MEMO
"Klimaatwinsten kringlooplandbouw varkens- en pluimveehouderij"

A.J.M. Jansman, P.F. Mostert, W. Spek

Wageningen Livestock Research, augustus 2026

Achtergrond en doelstelling

In maart 2024 zijn in de 2e kamer vragen gesteld over de voordelen van kringlooplandbouw voor de uitstoot van koolstofdioxide (CO_2) en methaan (CH_4) door de NL varkens- en pluimveehouderij en is om onderzoek en nadere verkenning gevraagd van dit thema. In nader overleg met Min. LVVN is getracht de vragen nader te duiden, aan te scherpen en af te bakenen aangezien de vragen als zodanig niet scherp waren geformuleerd. Bovendien is het begrip "circulariteit" niet scherp gedefinieerd en sterk context gerelateerd. Circulariteit wordt gezien als één van de parameters passend in de lijst van parameters die verband houden met de duurzaamheid en milieu footprint van de veehouderij waarin samenstelling van diervoeders een belangrijke rol speelt.

Doelstelling van het onderzoek is op hoofdlijnen kwalitatief inzicht te verkrijgen van de effecten van het gebruik van meer circulaire voeders in de Nederlandse varkens- en pluimveehouderij op de carbon footprint (uitgedrukt in CO_2-equivalenten) per dier of kg groei in deze sectoren. Dit onderzoek focust zich op

de formulering van droge mengvoeders en gebruik van droge mengvoergrondstoffen. Beschikbare natte/vochtrijke grondstoffen worden in Nederland reeds maximaal ingezet in een specifiek deel van de varkenssector die is ingericht in het verwerken vochtrijke grondstoffen met een hoog "circulair gehalte" en verstrekken van brijvoeders. Vanwege de bestaande stabiele inzet van beschikbare vochtrijke grondstoffen in brijvoeders wordt in deze notitie geen aandacht besteed aan aanpassing van de samenstelling van brijvoeders. Bij pluimvee is het gebruik van natte/vochtrijke grondstoffen niet gangbaar. De uitgevoerde evaluatie richt zich daarom op scenario's waarin droge mengvoeders meer circulair worden ingericht. Daarnaast houden we beperkt rekening met het totaal volume aan beschikbare "circulaire droge ingrediënten" in Nederland.

Werkwijze

In de varkenshouderij en pluimveehouderij krijgen dieren in samenstelling verschillende voeders in de te onderscheiden productiefasen waarbij rekening wordt gehouden met verloop in productiviteit en gerelateerde nutriëntbehoeften van de dieren. Voor de sectoren zijn de volgende productiefasen meegenomen: in de varkenshouderij voor vleesvarkens (50-80 kg, 80-125 kg) en zeugen (dracht en lactatie). In de pluimveehouderij voor vleeskuikens (regulier (groei 2) en traag groeiende kuikens – BLK 1 ster (groei 2) en voor leghennen (leg). Er zijn geen berekeningen uitgevoerd naar effecten van gebruik van meer circulaire voeders bij pluimvee ouderdieren. Om deze analyse uit te voeren, zijn de volgende stappen uitgevoerd: 1. Definitie van de ingrediënt- en nutriëntsamenstelling van referentie voeders en productiekengetallen per sector 2. Berekening alternatieve, meer circulaire voeders, inclusief aannames voor grondstofprijzen, nutriëntgehalten en beschikbaarheid van grondstoffen en de definitie van circulariteit 3. Berekeningen van broeikasgasemissies van varkens, vleeskuikens en leghennen. Hieronder worden bovenstaande stappen verder toegelicht.

1. Definitie referentie voer en productiekengetallen per sector

De gebruikte referentievoeders per productiefase per diercategorie zijn gebaseerd op grondstofgebruik en nutriëntgehalten van voeders zoals ook gebruikt in de nationale rapportage voor broeikasgasemissies (National Emission Model for Agriculture ((NEMA)). De samenstellingen staan in Appendix A.

De productiekengetallen voor de verschillende fasen zijn gebaseerd op NEMA (CBS, 2025) of op basis van literatuur (Tabel 1, 2, 3). Bij de scenario analyse is uitgegaan van een gemiddeld lichaamsgewicht en voeropname van zeugen en leghennen in de beschouwde productiefasen en dat de voeropname niet wordt beïnvloed door de samenstelling van de geformuleerde voeders.

Tabel 1. *Productiekenmerken van dieren voor de verschillende productiefases in de varkenshouderij (CBS, 2025).*

	Vleesvarkens (per vleesvarken)[1]	**Zeugen (per zeug/jaar)[1]**
Totale voeropname (kg)	202	1314
Groei (kg) (50-80 kg)	74	
Eind (kg) (80-125 kg)	128	
Dracht (kg)		835
Lactatie (kg)		479
Aantal afgeleverde biggen (aantal/jaar)		31.5

[1]Verdeling van totale voeropname naar verschillende fases voor vleesvarkens op basis van STV (2026) en voor zeugen op basis van van der Peet-Schwering & Bikker (2019).

Tabel 2. *Productiekenmerken voor de groeifase 2 in de houderij voor traag groeiende en gangbare vleeskuikens (Mostert et al. 2022).*

	Traag groeiende (BLK *) (d 26-35)	**Gangbaar (d 20-30)**
Totale voeropname (g)	1029	1340
Groei (g)	525	847

Tabel 3. *Productiekenmerken voor de legfase in de leghennenhouderij (CBS, 2025).*

	Leg
Totale voeropname (kg/hen/jaar)	46.5
Ei productie (kg/hen/jaar)	19.8

2. Samenstelling van de voeders en berekening van meer circulaire voeders t.b.v. de scenario analyse.

Er bestaat veel discussie over de definitie van circulariteit van diervoedergrondstoffen en allocatie m.b.t. het gebruik van grondstoffen binnen en buiten de feed sector (b.v. gebruik voor humane voeding; gebruik voor voeding varkens/pluimvee of voor herkauwers; feed - fuel competitie). In een eerdere studie naar circulariteit van diervoedergrondstoffen zijn 6 principes van circulariteit benoemd en die tonen de complexiteit van dit thema (Bremmer et al., 2024). Er is nog geen breed omarmde internationale definitie van circulariteit van veevoergrondstoffen die men in de praktijk kan implementeren, waarbij ook de verbinding gelegd wordt met het effect op het gehele voedselproductiesysteem t.b.v. voeding voor de mens. Hoewel deze definitie een belangrijk vraagstuk blijft, was dit geen onderdeel van de vraag die gesteld was in de 2de kamer waaruit deze deskstudie voortkwam. Daarom is in overleg met de opdrachtgever in deze

analyse dezelfde definitie voor de mate van circulariteit van grondstoffen aangenomen zoals de Nederlandse mengvoersector (Nevedi) deze ook momenteel hanteert, gebaseerd op de economische waarde van grondstoffen afgeleid van de primaire grondstof. Een afgeleide grondstof wordt hierbij als circulair beschouwd indien de economische waarde ten opzichte van de primaire grondstof minder dan 50% bedraagt. Een belangrijk verschil is echter dat in de huidige scenario studie de absolute relatieve economische waarde wordt gehanteerd voor de mate van circulariteit van grondstoffen (bijv. 45%), terwijl de mengvoersector een binaire aanpak hanteert (dus 0-50% economische waarde, dan te kwalificeren als een circulaire grondstof), meer dan 50% economische waarde t.o.v. het hoofdproduct, dan niet te beschouwen als circulaire grondstof) (Appendix A). Vervolgens is in deze studie de genoemde economische waarde van een grondstof getransformeerd tot een waarde uitgedrukt als "100 - % economische waarde" om de mate van circulariteit (in %) ervan aan te geven. Een hogere waarde duidt hierbij op een hogere circulariteit van de betreffende grondstof of het betreffende voer. De keuze voor de definitie van het begrip circulariteit kan grote impact hebben op de samenstelling van de geformuleerde voeders gericht op maximalisering van de circulariteit. Daarom zullen de uitkomsten van deze studie mede geïnterpreteerd moeten worden in connectie met de gebruikte definitie van circulariteit van diervoedergrondstoffen.

Per diercategorie zijn alternatieve voeders geformuleerd waarin een groter aandeel van de grondstoffen bestaat uit "circulaire" grondstoffen. Het effect van het gebruik van een groter aandeel in een sector op het gebruik in andere sectoren is niet meegenomen. Bij de doorrekening van de samenstelling van meer circulaire voeders per diercategorie is gebruik gemaakt van lineaire programmering uitgaande van een vast prijsniveau van grondstoffen op een bepaald moment. Beschikbaarheid van grondstoffen, prijs, nutriënten samenstelling en grondstof- en nutriënten restricties (minimale en maximale waarden) zijn belangrijke factoren die de uiteindelijke samenstelling van de geformuleerde voeders bepalen. De gehanteerde aannames en uitgangspunten bij de formulering van de gebruikte voeders in de scenarioanalyse staan beschreven in Appendix A.

3. Berekeningen broeikasgasemissies

Broeikasgasemissies zijn berekend gerelateerd aan de productie van voer ingrediënten (gerelateerd aan teelt, verwerking, transport, en gerelateerd aan verandering in landgebruik voor teelt ("land use change"; LUC), aan mestemissies (methaan en directe lachgas) vanuit stal en opslag, en aan de vorming van enterisch methaan in het darmkanaal van het dier. Eventuele effecten van voerscenario's op de emissie van ammoniak zijn buiten beschouwing gebleven, maar berekende N-efficiëntie, Totaal Ammoniakale Stikstof (TAN) en N-excretie zijn wel berekend voor de verschillende scenario's. Type mestopslag is in de berekeningen als contante beschouwd en effecten van eventuele aanpassingen hierin op de broeikasgasemissies zijn niet meegenomen. Effecten van (variatie in) mestverwerking zijn eveneens buiten beschouwing gebleven. De rekenmethode voor het kwantificeren de broeikasgasemissies in deze analyse is beschreven in Appendix B. De emissies in de verschillende scenario's zijn vervolgens uitgedrukt in kilogram CO_2-equivalenten per kg geproduceerd dierlijk product (groeitraject en groei (groeiende varkens en vleeskuikens) of per dier per jaar (zeugen en leghennen)) volgens Assessment Report 6 (1 kg CH_4 is 27 kg CO_2-eq, 1 kg N_2O is 273 kg CO_2-eq) (IPCC, 2019). Er wordt vanuit gegaan dat de productiviteit en gerelateerde productiekenmerken voor de diverse categorieën dieren zoals gegeven in Tabellen 1, 2 en 3 hetzelfde zijn bij gebruik van het referentie voer en het meer circulaire voer in de verschillende scenario's.

Resultaten

De grondstof- en nutriëntsamenstelling van de doorgerekende referentie- en meer circulaire voeders zijn weergegeven in Appendix A. Bij de formulering van de circulaire voeders is het aandeel circulaire grondstoffen in de samenstellingen gemaximaliseerd binnen de gehanteerde eisen/randvoorwaarden t.a.v. grondstofbeschikbaarheid, nutriënt- en ingrediëntsamenstelling (minimum en maximum eisen) van de betreffende voeders.

Het effect van gebruik van meer circulair voer op broeikasgasemissies in de varkenshouderij staat weergegeven in Tabel 4. De berekende circulariteit van de voeders neemt toe t.o.v. de referentievoeders bij vleesvarkens en bij zeugen wanneer hierop binnen randvoorwaarden actief wordt gestuurd bij de formulering. Bij vleesvarkens blijven de broeikasgasemissies gerelateerd aan voerproductie gelijk, maar nemen alle andere berekende broeikasgasemissies toe. Emissies gerelateerd aan LUC nemen toe door een toename van het gebruik van sojaolie als energiebron in de geformuleerde meer circulaire voeders voor vleesvarkens. Alle emissies uit mest nemen toe bij meer circulair voer. Dit komt doordat per kg voer het eiwitgehalte hoger is in de circulaire voeders (leidend tot een hogere berekende lachgas (N_2O) emissie), de verteringcoëfficiënt organische stof (OS) van het voer lager is (hogere CH_4 emissie uit mest) en de berekende bruto energiewaarde van het voer hoger is (in de gebruikte rekenregels leidend tot hogere enterische CH_4 vorming) voor circulaire voeders t.o.v. de referentievoeders. OS excretie en totale N excretie (via faeces en urine) nemen toe bij gebruik van meer circulair voer, terwijl de berekende TAN excretie lager wordt (als gevolg van een lagere verteerbaarheid van de eiwitfractie in het voer (VCRE)). Bij zeugen is alleen een afname zichtbaar van emissies samenhangend met een lagere emissie gerelateerd aan de toegerekende LUC van de gebruikte grondstoffen, terwijl alle overige berekende emissies afnemen bij gebruik van meer circulair voer t.o.v. de referentievoeders. De totale berekende broeikasgas emissies per dier nemen toe bij vleesvarkens en zeugen.

Tabel 4. *Broeikasgasemissies (kg CO_2-eq per groeitraject (vleesvarkens) of per jaar (zeugen), circulariteit van voer (%), organische stof (OS) uitscheiding, stikstof (N) efficiëntie en excretie en Totaal Ammoniakale Stikstof (TAN) excretie per groeitraject (vleesvarkens) of per jaar (zeugen) bij gebruik van referentie (REF) en meer circulaire voeders (MAX circ) voor vleesvarkens (50-125 kg) en zeugen.*

	Vleesvarken (50-125 kg)		Zeugen (zeug/jaar)	
kg CO_2-eq	**REF**	**MAX circ**	**REF**	**MAX circ**
Voerproductie[1]	107	107	676	693
LUC[2]	29	55	328	272
N_2O mest	2.3	2.6	19.6	22.7
CH_4 mest	57	78	469	620
CH_4 enterisch	9.0	9.5	60.5	62.2
Totale broeikasgasemissies	205	251	1552	1670
Circulariteit voer (%)	28	62	42	71
N efficiëntie (%)	41	38	21	19
OS excretie (kg)	28	38	232	307
N excretie (kg)	2.7	3.0	22.9	26.5
TAN excretie (kg)	1.8	1.7	15.3	16.9

1. Dit zijn alle emissies gerelateerd aan teelt, productie van input daarvoor, opslag, verwerking en transport totdat het voer op het varkensbedrijf komt.
2. Land use change van voer ingrediënten, broeikasgasemissies gerelateerd aan verandering in landgebruik

Bij vleeskuikens nemen de broeikasgasemissies gerelateerd aan voerproductie en gerelateerde LUC af, terwijl emissies uit mest toenemen (Tabel 5) bij gebruik van meer circulaire voeders. OS, N en TAN excretie nemen toe, terwijl N efficiëntie afneemt bij gebruik van meer circulaire voeders. OS excretie neemt toe door een lagere verteringscoëfficiënt van organische stof. N en TAN excretie nemen toe door een toename van het eiwitgehalte van het voer waardoor de excretie toeneemt. Dit zorgt voor hogere emissies uit de mest. De totale berekende broeikasgas emissies per kg groei nemen af bij gebruik van meer circulair voer t.o.v. gebruik van de referentievoeders.

Tabel 5. *Broeikasgasemissies (kg CO_2-eq/kg groei), circulariteit van het voer, excretie van organische stof (OS), stikstof (N) efficiëntie en excretie en Totaal Ammoniakale Stikstof (TAN) excretie van referentie voeders (REF) en meer circulair voeders (MAX circ) voor traag groeiende (BLK*) en gangbare vleeskuikens tijdens groeifase 2.*

	Traag groeiend (BLK*) (d 26-35)		**Gangbaar (d 20-30)**	
kg CO_2-eq/ kg groei	**REF**	**MAX circ**	**REF**	**MAX circ**
Voerproductie[1]	1.19	1.13	1.09	0.87
LUC[2]	0.89	0.81	0.88	0.83
N_2O mest	0.010	0.013	0.007	0.009
CH_4 mest	0.043	0.050	0.034	0.040
CH_4 enterisch	NVT	NVT	NVT	NVT
Totale broeikasgasemissies	2.14	2.00	2.00	1.76
Circulariteit voer (%)	20	40	17	39
N efficiëntie (%)	55	49	64	57
OS excretie (g)	231	268	297	346
N excretie (g)	12.1	15.4	13.6	17.8
TAN excretie (g)	7.9	8.7	8.1	9.0

1. Dit zijn alle emissies gerelateerd aan teelt, productie van input daarvoor, opslag, verwerking en transport totdat het voer op het vleeskuikenbedrijf komt.
2. Land use change van voer ingrediënten, broeikasgasemissies gerelateerd aan verandering in landgebruik

Bij leghennen nemen emissies gerelateerd aan voerproductie en LUC, samenhangend met teelt en bewerking van grondstoffen af bij gebruik van meer circulaire voeders. Emissies van N_2O uit mest blijft hetzelfde doordat eiwitgehalte van het voer nauwelijks verschilt tussen het referentievoer en het gangbare voer. TAN excretie neemt af door een lagere verteerbaarheid van de eiwitfractie in het voer (VCRE). Berekende emissies van CH_4 uit mest nemen toe door een lagere verteringscoëfficiënt van organische stof in het voer, waardoor de OS excretie toeneemt bij gebruik van circulaire voeders (Tabel 6).

Tabel 6. *Broeikasgasemissies (kg CO_2-eq per jaar), circulariteit voer, organische stof (OS), stikstof (N) efficiëntie en excretie en Totaal Ammoniakale Stikstof (TAN) excretie van referentie (REF) en meer circulair voeders (MAX circ) voor leghennen.*

	Legfase	
kg CO_2-eq/ jaar	**REF**	**MAX circ**
Voerproductie[1]	26.3	25.3
LUC[2]	21.9	13.5
N_2O mest	0.35	0.35
CH_4 mest	1.01	1.13
CH_4 enterisch	NVT	NVT
Totaal	49.5	40.3
Circulariteit voer (%)	25	48
N efficiëntie (%)	31	31
OS excretie (g)	9555	10712
N excretie (g)	824	824
TAN excretie (g)	611	573

1. Dit zijn alle emissies gerelateerd aan teelt, productie van input daarvoor, opslag, verwerking en transport totdat het voer op het leghennenbedrijf komt.
2. Land use change van voer ingrediënten, broeikasgasemissies gerelateerd aan verandering in landgebruik

Discussie

Deze scenarioanalyse toont dat de mate van circulariteit van productie in de varkenshouderij en pluimveehouderij kan toenemen door aanpassing van de grondstofsamenstelling in voeders voor de verschillende diercategorieën. Bij gebruik van meer circulair voer nemen de emissies voor productie van voer ingrediënten af, maar is er een afwenteling naar emissies uit de mest. Bij varkens is de toename van methaan uit de mest zo hoog dat totale broeikasgasemissies uitgedrukt in kg CO_2 equivalenten toenemen. Wanneer er echter dagontmesting in de stal plaatsvindt in combinatie met gebruik van mest voor vergisting voor productie van biogas kan deze afwenteling ook een kans zijn om meer biogas te produceren vanuit mest.

In deze scenarioanalyse zijn verschillende aannames gedaan die invloed hebben op de resultaten. Beschikbaarheid van grondstoffen bepaalt voor het grootste gedeelte het aandeel circulaire grondstoffen. In specifieke concepten kan het aandeel circulaire grondstoffen hoger zijn dan in deze scenarioanalyse. Daarnaast is er in deze analyse niet gekeken naar effecten van verandering van samenstelling van brijvoeders waarin vochtrijke/natte bijproducten worden gebruikt. In de varkenshouderij kunnen deze producten goed gevoerd worden en hierdoor kan het aandeel circulaire grondstoffen hoger zijn voor varkenshouders die brijvoer voeren. Hier is echter ook beschikbaarheid van vochtrijke grondstoffen een beperking aangezien het volume van geschikte vochtrijke grondstoffen dat thans beschikbaar is reeds wordt gebruikt voor de voeding van varkens.

Een andere belangrijk aspect is de definitie van circulariteit. Deze definitie bepaalt welke grondstoffen meer circulair zijn. In een eerdere studie naar welke afwegingen relevant zijn bij het bepalen van de circulariteit van een specifieke grondstof in een specifieke toepassing als diervoer waren twee vragen erg belangrijk: hoe produceren we met een schaarse hoeveelheid grond en fosfaat, de gewenste hoeveelheid en kwaliteit voedsel? En hoe doen we dat met minimale verliezen en met behoud van bodemvruchtbaarheid (Bremmer

et al. 2024)? Daarnaast kan een specifiek voer ingrediënt niet circulair zijn, maar een voedselsysteem wel. Focussen op specifieke voer ingrediënten toont niet het optimale gebruik van deze ingrediënten (bijv. voor direct gebruik in humane voeding, voor processing naar humaan gebruik, voor diervoeder, energieopwekking of voor productie van constructiematerialen) en afwentelingen binnen en buiten de agrarische sector. Voor meer circulair gebruik van schaarse resources ten behoeve van de voedselproductie zal er dus op verschillende schaalniveaus gekeken moeten worden (Muscat et al. 2021). In deze scenarioanalyse is dezelfde benadering gekozen als de veevoersector gebruikt en dit heeft een groot effect gehad op de geformuleerde voeders en hierin opgenomen grondstoffen en dus op de uitkomsten van deze scenarioberekeningen. Het voordeel van deze benadering is dat deze goed uitvoerbaar en toepasbaar is, maar benoemde aspecten uit de studies van Muscat et al. 2021 en Bremmer et al. 2024 worden daardoor slechts zeer beperkt meegenomen. Bij deze benadering wordt gebruik gemaakt van de relatieve economische waarde van een product (bijv. sojaschroot) t.o.v. van de totale economische waarde van alle producten (bijv. sojaschroot en sojaolie). Een product wordt als een bijproduct (en dus meer circulair) gezien als deze relatieve waarde lager is dan 50%. Een andere definitie van circulair grondstoffen is of deze al dan niet humaan eetbaar zijn. Het begrip "humaan eetbaar" is echter lastig te definiëren vanwege grote variatie in samenstelling, verteerbaarheid, veiligheid, en culturele aspecten bij gebruik als voedingsmiddel. Bij gebruik van de relatieve economische waarde als maat voor circulariteit krijgt sojaolie een waarde van 34%, maar bij gebruik van "humaan eetbaar" hiervoor zou dit product niet geselecteerd kunnen worden voor de voeding van landbouwhuisdieren aangezien sojaolie ook een geschikt ingrediënt is voor de humane voeding. Het effect van deze benadering is terug te zien in de geformuleerde meer circulaire varkensvoer, waarbij niet circulair voer ingrediënten (granen) minder worden opgenomen in de samenstelling maar vervolgens voor een klein gedeelte vervangen worden door sojaolie als energiebron. Voor een meer complete analyse en bepaling van het effect van gebruikte onderzoeksmethode op uitkomsten zou het goed zijn om vergelijkbare berekeningen met verschillende methodes uit te voeren en het effect hiervan op geformuleerde voersamenstellingen en gerelateerde klimaatimpact te beschouwen.

Een ander belangrijk aspect is dat we in deze scenariostudie alleen naar het gebruik van grondstoffen in diervoeders hebben gekeken, terwijl je bij de beoordeling van circulariteit ook een geheel voedselproductiesysteem kunt beschouwen. In deze analyse hebben we niet gekeken wat meer circulaire grondstoffen voor de varkenshouderij en pluimveehouderij betekent voor circulariteit van het voedselsysteem en daarbuiten (bijvoorbeeld voor toepassing als energiebron en grondstof voor constructiematerialen). Wanneer er bepaalde grondstoffen meer naar de varkenshouderij en pluimveehouderij gaan en deze grondstoffen voor een ander doeleind reeds worden gebruikt, dan zou je dergelijke verschuivingen in de beoordeling willen betrekken. Op deze andere plek zal er dan mogelijk gebruik gemaakt gaan worden van andere grondstoffen en kan er dus een afwenteling plaatsvinden.

Aannames, conclusies en implicaties

Aannames

In deze verkennende studie zijn verschillende aannames gedaan. Deze aannames hebben effect op de getoonde resultaten. Hieronder bespreken kort de belangrijkste aanname en het effect ervan op de resultaten.

1. Bij deze scenarioanalyse is uitgegaan van het gebruik van droge voeders en er is gerekend met een maximum inclusie van grondstoffen in de verschillende voeders vanwege geraamde beschikbaarheid ervan. Hiervoor is gekozen zodat de geformuleerde voeders een praktisch meer reële samenstelling laten zien. In de scenario's die thans zijn onderzocht in deze studie is in bepaalde gevallen de benodigde beschikbaarheid van bepaalde grondstoffen reeds hoger dan de daadwerkelijke beschikbaarheid. Specifieke concepten waarbij bepaalde circulaire grondstoffen een groot deel van

het totale voer vormen, kunnen een hogere circulariteit behalen, maar is door beperking van de beschikbaarheid van grondstoffen niet breed toepasbaar.
Natte/vochtrijke grondstoffen zijn niet meegenomen in deze analyse. Deze producten worden in Nederland reeds maximaal ingezet in een specifiek deel van de varkenssector die is ingericht in het verwerken vochtrijke grondstoffen en verstrekken van brijvoeders. Brijvoerbedrijven met veel natte bijproducten kunnen een hogere circulariteit halen en natte/vochtrijke producten hebben vaak een lage CFP. Echter zijn brijvoeders nog niet breed toepasbaar voor de gehele varkenshouderij door beperkingen in de beschikbaarheid van natte/vochtrijke grondstoffen en kunnen veel varkenshouders deze producten momenteel nog niet voeren wegens het ontbreken van passende voerinstallaties. Bij pluimvee is het gebruik van natte/vochtrijke grondstoffen niet gangbaar. De uitgevoerde evaluatie richtte zich daarom op scenario's waarin droge mengvoeders meer circulair werden ingericht.

2. Het is van belang te vermelden dat voersamenstellingen geoptimaliseerd met behulp van lineaire programmeren sterk kunnen worden beïnvloed door gehanteerde ingrediënt en nutriënteisen en door de prijsverhoudingen van beschikbare grondstoffen. Dit geldt ook voor de gebruikte voersamenstellingen in de huidige studie. De gebruikte definitie van circulariteit van grondstoffen en nutriënt en ingrediënt eisen en prijsverhoudingen van grondstoffen hebben daarmee een belangrijke impact op de uitkomsten. Wanneer er geen eisen aan beperking van voerprijzen en beschikbaarheid van grondstoffen worden gesteld, dan kunnen er circulaire voeders worden geformuleerd met een meer extreme grondstofsamenstelling. Daarnaast zal een andere definitie van circulariteit van grondstoffen leiden tot andere grondstofsamenstellingen bij formulering van meer circulaire voeders.

3. Er is in deze analyse vanuit gegaan dat de dierprestaties en dierenwelzijn niet worden beïnvloed bij gebruik van circulaire voeders. Deze veronderstelling moet nader worden onderzocht voor een range aan combinaties van circulaire grondstoffen in de betreffende voeders voor varkens en pluimvee.

4. De scenario's hebben het effect van voersamenstelling beschouwd op bedrijfsniveau voor de varkenshouderij en pluimveehouderij. De effecten van gebruik van meer restproducten in de varkenshouderij en pluimveehouderij op het totale voedselsysteem en op import van grondstoffen en mineralen zijn niet meegenomen.

Belangrijkste conclusies

Hieronder staan de belangrijkste conclusies. Bij interpretatie van deze conclusie dienen bovenstaande aannames en uitgangspunten in acht genomen te worden.

1. De scenario analyse toont dat het aandeel circulaire grondstoffen in mengvoeders voor varkens en pluimvee aanzienlijk verhoogd kan worden uitgaande van een grotere beschikbaarheid van circulaire grondstoffen dan thans het geval is aangezien een groot deel van geschikte circulaire grondstoffen reeds als diervoederingrediënt wordt gebruikt. Bij vleesvarkens en pluimvee is meer dan een verdubbeling van het aandeel circulaire grondstoffen in voeders mogelijk. Bij de prijsverhoudingen van grondstoffen zoals gebruikt in deze scenarioanalyse gaat het verhogen van de circulariteit van de voeders gepaard met een kostenstijging van het voer en daarmee ook tot een kostenverhoging per eenheid dierlijk eindproduct.
2. Bij vleesvarkens en bij zeugen nemen de berekende totale broeikasgasemissies toe bij gebruik van meer circulaire mengvoeders. Deze toename komt vooral door een toename in lachgas en methaanemissies uit de mestopslag. Deze toename komt door een hoger eiwitgehalte in het circulaire voer en een lagere verteerbaarheid van organische stof in circulaire voeders ten opzichte

van gebruik van meer conventionele voeders. Dit effect kan in de praktijk mogelijk tegengegaan worden door de mest (snel) uit de stal te verwijderen en te bewerken of te verwerken. Wanneer echter de mest vergist kan worden t.b.v. energieopwekking (biogas) en dagontmesting plaatsvindt, kan een toename van het methaanpotentieel van de mest juist wenselijk zijn. Emissies gerelateerd aan voerproductie nemen toe bij zeugen en blijven bij vleesvarkens gelijk, terwijl toegerekende LUC emissies toenemen bij vleesvarkens en afnemen bij zeugen bij gebruik van meer circulaire voeders zoals geformuleerd ten behoeve van deze scenariostudie.

3. Bij vleeskuikens en bij leghennen nemen de totale broeikasgasemissies af bij meer circulaire mengvoeders. Deze afname komt door een afname in emissies van voerproductie en LUC. Echter is er wel een toename van in lachgas en methaanemissies uit de mestopslag. Deze toename komt door een hoger eiwitgehalte in het circulaire voer en een lagere verteerbaarheid van organische stof in circulaire voeders.

Implicaties

1. Een toename van het aandeel circulaire grondstoffen in mengvoeders voor varkens toont afwentelingen naar broeikasgasemissies. De afwentelingen van gebruik van meer circulair voer naar hogere emissies uit voerproductie of gerelateerd aan toegerekende LUC, een verlaagde stikstofefficiëntie en een toename van emissies uit de mest zouden mogelijk verlaagd kunnen worden door (strengere) restricties te hanteren bij de formulering van voeders t.a.v. emissies gerelateerd aan voerproductie of LUC, het maximale eiwitgehalte en de minimale verteerbaarheid van de eiwitfractie en organische stof in de voeders. Dit heeft mogelijk weer gevolgen voor de kosten van de voeders en invloed op de beschikbaarheid van geschikte circulaire grondstoffen voor diervoeders. De toerekende C-footprint gerelateerd aan LUC van energiebronnen opgenomen in meer circulaire voeders (sojaolie) ter handhaving van het energiedichtheid van de voeders kan worden verlaagd door inclusie van vetbronnen met een lagere CFP zoals dierlijk vet indien voldoende beschikbaar. Daarnaast kan het effect op emissies uit de mest in de praktijk mogelijk tegengegaan worden door de mest (snel) uit de stal te verwijderen en te bewerken of te verwerken. Hiervoor zullen stalaanpassingen gedaan moeten worden met kosten voor de varkenshouder. Wanneer echter de mest vergist kan worden t.b.v. energieopwekking (biogas) en dagontmesting plaatsvindt, kan een toename van het methaanpotentieel van de mest juist wenselijk zijn. De impact van gebruik en aanpassing van vochtrijke (brij) voeders op circulariteit en berekende broeikasgasemissies is in deze analyse niet meegenomen. Als de sector hierin wil gaan opschalen, dan zullen er meer natte/vochtrijke producten beschikbaar moeten komen en zullen er stalaanpassingen (implementatie van geschikte voerinstallaties) gedaan moeten worden. Dit zal gevolgen hebben voor de kosten per eenheid dierlijk eindproduct voor de varkenshouder.

2. Een toename van het aandeel circulaire grondstoffen in mengvoeders voor pluimvee toont een verlaging van de berekende totale broeikasgasemissies. Echter zijn er wel afwentelingen. De afwentelingen van gebruik van meer circulair voer naar een verlaagde stikstofefficiëntie, en een toename van emissies uit de mest zouden mogelijk verlaagd kunnen worden door (strengere) restricties te hanteren bij de formulering van voeders t.a.v. het maximale eiwitgehalte en de minimale verteerbaarheid van de eiwitfractie en organische stof in de voeders. Dit heeft mogelijk gevolgen voor de kosten van de voeders en invloed op de beschikbaarheid van geschikte circulaire grondstoffen voor diervoeders.

Referenties

Bremmer, B., O.N.M. van Eijk, J. Scholten, A. Bannink, P. Bikker, A.J.W. Mens & F.A.J. Gort (2024); Circulariteit van diervoedergrondstoffen; Ontwikkeling van een gedeelde werkdefinitie met hulp van de KringloopToets. Wageningen Livestock Research, Openbaar Rapport 1501.

CBS, (2025). Mest en mineralen 2025. 4. Rekenmethodiek staldieren | CBS. Centraal Bureau voor de statistiek, Den Haag, Nederland

CVB, 2023. CVB Veevoedertabel 2023. Chemische samenstellingen en nutritionele waarden van voedermiddelen.

Most, M. van der, & C. van Bruggen, A. Bannink, A. Bleeker, D.W. Bussink, H.J.C. van Dooren, J.F.M. Huijsmans, J. Kros, K. Oltmer, M.B.H. Ros, L. Schulte-Uebbing, G.L. Velthof en T.C. van der Zee (2025). Emissies naar lucht uit de landbouw berekend met NEMA voor 1990-2023. Wageningen, WOT Natuur & Milieu, WOT-technical report 283

Mostert, P. F., Bos, A. P., van Harn, J., & de Jong, I. C. (2022). The impact of changing toward higher welfare broiler production systems on greenhouse gas emissions: a Dutch case study using life cycle assessment. *Poultry Science*, *101*(12), Article 102151. https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.102151

Muscat, A., De Olde, E. M., Ripoll-Bosch, R., Van Zanten, H. H. E., Metze, T. A. P., Termeer, C. J. A. M., Van Ittersum, M. K., & De Boer, I. J. M. (2021). Principles, drivers and opportunities of a circular bioeconomy. Nature Food, 2(8), 561–566.STV, 2026. Samen tegen Voedselverspilling. Coalitie circulair varkensvoer. Kerninzichten uit analyses. coalitie-circulair-varkensvoer-kerninzichten-uit-analyses.pdf

Nevedi (2025). Beleids- en methodedocument Project Duurzaam Diervoeder 2030. Versie februari 2025.

Nevedi (2025). CFP-database diervoedergrondstoffen. Nederlandse Vereniging Diervoederindustrie (Nevedi).

van der Peet-Schwering, C. M. C., & Bikker, P. (2019). Energy and amino acid requirements of gestating and lactating sows. (Wageningen Livestock Research report; No. 1190). Wageningen Livestock Research. https://doi.org/10.18174/498283

Veraart, M., P. Bikker, & H. van Laar, 2023. Monitor herkomst diervoedergrondstoffen. Beschrijving van de opzet, uitkomsten en beperkingen van een monitor voor de herkomst van diervoedergrondstoffen gebruikt in mengvoer in Nederland in 2019 en 2020. Wageningen Livestock Research, Openbaar rapport 1404.

WLR (2024). Voederwaardeprijzen Rundvee. Wageningen Livestock Research. https://www.wur.nl/nl/onderzoek/producten-diensten/voederwaardeprijzen-rundvee.

Bijlage A: Korte toelichting aanpak van maximaliseren van rest- of bijproducten in mengvoersamenstellingen van varkens en pluimvee

Keuze van mengvoersamenstellingen

De keuze is gemaakt om gebruik te maken van mengvoersamenstellingen voor

1. groeiende varkens (groeitraject)
2. groeiende varkens (eindtraject)
3. drachtige zeugen
4. lacterende zeugen
5. leghennen
6. vleeskuikens, regulier (Groei 2)
7. vleeskuikens, traaggroeiend (Groei 2)

Keuze van referentiesamenstellingen om te kunnen benchmarken

In het analyseren van de ruimte om gebruik van restproducten in mengvoersamenstellingen van varkens en pluimvee te verhogen is het van belang om ook een beeld te hebben van het huidige gebruik van restproducten en circulaire grondstoffen in de mengvoersamenstellingen voor varkens en pluimvee. Hiervoor is gebruik gemaakt van beschikbare mengvoersamenstellingen van Wageningen Livestock Research (WLR) uit 2024 die zijn opgesteld met als doel om 1) inzicht te krijgen in verbruik van individuele ingrediënten in mengvoersamenstellingen van varkens en pluimvee voor het opstellen van monsternameschema's voor het analyseren van risico ingrediënten m.b.t. gevaarlijke mycotoxines zoals DON, ZEA, FUM en AFLA en 2) voor het berekenen van excretie van stikstof in mest. Deze mengvoersamenstellingen kunnen geoptimaliseerd worden binnen bepaalde nutriënt- en ingrediëntgrenzen. De precieze nutriëntgrenzen zijn niet vastgelegd in een rapport maar sluiten aan bij grenzen die ook in de mengvoerindustrie gehanteerd worden. Deze mengvoersamenstellingen zijn onder andere ook gebruikt in de studie van Veraart et al. (2023) en bij het berekenen van N en P excreties van landbouwhuisdieren voor het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS, 2025). Bij het vaststellen van deze mengvoersamenstellingen is rekening gehouden met het gebruik van voedermiddelen en van mengvoer voor varkens en pluimvee in Nederland zoals geregistreerd door Nevedi, SecureFeed en CBS. Deze samenstellingen zijn als referentiesamenstellingen gebruikt in de huidige scenariostudie om een beeld te verkrijgen in hoeverre het gebruik van restproducten verhoogd kan worden in mengvoer voor varkens en pluimvee. Deze referentiesamenstellingen gaan uit van het gebruik van nutritionele eisen t.a.v. gehalten energie, aminozuren en mineralen. Dezelfde nutritionele eisen zijn ook gebruikt in de huidige studie voor zowel de referentie- als de circulaire voeders.

Keuze van maximaal gebruik van circulaire producten in mengvoersamenstellingen

Er is bij het toelaten van restproducten in mengvoersamenstellingen rekening gehouden met de beschikbaarheid van restproducten op basis van SecureFeed statistieken. Daarbij is de beschikbaarheid van een circulair product berekend als percentage van de totale hoeveelheid mengvoergrondstoffen in Nederland benodigd voor varkens en pluimveevoeders. Vervolgens is deze berekende beschikbaarheid per grondstof vermenigvuldigd met een factor 3 om te komen tot een theoretische maximale beschikbaarheid van het voedermiddel in de mengvoersamenstellingen voor varkens en pluimvee.

Keuze van vaststelling van mate van circulariteit of de mate waarin een voedermiddel beschouwd kan worden als een rest- of bijproduct

In de meeste gevallen is het niet mogelijk om een voedermiddel voor 100% als een circulair rest- of bijproduct te beschouwen of voor 100% als een hoofdproduct. Daarom is ervoor gekozen om elk voedermiddel een rest- of bijproductwaarde te geven variërend van 0 tot 100% gebaseerd op de economische allocatiewaarde van het voedermiddel t.o.v. het hoofdproduct. Dit betekent dat een waarde van 0% betekent dat het voedermiddel een economische restwaarde van 0% heeft en gesteld kan worden dat het product voor 100% een bijproduct is als binnen de huidige studie als een circulaire grondstof wordt

beschouwd. Bijvoorbeeld, het voedermiddel bietenpulp heeft een economische restwaarde van 0% hetgeen betekent dat het voor 100% een bijproduct en circulair ingrediënt is. Raapzaad daarentegen heeft een economische restwaarde van 95% wat betekent dat 95% van de economische waarde van raapzaadteelt in het product raapzaad zit. Voor het vaststellen van deze percentages is gebruik gemaakt van Nevedi informatie (Nevedi, 2025). Voor elke mengvoersamenstelling is daarbij een maximumgrens gesteld aan het percentage circulaire grondstoffen (rest- of bijproducten) in het voer. Deze maximumgrens is zodanig vastgesteld dat de uiteindelijke prijs van het voer slechts maximaal in bepaalde mate toeneemt. Daarbij is aangehouden dat de prijs van een mengvoersamenstelling maximaal met ongeveer 8% mag toenemen vergeleken met de prijs van de referentiesamenstelling.

Keuze van prijzen van voedermiddelen
In het vaststellen van prijzen van voedermiddelen is gebruik gemaakt van prijsinformatie van voedermiddelen vanuit het WLR project 'Voederwaardeprijzen Rundvee' van het 4e kwartaal van 2024 (WLR, 2024). Voor voedermiddelen waar geen prijsinformatie beschikbaar was (bijvoorbeeld voor mineralen, premixen en vrije aminozuren) is gebruik gemaakt van gemiddelde NuScience prijsinformatie uit het laatste kwartaal van 2024. Ook dan bleek dat er nog steeds voedermiddelen waren die wel gevoerd worden in Nederland maar waarvoor geen prijsinformatie beschikbaar was. Voor deze voedermiddelen is een inschatting gemaakt van de prijs o.b.v. energiewaarde (netto energie voor varkens) van deze voedermiddelen en de relatie tussen netto energiewaarden van voedermiddelen voor varkens en prijzen van voedermiddelen waarvoor wel prijsinformatie beschikbaar was.

Keuze van voedermiddelen
Om rest- en bijproducten als circulaire grondstoffen te kunnen meenemen in de scenario analyse is het noodzakelijk dat voor deze producten bekend was wat de energie- en eiwitwaarde is voor ten minste één van de diergroepen varkens of pluimvee in de CVB Veevoedertabel. Daarom is ervoor gekozen om alleen rest- of bijproducten mee te nemen waarvoor een energie- en eiwitwaardering beschikbaar was in de CVB Veevoedertabel (CVB, 2023).

Keuze van CFP waarden van voedermiddelen inclusief en exclusief de bijdrage van LUC
Naast dat geanalyseerd is in hoeverre de bijdrage aan rest- en bijproducten in mengvoersamenstellingen voor varkens en pluimvee gemaximaliseerd kan worden, is ook gekeken naar het effect van maximaliseren van het aandeel bij- en restproducten op carbon footprint (CFP) waarden inclusief en exclusief de bijdrage van "land use change" (LUC) op CFP. Hiervoor is de Nevedi (2025) database van CFP waarden van voedermiddelen gebruikt.

Keuzes t.a.v. maximale verschuivingen in nutriëntgehalten van mengvoersamenstellingen
Bij het maximaliseren van het aandeel rest- of bijproducten in de mengvoersamenstellingen bleek dat energie- en zetmeelrijke voedermiddelen werden uitgewisseld tegen rest- of bijproducten die vezelrijk en energiearm zijn en waarbij de energiewaarde van de mengvoersamenstelling op peil werd gehouden door het gebruik van energierijke grondstoffen zoals vetbronnen. Nu is het ongewenst om het aandeel vet in een mengvoersamenstelling al te veel op te laten stijgen b.v. in verband met de fysische kwaliteit van de mengvoerbrok en in verband met mogelijk negatieve effecten van hoge aandelen (vrije en gebonden) vetzuren in het mengvoer op de kwaliteit van vlees. Daarom is er een maximumeis van 80 gram ruw vet per kg voer gezet voor de mengvoersamenstellingen bij de formulering. Ook bleek dat in het algemeen de eiwitgehalten van mengvoersamenstelling omhoog gaat bij het verhogen van het aandeel rest- of bijproducten in de mengvoersamenstelling. Om het negatieve effect van een verhoogd eiwitgehalte enigszins te beperken is indicatief aangehouden dat het eiwitgehalte van de samenstelling maximaal met 20 g/kg mengvoer mag stijgen t.o.v. de referentiesamenstelling.

Tabel A.1. Grondstof- en nutriëntsamenstelling, circulariteit en carbon footprint van referentie (REF) en meer circulair voeders (MAX circ.) voor vleesvarkens en zeugen voor de verschillende productiefasen.

	Vleesvarken				Zeugen			
	Groei (50-80 kg)		Eind (80-125 kg)		Lactatie		Dracht	
	REF	MAX circ	REF	MAX circ	REF	MAX circ	REF	MAX circ
Gerst	25.0	0	26.1	0.0	18.0	0	20.0	0
Tarwe	25.0	7.6	30.0	22.7	30.0	25.2	11.8	0
Mais	20.0	9.3	15.0	0	20.0	0	15.0	3.7
Triticale	0.1	0	0.9	0	0	0	1.0	0
Rogge	0.5	15.0	1.0	11.2	0	0	1.0	15.0
Haver	0.5	0	0.0	0	0	0	0	0
Raapzaadschroot	11.0	4.4	4.9	0	0	0	5.0	0
Raapzaadschilfers	4.0	0	0.0	0	0	0	0	0
Sojaschroot	3.8	4.0	3.7	2.9	14.1	7.9	0	0
Biscuitmeel	2.0	4.0	3.0	4.0	2.0	4.0	0.1	4.0
Broodmeel	2.0	4.0	3.0	4.0	2.0	4.0	0.1	4.0
Melasse, biet-	2.0	3.0	2.0	3.0	1.0	3.0	2.0	3.0
Erwten	1.2	0	0.5	0	0	0	0	0
Haverdoppen	0.5	0	0	0	0	0	0	0
Vet/olie, Sojaolie	0.2	4.8	0.5	4.5	1.0	3.8	1.5	1.4
L-Lysine HCL	0.44	0.46	0.39	0.39	0.42	0.44	0.21	0.21
DL-Methionine	0.07	0.06	0.05	0.06	0.08	0.09	0.02	0
L-Threonine	0.15	0.16	0.13	0.15	0.12	0.1	0.07	0.06
L-Tryptofaan	0.03	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0	0
L-Valine 98%	0.01	0	0	0	0.13	0.05	0	0
Premix	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Krijt	0.92	0.92	0.94	0.73	1.67	1.76	0.89	0.87
Natriumbicarbonaat	0.17	0	0.23	0	0.36	0.04	0.54	0.19
Zout, NaCl	0.03	0	0	0.03	0.23	0.18	0	0
Fytase	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.03	0.01	0.01
Aardappeleiwit	0	0	0.2	0	0	0	0	0
Biergist, gedroogd	0	1.0	0	0	0	1	0	0
Bietenpulp, gedroogd	0	4.0	0	6.0	0	4.0	10.0	10.0
Bloedmeel, gedroogd	0	0.1	0	0.6	0	0.8	0	0
DDGS, Mais	0	0	0	0	0	10.0	0	0
Maisglutenmeel	0	0	0	0	0.1	0	0	0
Maisglutenvoer	0	0	0	0	0	5.0	0	0
Maiskiemschroot	0	0.1	0.0	1.0	0	1.0	0	1.0

Maisvoermeel	0	0	0	0	0	2.0	0	2.0
Maiszemelgrint	0	2.0	0	0	0	2.0	0	2.0
Monocalciumfosfaat	0	0	0	0	0.4	0	0	0
Moutkiemen	0	1.0	0	0	0	0.7	0	1.0
Palmpitschilfers	0	0.9	0	0	0	0	1.4	1.4
Sojabonenschillen	0	0	0.1	10.0	0	0	9.4	10.0
Tarweglutenvoer	0	5.0	0	4.8	0	5.0	1.6	5.0
Tarwegries	0	15.0	3.9	15.0	5.0	15.0	15.0	15.0
Tarwekiemen	0	2.0	0	0.0	0	2.0	0	0.1
Tarwezemelgrint	0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0
Verenmeel, gehydrolyseerd	0	0	0	0	0	0.6	0	0
Vet/olie, Kippenvet	0	0	0	0	0	0	0	2.0
Vinasse, biet	0	2.9	0	0	0	0	0	0
Zonnebloemzaadschilfers	0	1.0	0	7.6	0	0	0	16.7
Zonnebloemzaadschroot	0	5.9	3.0	0	3.0	0	3.0	0
Totaal	100	100	100	100	100	100	100	100
Netto energie (MJ/kg)	9.86	9.86	9.86	9.86	9.86	9.86	8.98	8.98
Gest. Darmvert. Lys	8.4	8.4	7.2	7.2	9.0	9.0	4.9	4.9
DS (g/kg)	875	881	874	888	877	889	880	895
RAS (g/kg)	41	52	39	46	54	59	52	54
RE (g/kg)	151	163	137	143	159	180	125	141
OS (g/kg)	833	829	835	843	823	830	828	841
VCOS (fraction)	0.85	0.8	0.85	0.79	0.87	0.8	0.79	0.73
VCRE (fraction)	0.77	0.72	0.78	0.70	0.81	0.74	0.64	0.62
Circulariteit voer (%)	27.1	62.0	29.0	62.0	26.6	65.0	50.4	74.0
CFP (g CO2-eq/kg)	687	799	670	798	958	880	653	651
CFP_excl_LUC (g CO2-eq/kg)	541	544	526	518	548	575	495	500

Tabel A.2. Grondstof- en nutriëntsamenstelling, circulariteit en carbon footprint van referentie (REF) en geformuleerde meer circulair voeders (MAX circ) voor vleeskuikens en leghennen voor de verschillende productiefasen (groei 2 voor vleeskuikens (traaggroeiend en gangbaar) en voor leghennen).

	Vleeskuikens				Leghennen	
	Traaggroeiend		Gangbaar			
	REF	**MAX circ**	**REF**	**MAX circ**	**REF**	**MAX circ**
Tarwe	40.0	40.0	40.0	0.0	30.0	38.2
Mais	25.0	13.6	25.0	48.4	24.9	0.0
Sojaschroot	12.0	11.6	15.0	15.1	12.5	7.8
Erwten	5.0	0	5.0	0	2.0	0.0
Haver	3.0	0	2.0	0	2.0	0.0
Vet/olie, Sojaolie	2.6	3.1	2.9	2.2	4.0	3.0
Zonnebloemzaadschroot	2.2	0	2.1	0	3.9	0
Sojabonen, verhit	2.0	0	2.0	0	0.0	0
Vet/olie, Kippenvet	1.5	1.6	0.1	1.8	0.0	2.0
Verwerkt dierlijk eiwit, varkens	1.0	3.0	0	3.0	0.5	3.0
Biscuitmeel	0.8	4.0	0	4.0	1.0	4.0
Broodmeel	0.8	4.0	0	4.0	1.0	4.0
L-Lysine HCL	0.30	0.25	0.45	0.26	0.05	0.11
DL-Methionine	0.23	0.18	0.29	0.23	0.13	0.17
L-Threonine	0.12	0.07	0.18	0.07	0	0.03
L-Arginine	0.05	0.05	0.17	0.09	0	0
L-Isoleucine	0.03	0.01	0.04	0	0	0.07
L-Valine	0.03	0	0.14	0	0	0
Fytase	0.65	0.65	0.65	0.47	0.3	0.3
Krijt	1.2	1.0	1.2	0.8	2.0	2.0
Monocalciumfosfaat	0.5	0.2	0.2	0	0.5	0.2
Premix	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Natriumbicarbonaat	0.26	0.09	0.34	0.12	0.02	0
Zout, NaCl	0.13	0.01	0.09	0	0.35	0.11
NSPase	0.01	0.01	0.01	0.01	0	0
Aardappeleiwit	0	0.2	0	2.0	0	0
Biergist, gedroogd	0	0	0	0	0	1
Bloedmeel, gedroogd	0	1.0	0	1.0	0	1.0
Gerstevoermeel	0	0	0	0	0	1.0
Haverdoppen	0	0	0	0	0	2.1
Kalksteentjes	0	0	0	0	7.7	7.5
Maisglutenmeel	0	1.0	0.2	0.5	0	0.1
Maisglutenvoer	0	5.0	0	0	0	5.0

Maisvoermeel	0	2.0	0	2.0	0	2.0
Maiszemelgrint	0	2.0	0	2.0	0	2.0
Melasse, biet-	0	3.0	0	3.0	0	3.0
Moutkiemen	0	0	0	0	0	0
Raapzaadschilfers	0	0	0	0	0.6	0
Raapzaadschroot	0	0	0	0	6.0	0
Tarwegries	0	0.8	0	7.5	0.1	8.9
Verenmeel, gehydrolyseerd	0	1.0	0	1.0	0	1.0
Vet/olie, Palmolie	0	0	1.4	0	0	0
Totaal	100	100	100	100	100	100
OE vleeskuikens (MJ/kg)	12.3	12.3	12.3	12.3	-	-
OE leghen (MJ/kg)	-	-	-	-	11.8	11.8
Gest. Darmvert. Lys	8.55	8.55	10.2	10.2	6.55	6.55
DS (g/kg)	880	884	879	882	890	897
RAS (g/kg)	47	46	44	43	132	133
RE (g/kg)	163	184	175	195	160	160
OS (g/kg)	833	838	836	839	758	764
VCOS (fraction)	0.76	0.72	0.76	0.72	0.78	0.75
VCRE (fraction)	0.85	0.78	0.85	0.79	0.82	0.79
Circulariteit voer (%)	20.1	40.0	17.3	39.0	24.5	48.0
CFP (g CO2-eq/kg)	1064	989	1241	1079	1036	835
CFP_excl_LUC (g CO2-eq/kg)	609	574	687	553	565	545

Appendix B: Berekening broeikasgasemissies, TAN excretie en N efficiëntie, enterische methaan

1. Emissies van voer (teelt, productie en landsverandering)

Voer berekening van emissies van teelt en productie van mengvoer en de gerelateerde emissies aan landsverandering (LUC) is de Nevedi lijst 2025 gebruikt. Deze lijst berekent de broeikasgasemissies volgens de Product Environmental Footprint (PEF) category rule (cr) methode (EC, 2025). De PEFcr is een levenscyclusanalyse waarin de emissies in de hele keten worden meegenomen totdat het voer op bedrijf van de veehouder komt. Op deze lijst staan verschillende voer ingrediënten die geteeld en geproduceerd zijn in verschillende landen.

2. Emissies van mest

De emissies van methaan en directe lachgas emissies uit de mestopslag zijn berekend. Hiervoor is dezelfde rekenmethode toegepast als in NEMA (Most et al. 2025).

Directe lachgas emissies

Om directe lachgas emissies zijn de volgende berekeningen uitgevoerd

1. Opname stikstof is berekend door kg voer (Tabel 1,2,3) te vermenigvuldigen met ruw eiwit gehalte van het specifieke voer (Appendix A)
2. Vastlegging van stikstof is berekend door toename in gewicht bij varkens, gewicht van big bij geboorte, toename in gewicht bij vleeskuikens, en gewicht eieren te vermenigvuldigen met stikstof gehalten van de verschillende producten (mest en mineralen 2025, 4. Rekenmethodiek staldieren | CBS)
3. Excretie stikstof is berekend door vastlegging (punt 2) af te trekken van opname (punt 1)
4. Directe lachgas emissies zijn berekend door stikstof excretie (punt 3) te vermenigvuldigen met de emissiefactoren (kg N_2O-N/kg N), 0.002 voor varkens, 0.001 voor pluimvee.
5. N_2O-N is omgezet naar N_2O door te vermenigvuldigen met 44/28 (conversie N_2O-N naar N_2O)

Totaal Ammoniakaal N (TAN) excretie

Om TAN excretie te berekenen zijn de volgende berekeningen uitgevoerd:

6. TAN urine excretie is berekend door opname stikstof (punt 1) te vermenigvuldigen met de vertering coëfficiënt ruw eiwit (VCRE) van het specifieke en vervolgens de vastlegging van stikstof (punt 2) ervan af te trekken
7. TAN mineralisatie is berekend door TAN urine excretie (punt 6) af te trekken van stikstof excretie (punt 3) en deze te vermenigvuldigen met 10%. Mineralisatie vindt plaats bij dunne varkensmest en niet bij pluimveemest.
8. TAN excretie is TAN urine excretie (punt 6) plus TAN mineralisatie (punt 7)

N-efficiëntie

9. N efficiëntie is berekend door vastlegging stikstof (punt 2) te delen door de opname van stikstof (punt 1)

Methaan emissies uit de mestopslag

Om methaan emissies uit de mestopslag te berekenen zijn de volgende berekeningen uitgevoerd

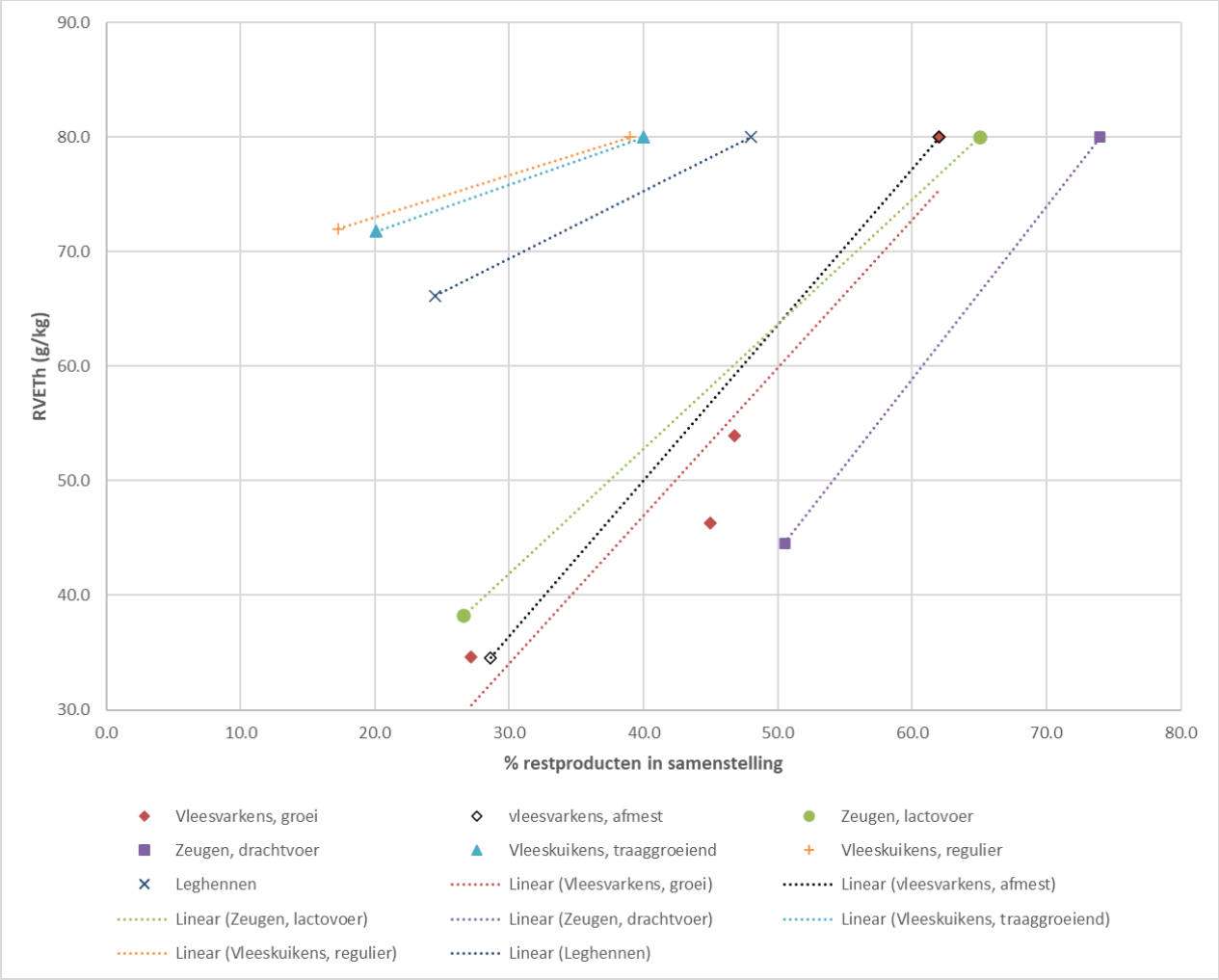
10. Opname organische stof (OS) is berekend door kg voer (Tabel 1,2,3) te vermenigvuldigen met organisch stof gehalte van het specifieke voer (Appendix A)
11. Verteerbaar organische stof (VOS) is berekend door opname organische stof (punt 10) te vermenigvuldigen met de verteringcoëfficiënt organische stof (VCOS).
12. OS excretie uit feces is berekend door VOS (punt 11) af te trekken van opname OS (punt 10)
13. De OS-excretie in de urine is berekend door de TAN excretie te vermenigvuldigen met 60/28 (varkens) en 168/56 (pluimvee).
14. Totale OS excretie is OS excretie uit feces (punt 12) plus de OS-excretie in de urine (punt 13)
15. Methaan emissies zijn berekend door totale OS excretie te vermenigvuldigen met de methaan conversion factor (MCF), Biochemisch methaanpotentieel (BMP) en 0,67 (omrekening van m^3 naar kg). De MCF en BMP waarden zijn overgenomen van Most et al. (2025). Mestverwerking (zoals bijvoorbeeld vergisting) is hierbij niet meegenomen.

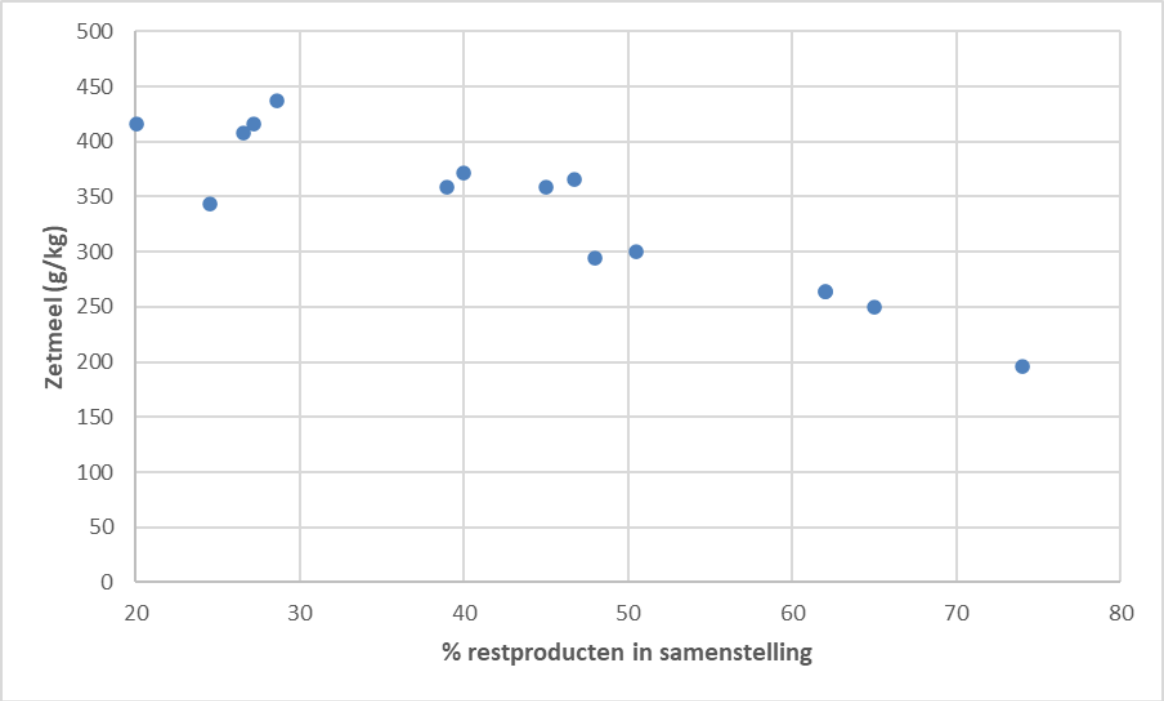
3. Emissies van enterische methaan bij varkens (TIER 2 methode van IPCC)

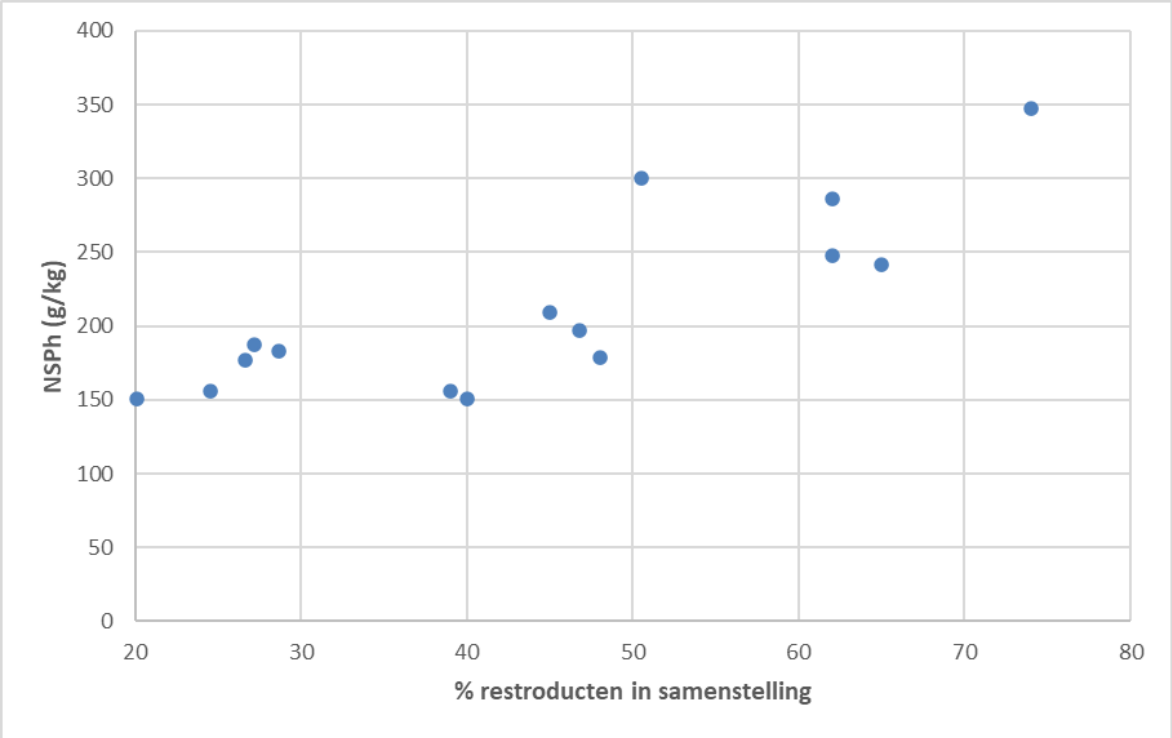
16. Gross energy opname is berekend door kg voer (Tabel 1,2,3) te vermenigvuldigen met GE waarde van het specifieke voer.
17. Methaan emissies zijn berekend door totale GE opname te vermenigvuldigen met de methaan conversion factor (Ym) en vervolgens te delen door energie content van methaan (55.65 MJ/kg CH_4)

Appendix C: Effecten van formulering van voeders voor varkens en pluimvee op de mate van circulariteit op de samenstelling van de voeders.

1.
Toename van rest- en bijproducten in mengvoersamenstellingen ten koste van het gebruik van granen (mais, tarwe, gerst) en waarbij het energiegehalte van de mengvoersamenstelling op niveau wordt gehouden door een toename van het gebruik van energiebronnen (sojaolie, palmolie en dierlijk vet) en waarbij het aandeel zetmeel in het voer afneemt en het aandeel vezel (NSPh) toeneemt.

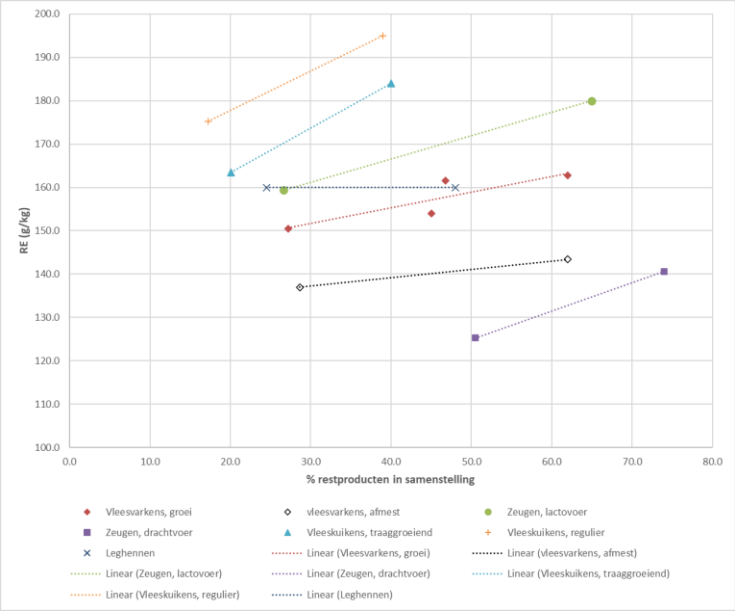



Zetmeel (g/kg)
500
450
400
350
300
250
200
150
100
50
0
20
30
40
50
60
70
80
% restproducten in samenstelling


NSPh (g/kg)
400
350
300
250
200
150
100
50
0
20
30
40
50
60
70
80
% restroducten in samenstelling

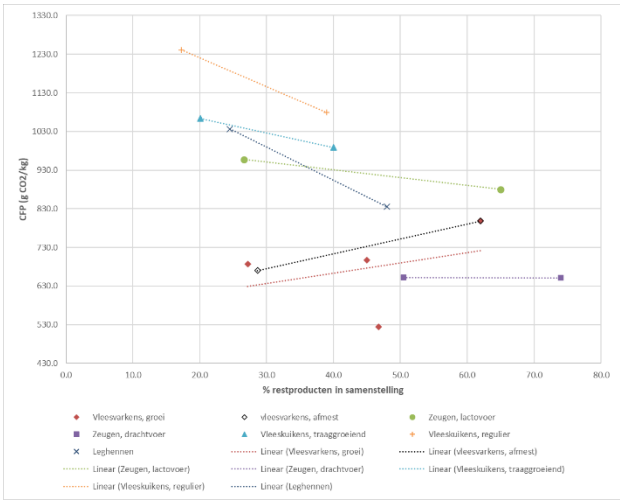
2.

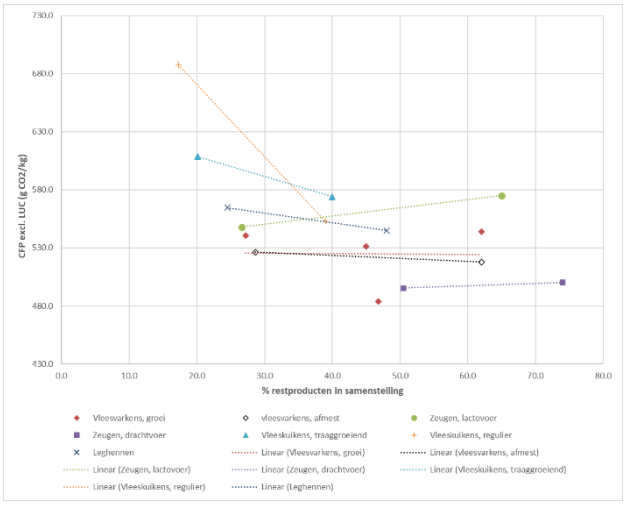
Toename van rest- en bijproducten in mengvoersamenstellingen met een toename in RE-gehalte van mengvoer (met uitzondering voor leghennen).



3.

Toename van rest- en bijproducten in mengvoersamenstellingen voor varkens en pluimvee heeft effect op CFP van de voeders (inclusief en exclusief effect van toegerekende LUC).





4.
Ruimte voor gebruik van circulaire restproducten is het grootst in voeders voor zeugen en vleesvarkens. Dit geldt met name voor het gebruik van vezelrijke, energie arme voedermiddelen. Dit is goed te verklaren doordat zeugen en vleesvarkens t.o.v. pluimvee een grotere capaciteit hebben voor het benutten van energie uit vezels middels gedeeltelijke fermentatie in de dikke darm.

5.
Energie en/of eiwitrijke circulaire restproducten (zoals verwerkt dierlijk eiwit, bloedmeel, biergist, gehydrolyseerd verenmeel, broodmeel, biscuitmeel, maisvoermeel) zijn met name interessant voor gebruik in pluimveevoeders, en deels ook in varkensvoeders (met name broodmeel en biscuitmeel).