor de dikke fracties na scheiding van drijfmest of digestaat werden de overblijvende C-fracties na 1 jaar onder veldomstandigheden geschat op respectievelijk 64% en 72%.

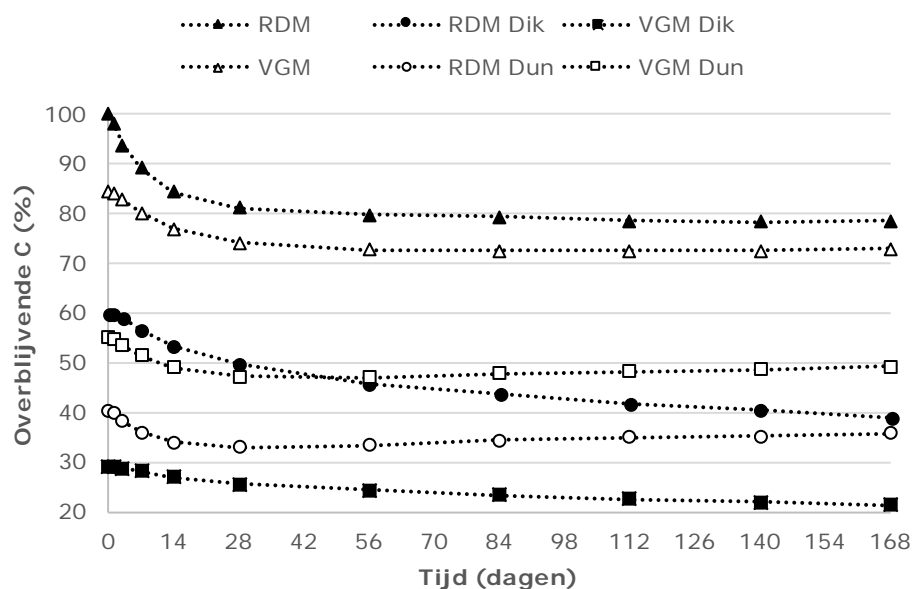


Figuur 7 Verloop van de overblijvende C- fractie (%) van ingaande drijfmest in de vergister (RDM 12 d) en digestaat uit de vergister (VGM) met oplopende verblijftijd (7, 17, 28 en 37 dagen), afkomstig van bedrijf 1, na incubatie met een zandgrond onder gecontroleerde omstandigheden, en gecorrigeerd voor de relatief beschikbare hoeveelheid C voor iedere mestsoort (= startniveau). Resultaten van de mestsoorten zijn na aftrek van de bijdrage van de zandgrond (controle) aan het mengsel zandgrond+mest.



Figuur 8 Verloop van de overblijvende C-fractie (%) van ingaande drijfmest in de vergister (RDM), digestaat uit de vergister (VGM), en van de dikke en dunne fractie van beide mestsoorten (Dik, Dun) na mechanische scheiding, na incubatie met een zandgrond onder gecontroleerde omstandigheden. Resultaten van de mestsoorten zijn na aftrek van de bijdrage van de zandgrond (controle) aan het mengsel zandgrond+mest.

Op basis van de relatief beschikbare hoeveelheid C per mestsoort werd de startwaarde van de mineralisatiecurve op 100% gezet voor de onvergiste drijfmest, op 60% voor de dikke fractie van onvergiste drijfmest, op 40% voor de dunne fractie, op 85% voor het digestaat, op 29% voor de dikke fractie van digestaat en op 55% voor de dunne fractie. Na afloop van de incubatieproef was de overblijvende C-fractie respectievelijk 79%, 39%, 36%, 73%, 21% en 49% (Figuur 9).



Figuur 9 Verloop van de overblijvende C-fractie (%) van ingaande drijfmest in de monovergister (RDM), van digestaat uit de vergister (VGM), en van de dikke en dunne fractie van beide mestsoorten (Dik, Dun) na mechanische scheiding, na incubatie met een zandgrond onder gecontroleerde omstandigheden, en gecorrigeerd voor de relatief beschikbare hoeveelheid C voor iedere mestsoort (= startniveau). Resultaten van de mestsoorten zijn na aftrek van de bijdrage van de zandgrond (controle) aan het mengsel zandgrond+mest.

De opgetelde overblijvende C-fractie van de dikke en dunne fractie was 75% voor de onvergiste drijfmest en 71% voor digestaat. De overblijvende C-fractie bij gescheiden toediening van de dikke en dunne fractie was daarmee respectievelijk 4 en 2 procentpunten lager dan bij toediening van de ongescheiden drijfmest of digestaat.

3 Discussie

De C-mineralisatiesnelheid van de zandgrond gebruikt in het huidige onderzoek was aanzienlijk hoger dan van de zandgrond gebruikt door de Boer (2018), bij incubatie onder dezelfde omstandigheden. Daardoor was de overblijvende C-fractie van de zandgrond in het huidige onderzoek aanzienlijk lager (92%) vergeleken met het onderzoek van de Boer (2018) (97%). Met behulp van het mineralisatiemodel en na temperatuurcorrectie werd geschat dat van de C in de zandgrond van het huidige onderzoek nog 59% zou zijn overgebleven na 10 jaar, vergeleken met 90% in de zandgrond gebruikt door de Boer (2018). Uit dit grote verschil kan geconcludeerd worden dat de OS in de zandgrond van het huidige onderzoek (veel) jonger was dan in het onderzoek van de Boer (2018).

In het huidige onderzoek deed zich een merkwaardig verschijnsel voor, namelijk dat de C-mineralisatie van bepaalde mestsoorten tijdens de incubatieproef vrijwel tot stilstand leek te komen of zelfs negatief leek te worden. In het laatste geval resulteerde dit ogenschijnlijk in een toename van de overblijvende C-fractie in de tijd. Deze 'toename' kan verklaard worden door een remming van de C-mineralisatie in het mengsel zandgrond+mest als gevolg van toediening van de mest. Omdat de C-mineralisatie van een mestsoort werd berekend door de C-mineralisatie van de zandgrond (controle) af te trekken van de C-mineralisatie van het mengsel zandgrond+mest, kan bij een remming van de C-mineralisatie de bijdrage van C in de toegediende mest tot stilstand (lijken te) komen of negatief (lijken) worden. Dit hoeft echter niet te betekenen dat er helemaal geen C uit de mest werd afgebroken, maar de remming mag wel volledig aan de mest toegerekend worden. Immers, zonder mesttoediening was deze remming niet opgetreden.

Het is onduidelijk waardoor deze remming veroorzaakt wordt. De incubatieproef werd uitgevoerd met verse grond uit de toplaag van een perceel blijvend grasland. De remmende werking kan niet verklaard worden uit de aanwezigheid van verse wortelbiomassa (en uitgescheiden stoffen), omdat hierdoor ook de C-mineralisatie van de zandgrond (controle) geremd zou moeten zijn. Daar zijn geen aanwijzingen voor; de OS uit de zandgrond brak juist relatief snel af. Ook lijkt er geen reden om te veronderstellen dat een remming vanuit de wortelbiomassa een groter effect op de OS uit toegediende mest zou hebben dan op de OS van de zandgrond. De remmende werking nam niet af tijdens de proefduur van 168 dagen. Het lijkt hierdoor minder waarschijnlijk dat de remming werd veroorzaakt door organische verbindingen, omdat verwacht mag worden dat deze in de loop van de tijd afbreken. In dat geval zou de C-mineralisatie niet tot stilstand zijn gekomen, of later alsnog weer op gang zijn gekomen. Waarschijnlijk werd de remming veroorzaakt door anorganische verbindingen.

Wat opvalt, is dat de remming vooral waarneembaar optrad bij de vloeibare mestsoorten, bij onbewerkte drijfmest (behalve van bedrijf 3), digestaten, en dunne fracties na scheiding van drijfmest of digestaat. De C-mineralisatie van verse feces en dikke fracties na scheiding van drijfmest of digestaat verliep wel volgens een normaal patroon, hoewel ook hier sprake geweest kan zijn van remming. Blijkbaar wordt de remming veroorzaakt door een oplosbare verbinding of verbindingen, die in vloeibare mest aanwezig zijn en na scheiding vooral in de dunne fractie terechtkomen. Omdat dunne fracties een relatief groot deel van opgeloste zouten bevatten, en zouten de groei van micro-organismen kunnen remmen, zou de remming hierdoor veroorzaakt kunnen zijn. Als dit het geval is, is het de vraag of een negatief effect van de zoutconcentratie mogelijk veroorzaakt werd door een te hoog niveau van mesttoediening in de incubatieproef. Dit niveau was, omgerekend naar oppervlakte in de fles, 40 ton ha⁻¹. In het onderzoek van de Boer (2018) gaf eenzelfde dosis geen remming van de C-mineralisatie, en was er na afloop van de 168 dagen nog maar 31% van de met runderdrijfmest toegediende C over. Wel was in dat onderzoek de gebruikte hoeveelheid zandgrond dubbel zoveel als in het huidige onderzoek, waardoor op gewichtsbasis de concentratie van de mest in het mengsel zandgrond+mest de helft lager was. Dit kan een rol gespeeld hebben in het ontstaan van een fors verschil in mineralisatiesnelheid tussen beide studies. Om te achterhalen welke stoffen en/of mechanismen verantwoordelijk zijn voor de geconstateerde remming van de C-mineralisatie, en in

hoeverre dit ook onder veldomstandigheden een rol speelt, is aanvullend en verdiepend onderzoek nodig.

Doordat de C-mineralisatie voor een aantal mestsoorten niet het normale patroon volgde, is het niet mogelijk om de overblijvende C-fractie na een jaar onder veldomstandigheden te schatten met behulp van het mineralisatiemodel van Yang en Janssen (2000). Deze overblijvende fracties kunnen eventueel benaderd worden door de overblijvende C-fracties aan het einde van de incubatieproef te vermenigvuldigen met de temperatuurcorrectiefactor (1,97). Bij de mestsoorten waar schatting wel mogelijk was, was er slechts een klein verschil tussen de overblijvende C-fractie aan het einde van de incubatieproef of geschat na 1 jaar bij gemiddelde veldtemperatuur. Echter, omdat niet duidelijk is in hoeverre deze remming van C-mineralisatie ook onder veldomstandigheden optreedt, en hoe lang deze kan aanhouden, is het niet duidelijk of deze benadering voldoende betrouwbare resultaten geeft.

De runderdrijfmest van bedrijf 3 kende, in tegenstelling tot de drijfmest van bedrijven 1 en 2, wel een normaal ogend mineralisatiepatroon, hoewel niet uitgesloten kan worden dat ook hier de mineralisatie in het mengsel zandgrond+mest geremd werd. Van de met mest toegediende C was na 1 jaar onder gemiddelde jaartemperatuur naar schatting nog 67% over, aanzienlijk meer dan in het eerdere onderzoek van de Boer (2018) (31%). Dit grote verschil in overblijvende C-fractie kan betekenen dat ook de C-mineralisatie na toediening van drijfmest van bedrijf 3 geremd is geweest (alhoewel minder dan bij de drijfmesten van bedrijf 2 en 3).

De C in verse runderfeces mineraliseerde relatief snel. Na toevoeging van urine, en daarmee de vorming van drijfmest, nam de C-mineralisatie sterk af en was er sprake van remming. Deze remming was groter bij 60 dan bij 12 dagen opslag. Tijdens opslag ging er relatief veel C uit de drijfmest verloren. Werd hiermee rekening gehouden, dan was er bij drijfmest met 60 dagen opslag minder C beschikbaar om toe te dienen dan bij drijfmest met 12 dagen opslag, en bleef er na afloop van de incubatieproef ook de minste hoeveelheid C over in de bodem. Hoewel er van verse feces meer C beschikbaar was om toe te dienen dan van drijfmest met 60 dagen opslag, bleef er uiteindelijk van de verse feces de minste C over. Dit kan als positief beoordeeld worden; de grotere C-mineralisatie wijst op een goed functioneren van het bodemleven, wat de voorkeur heeft boven een duidelijke remming van dit functioneren, zoals na toediening van opgeslagen drijfmest het geval was.

Door vergisting (afbraak van makkelijk afbreekbare OS) wordt de overblijvende OS in het digestaat ouder en resistenter tegen afbraak, vergeleken met de onvergiste drijfmest. Bij een vergelijking op basis van dezelfde hoeveelheid toegediende OS of C zou ten onrechte de conclusie getrokken kunnen worden dat door vergisting het gehalte C in de bodem kan toenemen. Dit kan het geval zijn op perceelsniveau, of op boerderijniveau wanneer de mest van buiten wordt aangevoerd en wordt toegediend op basis van aanwezige C. Wanneer de eigen mest op het eigen bedrijf wordt toegediend, of wanneer het effect van vergisting op kringlooptniveau wordt beoordeeld, moet naast de mineralisatiesnelheid van C in het digestaat ook de afname van het C-gehalte door vergisting meegenomen worden. Na deze correctie voor beschikbare C blijkt dat de afname van overblijvende C door vergisting kleiner is dan verondersteld zou worden op basis van de afname van het C-gehalte door vergisting. Hieruit blijkt dat bij beoordeling van het effect van vergisting op de opbouw van C in de bodem er niet alleen gekeken moet worden naar de daling van het C-gehalte in de mest, maar dat er ook rekening gehouden moet worden met de grotere resistentie van deze C tegen verdere mineralisatie. Wordt er gekeken naar het effect van vergisting op de korte termijn (~1 jaar), dan blijft er door vergisting minder C over. Na correctie voor de relatieve beschikbare hoeveelheid C was er door vergisting na ~1 jaar 23% minder C over op bedrijf 1 (100% - (61% / 79%)) en 8% minder C op bedrijf 2 (100 - (73% / 79%)). Een kanttekening bij het kleine verschil op bedrijf 2 is dat daar relatief weinig C werd gemineraliseerd tijdens vergisting; de daling van het C-gehalte op bedrijf 1 is realistischer om het effect van monovergisting te beoordelen. Met de resultaten uit het huidige onderzoek is het, vanwege de remmende factor, niet mogelijk om schattingen te doen over het effect van vergisting op langere termijn.

Bij oplopende vergistingsduur nam de C-mineralisatiesnelheid in het digestaat af; dit wordt veroorzaakt door een toenemende resistentie tegen verdere mineralisatie. Daarnaast kan ook een toename in het effect van de remmende factor (hoger zoutgehalte bij langere vergisting) een rol

gespeeld hebben. Door de invloed van deze remmende factor lijkt het niet mogelijk om verdere uitspraken te doen over verschillen in overblijvende C bij oplopende verblijftijd.

De mechanische scheiding van drijfmest of digestaat in een dikke en dunne fractie gaf een wat snellere (opgetelde) C-mineralisatie vergeleken met de ongescheiden toegediende uitgangsmest. Dit lijkt veroorzaakt door concentratie van de remmende factor in de dunne fractie. De C in de dikke fractie kon daardoor sneller mineraliseren vergeleken met dezelfde hoeveelheid C in de dunne fractie of in de ongescheiden drijfmest. Het onderzoek zou herhaald moeten worden om vast te stellen of zonder de aanwezigheid van een remmende factor hetzelfde resultaat behaald wordt. De verschillen in C-mineralisatiesnelheid tussen de dikke en dunne fractie waren in de eerste 28 dagen van de incubatieproef veel kleiner dan in de periode daarna; ook uit de andere mineralisatiecurves komt het beeld dat de remming vooral later tijdens de incubatieperiode optrad (of dan pas duidelijk zichtbaar werd).

Vanwege de remming van de C-mineralisatie is het (nog) niet mogelijk om uitspraken te doen over het precieze effect van vergisting, mestscheiding etc. op de opbouw van bodemorganische stof. Hiervoor is nodig het huidige onderzoek te herhalen, in de afwezigheid van de remmende factor. Bij een ongestoorde afbraak is het ook mogelijk om de lange-termijn C-mineralisatie te schatten, en vervolgens te bepalen of de korte-termijn effecten van vergisting en mestscheiding op lange termijn in stand blijven, of mogelijk veranderen.

Conclusies

- Door toediening van vloeibare mest (drijfmest, dunne fracties) werd de C-mineralisatie in het mengsel van zandgrond en mest duidelijk geremd. Hierdoor mineraliseerde er veel minder C uit drijfmest dan gemeten in eerder onderzoek. Het is onduidelijk waardoor deze remming veroorzaakt werd
- De remming leek groter te zijn bij de dunne fracties en digestaten dan bij onbehandelde runderdrijfmest. De C-mineralisatie van de vaste mestfracties (verse runderfeces, dikke fractie van drijfmest of digestaat) verliep relatief snel, maar kan desondanks ook geremd zijn geweest
- Tijdens de opslag van drijfmest werd er relatief veel C gemineraliseerd, waardoor er minder overbleef voor toediening
- Door vergisting werd de C in digestaat resistenter tegen mineralisatie vergeleken met de C in drijfmest. Daardoor bleef er na afloop van de incubatieproef meer C over uit digestaat dan wanneer alleen werd afgegaan op de daling van het C-gehalte in de mest als gevolg van vergisting
- Door een langere vergistingsduur werd de C in digestaat ook resistenter tegen verdere mineralisatie
- Op basis van de resultaten van het huidige onderzoek kunnen nog geen conclusies getrokken worden over de lange-termijn effecten van vergisting op de opbouw van bodem OS. Op de korte termijn (~1 jaar) bleef er duidelijk minder C over uit digestaat dan uit onvergiste drijfmest
- Mechanische mestscheiding gaf een hogere C-mineralisatie voor de dikke fractie vergeleken met de dunne fractie
- De (opgetelde) overblijvende C-fractie na mestscheiding en aparte toediening van beide fracties was lager dan de overblijvende C-fractie van de ongescheiden toegediende uitgangsmest
- Er is vervolgonderzoek nodig om de oorzaak van de remming van C-mineralisatie te achterhalen. Daarna zou het huidige onderzoek herhaald moeten worden in afwezigheid van de remmende factor, om vast te stellen of er dan mogelijk sprake is van andere effecten van drijfmestopslag, vergisting, oplopende vergistingsduur en mechanische mestscheiding.

Literatuur

- De Boer, H.C., 2018. C mineralization rates of bedded-pack composts in a sandy soil (in voorbereiding).
- Hügler, T., 1994. Gülle separieren und kompostieren. Rationalisierungs-Kuratorium für Landwirtschaft (RKL), Randsburg, Deutschland.
- Noij, I.G.A.M., Janssen, B.H., Wesselink, L.G., Van Grinsven, J.J.M., 1993. Modelling nutrient and moisture cycling in tropical forests. Tropenbos Series 4, The Tropenbos Foundation, Wageningen.
- Timmerman M., De Boer H.C., Verdoes N., Schilder, H., 2018. Effect van vergisting op het orthofosfaat gehalte in rundermest en potentieel voor terugwinning. Wageningen Livestock Rapport (in voorbereiding)
- Yang, H.S., Janssen, B.H., 2000. A mono-component model of carbon mineralization with a dynamic rate constant. *European Journal of Soil Science*, 51, 517-529.

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



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

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

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

