



Rekenregels van de KringloopWijzer 2021

Achtergronden van BEX, BEA, BEN, BEP en BEC: actualisatie van de 2020-versie

W. van Dijk, J.A. de Boer, M.H.A. de Haan, P. Mostert, J. Oenema & J. Verloop



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Rekenregels van de KringloopWijzer 2021

Achtergronden van BEX, BEA, BEN, BEP en BEC: actualisatie van de 2020-versie

W. van Dijk, J.A. de Boer, M.H.A. de Haan, P. Mostert, J. Oenema & J. Verloop

Dit onderzoek is in opdracht van ZuivelNL en het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij uitgevoerd door de Stichting Wageningen Research (WR), business units Wageningen Livestock Research en Wageningen Plant Research, in het kader van de publiek private samenwerking (PPS) DZK2 (duurzame zuivelketen) TKI-AF-12123.

WR is een onderdeel van Wageningen University & Research, samenwerkingsverband tussen Wageningen University en de Stichting Wageningen Research.

Wageningen, november 2021

Rapport WPR-1119

Van Dijk, W., J.A. de Boer, M.H.A. de Haan, P. Mostert, J. Oenema & J. Verloop, 2021. *Rekenregels van de KringloopWijzer 2021; Achtergronden van BEX, BEA, BEN, BEP en BEC: actualisatie van de 2020-versie*. Wageningen Research, Rapport WPR-1119. 159 blz.; 7 fig.; 53 tab.; 86 ref.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/557803>

Trefwoorden: Broeikasgassen, Excretie, Koolstof, Kringloopwijzer, Melkveehouderij, Stikstof, Fosfaat

© 2021 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Agrosystems Research, Postbus 16, 6700 AA Wageningen; T 0317 48 07 00; www.wur.nl/plant-research

KvK: 09098104 te Arnhem
VAT NL no. 8113.83.696.B07

Stichting Wageningen Research. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Stichting Wageningen Research.

Stichting Wageningen Research is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Rapport WPR-1119

Foto omslag: Melkkoeien in de wei (eigendom van WUR-Plant Research)

Inhoud

Woord vooraf	7
1 Inleiding	9
1.1	Waarom een KringloopWijzer? 9
1.2	De kringlopen in meer detail 11
1.3	Bronnen van N-verlies 14
1.4	Benuttingen 15
1.4.1	Algemeen 15
1.4.2	Benutting op bedrijfsniveau 15
1.4.3	Benutting op dierniveau 16
1.4.4	Benutting op mestniveau 16
1.4.5	Benutting op bodemniveau 16
1.4.6	Benutting op (ruwvoer)gewasniveau 16
1.5	Beperkingen en verbeteringen van de KringloopWijzer 16
1.6	Leeswijzer 18
2 BEX, excreties door niet-melkvee en mestbewerking	19
2.1	Inleiding 19
2.2	Berekeningswijze excreties 19
2.2.1	Algemeen 19
2.2.2	Berekening bruto N en P excretie 19
2.2.3	Berekening opname N en P 20
2.2.4	Berekening vastlegging N en P 20
2.2.5	Berekening netto N excretie 20
2.2.6	Opbouw veestapel 20
2.2.7	Melkproductie en melksamenstelling 21
2.2.8	Gewicht melkkoeien 21
2.2.9	Beweiding 21
2.2.10	Berekening VEM-opname en VEM-behoefte van de melkveestapel 22
2.2.11	Bepaling van N- en P-opname door melkveestapel 24
2.2.12	Bepaling VEM-opname uit snijmaïskuil, graskuil en vers gras 24
2.2.13	Bepaling van de N/VEM en P/VEM verhouding in vers gras 25
2.2.14	Correctie voor voeropname door overige graasdieren 25
2.2.15	Overzicht rekenregels N en P opname 26
2.2.16	Gasvormige N-verliezen 29
2.2.17	Mestproductie door overige graasdieren 30
2.2.18	Mestproductie door 'staldieren' 30
2.3	Mestscheiding 34
2.4	Mest vergisten 35
2.5	Luchtwaters 35
2.6	Kanttekeningen bij BEX en de mestproductie van overige graasdieren en 'staldieren' 35
3 BEA	39
3.1	Inleiding 39
3.2	Berekeningswijze 39
3.2.1	Algemeen 39
3.2.2	N-excretie en TAN productie door veestapel 41

3.2.3	TAN-excretie in stal en weide door veestapel	44
3.2.4	Ammoniakverlies en overige gasvormige N-verliezen vanuit de huisvesting	45
3.2.5	Ammoniakverlies vanuit externe opslag	53
3.2.6	Gasvormige N-verliezen bij scheiden van drijfmest	53
3.2.7	Gasvormige N-verliezen bij vergisten van drijfmest	54
3.2.8	Ammoniakverlies bij beweiding	55
3.2.9	Ammoniakverlies bij mestaanwending	55
3.2.10	Ammoniakverlies bij kunstmesttoediening	57
3.2.11	Ammoniakverlies uit gewassen	57
3.3	Kanttekeningen bij BEA	58
4	BEN: bedrijfsspecifieke N stromen	61
4.1	Inleiding	61
4.2	Berekeningswijzen	61
4.2.1	N-bodemoverschot en N-uitspoeling	61
4.2.2	Emissie van N ₂ O uit de bodem	73
4.2.3	Emissie van N ₂ O uit mestopslagen	78
4.3	Kanttekeningen bij BEN	81
5	BEP: bedrijfsspecifieke P-stromen	83
5.1	Inleiding	83
5.2	Berekeningswijze	84
5.3	Kanttekeningen bij BEP	86
6	BEC: bedrijfsspecifieke koolstofstromen en emissies van CO₂ equivalenten	87
6.1	Inleiding	87
6.1.1	Waar komen welke emissies tot stand?	87
6.2	Richtlijnen voor berekening emissies	88
6.2.1	Omrekening van methaan en lachgas naar CO ₂ -equivalenten	89
6.2.2	Berekening van de emissie van landgebruiksverandering	89
6.2.3	Allocatie van emissies naar melk en verkoop van dieren	89
6.3	Berekeningswijze CH ₄ -emissies	90
6.3.1	Emissie bij pensfermentatie uit dieren (enterisch methaan)	90
6.3.2	Emissie van methaan uit mest	95
6.4	Berekeningswijze CO ₂ -emissies	99
6.4.1	CO ₂ emissies op het bedrijf	99
6.4.2	Indirecte emissies bij aangevoerde producten	105
6.5	Organische stof balans	110
6.6	Kanttekeningen bij BEC	115
	Literatuur	117
	Bijlagen	121

Woord vooraf

Het project KringloopWijzer heeft tot doel een instrument te ontwikkelen en te toetsen, waarmee voor melkveebedrijven of bedrijven met een melkveetak de kringloop en verliezen van stikstof, fosfaat en koolstof in beeld worden gebracht. Het instrument levert daarvoor diverse kengetallen op. Onder deze kengetallen liggen een groot aantal rekenregels. Dit rapport beschrijft deze rekenregels en op welke invoergegevens ze zijn gebaseerd. Ook is aangegeven waar nog beperkingen liggen voor gebruik van de KringloopWijzer.

Naast de auteurs van dit rapport hebben in het verleden ook andere collega's een bijdrage geleverd aan de onderbouwing van de rekenregels. Op deze plaats willen wij speciaal Jaap Schröder, Leon Šebek, Sjaak Conijn, Theun Vellinga, Frans Aarts en Joan Reijs hiervoor bedanken.

De auteurs

1 Inleiding

1.1 Waarom een KringloopWijzer?

In het pre-industriële tijdperk vonden de productie van gewassen, hun verwerking en consumptie in elkaars nabijheid plaats. Dat maakte het gemakkelijk om bijproducten die in de opeenvolgende stappen vrijkomen, te hergebruiken. Stikstof (N), fosfor (P) en koolstof (C) maken in dat geval een betrekkelijk korte kringloop vanuit mens en dier, via mest en bodem, naar gewas om uiteindelijk opnieuw door mens en dier gebruikt te worden. Onderweg kunnen N, P en C uit die kringloop verloren gaan naar de omgeving. Dat gebeurde vroeger net zo als nu. Verliezen zijn deels een logisch onderdeel van biologische processen. Zo wordt een groot deel van de C in voedsel niet vastgelegd in een dier (mens, vee, bodemleven) dat dat voedsel tot zich neemt, maar door dat dier verbrand en omgezet in warmte en beweging onder productie van koolzuur-C. De N die in de vorm van ammonium uit dode planten en dieren als meststof beschikbaar komt, wordt evenmin volledig door planten opgenomen. Een deel daarvan zal na omzetting in nitraat-N uiteindelijk in elementaire N worden omgezet. Deze vorm van N heeft voor de meeste planten geen bemestingswaarde en moet als zodanig als verloren worden aangemerkt. Verliezen in voornoemde zin zijn maar voor een deel een onvermijdelijk onderdeel van biologische processen. Verliezen zijn namelijk ook een gevolg van de manier waarop de mens N-, P- en C-stromen beheert. Dit is relevant omdat verliezen een schadelijk effect op de omgeving kunnen hebben. Zo verlagen verliezen van nitraat-N, ammoniak-N en fosfaat de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater en kunnen verliezen van lachgas-N, methaan en koolzuur een broeikas-effect hebben. Aanvankelijk werden deze verliezen met meer of minder succes gecompenseerd met biologische N-binding door vlinderbloemigen, met de aanvoer van N en P via begrazing overdag van 'woeste gronden' dan wel via de aanvoer van N en P met water en wind, via de verwerking van gesteenten waarbij onder meer P kan vrijkomen, en via de 'nieuwvorming' van organische C door fotosynthese. Tegenwoordig, echter, compenseren landbouwers verliezen met kunstmest of met kunstmest 'verpakt' in de vorm van geïmporteerd voer.

In tegenstelling tot akkerbouw- en 'staldier'-bedrijven (laatstgenoemd type bedrijven wordt in een andere context vaak 'hokdierbedrijven' of 'intensieve veehouderij' of 'bio-industrie' genoemd), komen we op melkveehouderijbedrijven de korte kringloop van N, P en C via dier, mest, bodem en gewas nog min of meer volledig tegen. Ook op melkveehouderijbedrijven zijn echter steeds meer relaties met de buitenwereld ontstaan en nemen kringlopen, voor zover nog bestaand, deels een grotere omweg. De verwerking van melk, jongvee en vlees, bijvoorbeeld, vindt veel sterker dan voorheen of thans zelfs volledig buiten het bedrijf plaats. Bovendien vinden de grondstoffen die nodig zijn voor de dierlijke productie en ter compensatie van verliezen (kunstmest, krachtvoer en andere voedermiddelen) hun oorsprong deels buiten het bedrijf of zijn die grondstoffen zelfs afkomstig uit voorraden die in het verleden zijn opgebouwd. Voorbeelden van dat laatste zijn fossiele brandstoffen, fosfaaterts en 'diep en oud' grondwater. Bij melkveehouders met een tak akkerbouw of een tak 'staldieren' zijn de relaties met de buitenwereld nog omvangrijker omdat sprake is van afgevoerde akkerbouwproducten, en/of omvangrijker voerimporten, en/of meer export van een teveel aan dierlijke mest.

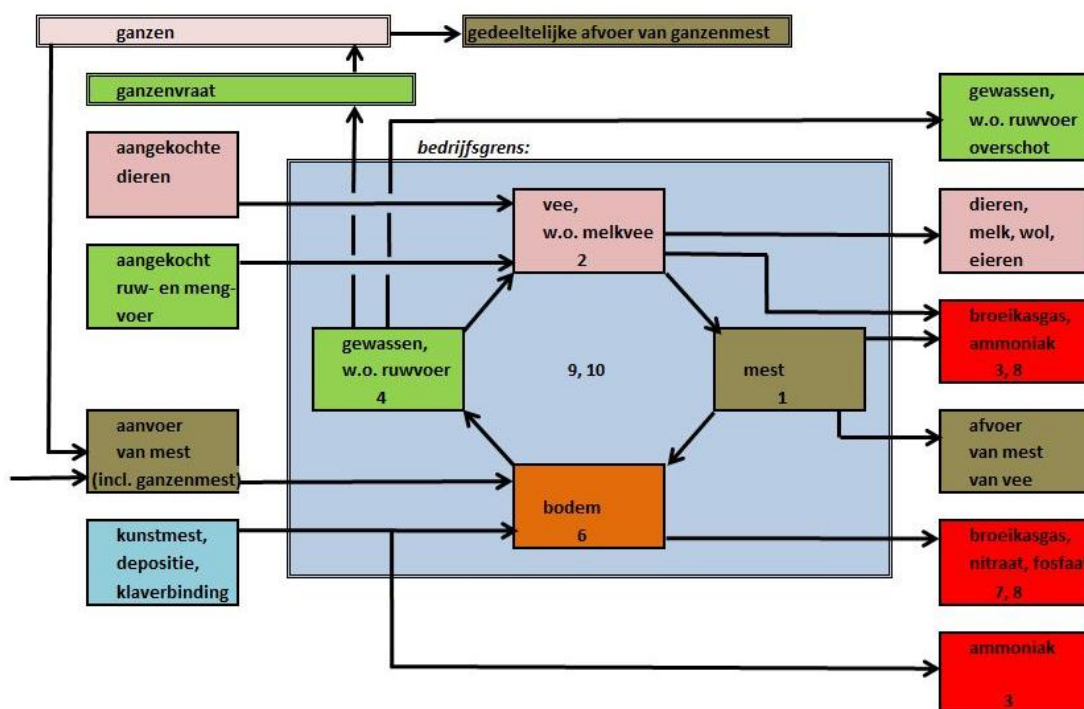
Het project 'KringloopWijzer' heeft tot doel een instrument te ontwikkelen, te toetsen en de introduceren die de kringloop en de verliezen van N, P en C wetenschappelijk, integraal, eenduidig en betrouwbaar in beeld brengt. Aanvankelijk gebeurde dit alleen voor gespecialiseerde melkveehouderijbedrijven, in de huidige versie is de KringloopWijzer ook bruikbaar gemaakt voor bedrijven met overige graasdieren (niet zijnde melkkoeien met jongvee), een tak akkerbouw of een tak 'staldieren'.

Gebruik van de KringloopWijzer resulteert in een aantal kengetallen waarmee agrarische ondernemers hun bedrijfsvoering kunnen verantwoorden naar overheden en verwerkers, en op basis waarvan zij ook hun management kunnen optimaliseren. Voor de overheid biedt de KringloopWijzer mogelijkheden om generieke wetgeving deels te vervangen door maatwerk. Voor de verwerkers van, bijvoorbeeld, melk is het bovendien mogelijk om het streven naar duurzaamheid meetbaar te maken ten behoeve van consumenten.

Het in beeld brengen van de kringlopen van het bedrijf gebeurt stap voor stap en leidt uiteindelijk tot onderstaande, berekende kengetallen op jaarbasis. In Figuur 1.1 is hun plek in de kringloop weergegeven.

1. Mestproductie: excretie stikstof (N) en fosfaat (P_2O_5) van melkvee met bijbehorend jongvee en daarnaast 'overige graasdieren' (fokstieren, weide- en zoogkoeien, roodvleesstieren, rosekalveren, schapen, geiten, paarden, pony's) en de excretie door een eventuele tak 'staldieren' (varkens, kippen, vleeskalveren);
2. Efficiëntie van de veevoeding (= omzetting van voer in melk en vlees): benutting N en P_2O_5 ; (de berekening beperkt zich vooralsnog tot die van melkveestapel inclusief bijbehorend jongvee);
3. Emissie van ammoniak (NH_3), verdeeld over stal en mestopslag, beweiding, uitrijden dierlijke mest en gebruik kunstmest;
4. Opbrengst grasland (inclusief ganzenvraat), snijmaïsland en overige akkerbouwgewassen (ruwvoer en niet-ruwvoer): droge stof, kVEM, N en P_2O_5 ;
5. Efficiëntie van de bemesting (=omzetting van meststoffen in gewasopbrengst, inclusief die van de niet-ruwvoer akkerbouwgewassen): benutting N en P_2O_5 aanwezig in kunstmest en dierlijke mest (inclusief de excretie van ganzen);
6. Bodemoverschot van N en P_2O_5 en de toevoer van effectieve organische stof aan de bodem van het grasland, snijmaïsland en eventuele overige akkerbouwgewassen (ruwvoer en niet-ruwvoer);
7. Nitraat (NO_3) in grondwater; dit kengetal zal overigens pas in beeld gebracht worden na een toetsing aan een recente onafhankelijke dataset;
8. Emissie broeikasgassen methaan (CH_4), lachgas (N_2O) en kooldioxide (CO_2);
9. Bedrijfsoverschot N, P_2O_5 en C;
10. Efficiëntie van het bedrijf (= deel van aangevoerde mineralen dat in melk, vlees dan wel (af te voeren) niet-ruwvoer akkerbouwgewassen wordt omgezet): benutting N en P_2O_5 in aangekocht voer of aangekochte meststoffen.

Dit rapport heeft tot doel om te beschrijven hoe bovenstaande kengetallen berekend worden en op welke invoergegevens ze gebaseerd zijn. Deze kengetallen (en een aantal aanvullingen daarop zoals BEX-voordeel, BEP-voordeel, Eiwit van eigen land, Ammoniakuitstoot per GVE, Aandeel blijvend grasland) zien gebruikers van de KringloopWijzer terug in de Uitvoerpagina's. Bijlage 1 geeft aan naar welke paragraaf van dit rapport elk van die kengetallen teruggrijpt. Bijlage 2 geeft aan hoe de hiervoor genoemde 'aanvullende' kengetallen worden gedefinieerd en berekend.



Figuur 1.1 De plek van de kengetallen (zie nummers hierboven) in de stofstroom van bedrijven.

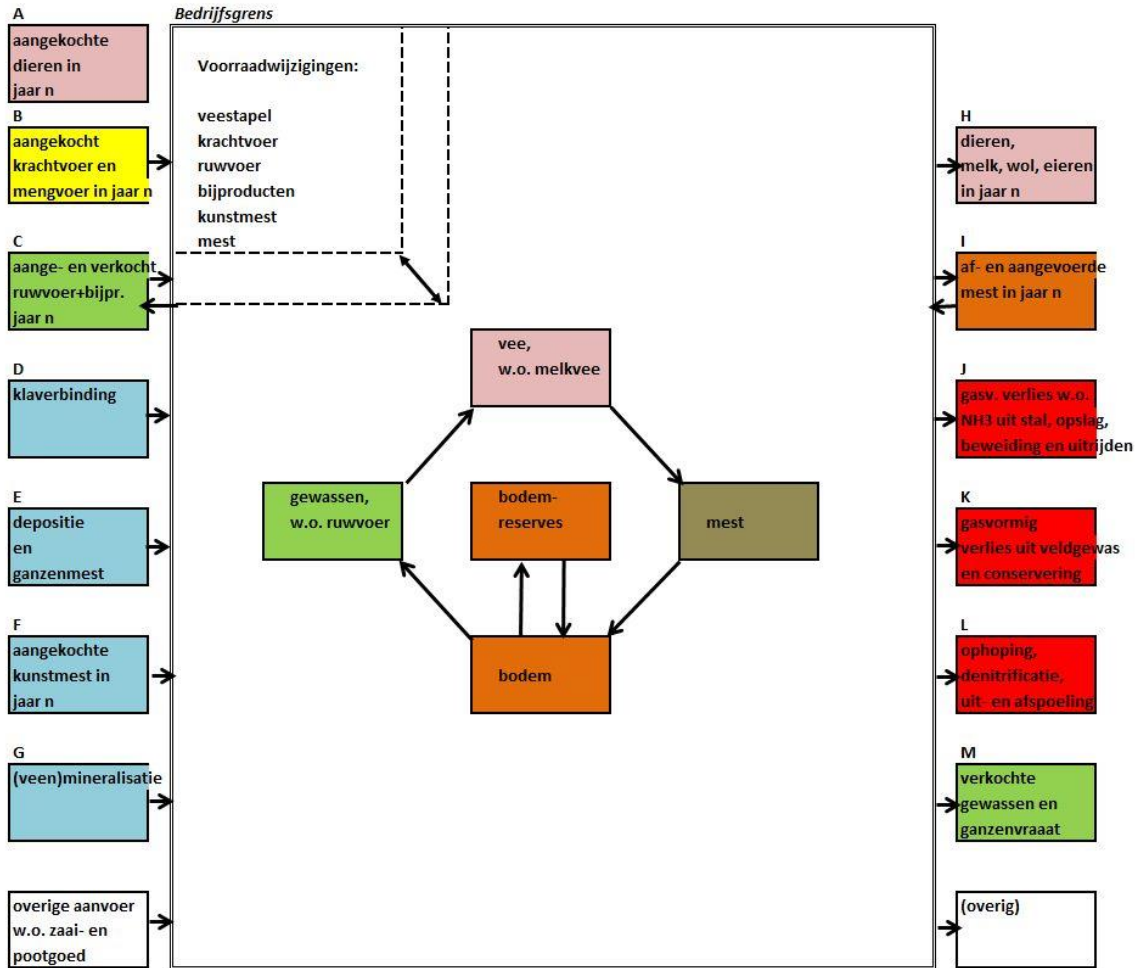
1.2 De kringlopen in meer detail

Om bedrijven onderling op basis van een kengetal te kunnen vergelijken zijn afspraken nodig over de berekeningswijze van het desbetreffende kengetal. Die berekeningswijze moet zo veel mogelijk recht doen aan het feit dat bedrijven van elkaar verschillen qua ingaande en uitgaande stromen. Figuur 1.2 geeft hiervan een eerste beeld. Uit die figuur wordt duidelijk dat de som van de posten waarmee N, P en C het bedrijf binnengaan (termen A t/m F) vanwege de wet van behoud van massa gelijk moet zijn aan de som van de posten die het bedrijf weer verlaten (termen G t/m M) en de eventuele voorraadwijzigingen binnen het bedrijf. Binnen het bedrijf blijken nog veel meer stromen te onderscheiden (Figuur 1.3). Nutriënten in de vorm van depositie, kunstmest, weidemest (inclusief de excretie van ganzen) en 'stalmest' (inclusief voerresten) en eventueel biologische N binding en mineraliserend veen, stellen de bodem in staat om gewassen te laten groeien. Die groei leidt naast een oogstbaar product ook tot een hoeveelheid onoogstbaar gewas in de vorm van wortels en stoppels welke vroeg of laat afsterven, verteren en als nutriënt naar de bodem terugkeren. Maar ook van het oogstbare deel van de groei is niet alles benutbaar. Omdat enige maai-, oogst- en beweidingsverliezen onvermijdelijk zijn, zal namelijk steeds iets minder daadwerkelijk geoogst of tijdens beweiding gegeten worden (inclusief ganzenvraat) dan er gegroeid is. Het verloren deel keert, net als de gewasresten, goeddeels terug naar de bodem. Maar zelfs van het deel van de oogst dat het veld 'over de dam' verlaat, zal niet alles vervolgens ook volledig door het vee kunnen worden opgenomen. Tijdens de conservering van gewassen zal een deel verloren gaan en ook tussen uitkuilen en opname treden nog verliezen op, de zogenaamde voerverliezen. Tabel 1.1 geeft een overzicht van de diverse verliespercentages die vooralsnog in de KringloopWijzer worden aangehouden. Deze verschillen per product en, binnen een product, per inhoudsstof. In werkelijkheid hebben deze verliezen geen vaste waarde en zullen zij variëren als gevolg van onder meer het management. Het is echter onmogelijk om de waarden op een eenvoudige en betrouwbare manier per bedrijf te specificeren.

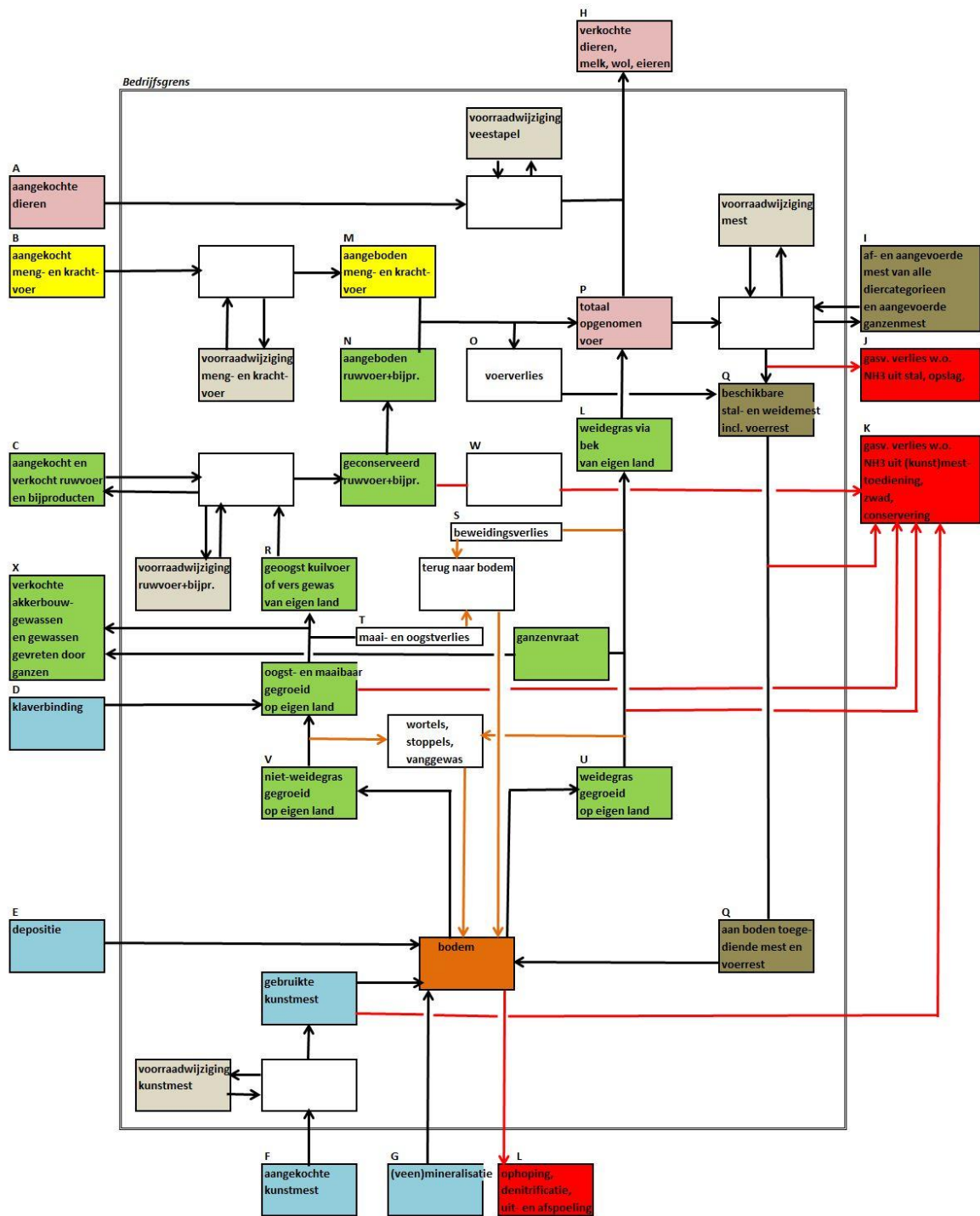
Tabel 1.1 Door de KringloopWijzer gehanteerde procentuele veldverliezen (beweidingsverliezen bij weidegras, maaiverliezen bij gemaaid gras, oogstverliezen bij maïs), conserveringsverliezen en vervoederingsverliezen. (KWIN, 2019-2020 en Handboek Melkveehouderij 2020/2021).

	Veldverlies	Conserveringsverlies				Vervoederingsverlies
	DS, VEM, N, P	DS	VEM	N	P	DS, VEM, N, P
Weidegras, beperkt weiden	15	0	0	0	0	0
Weidegras, onbeperkt weiden	20	0	0	0	0	0
Weidegras, stalvoeding	5	0	0	0	0	0
Gemaaid gras ten behoeve van inkuilen	5	10	15	3	0	5
Snijmaïs	2	4	4	1	0	5
Overig zelf geteeld ruwvoer	2	4	6	1,5	0	3
(aangevoerde) natte bijproducten	0*	4	6	1,5	0	3
Enkelvoudige krachtvoerders	0*	4	6	1,5	0	2
Mengvoer en melkproducten	0*	0	0	0	0	2
Mineralen (zouten)	0*	0	0	0	0	2

* Bij aanvoer van deze producten vinden eventuele veldverliezen namelijk elders plaats.



Figuur 1.2 In- en uitgaande stofstromen op een landbouwbedrijf: globaal.



Figuur 1.3 In- en uitgaande stofstromen op een landbouwbedrijf al dan niet met een tak akkerbouw of staldieren alsmede de interne stromen.

Naarmate bedrijven per grootvee-eenheid meer land beschikbaar hebben, ontstaat de mogelijkheid om binnen gebruiksnormen behalve de eigen mest ook mest van elders aan te wenden. In dat geval zijn gegevens nodig over de samenstelling over die geïmporteerde mest. Tabel 1.2 vermeldt de verstekwaarden die daarbij gehanteerd worden.

Tabel 1.2 Gemiddelde samenstelling (forfaits) organische mestsoorten.

	N (kg/ton)	P ₂ O ₅ (kg/ton)	TAN (% van totaal N)	SG (ton/m ³)	OS/N -
Graasdieren drijfmest (mestcode 14)	4,0 ¹	1,5 ¹	48 ¹	1,005 ¹	17,8 ¹
Weidemest graasdieren ²	4,0 ¹	1,5 ¹	48 ¹	1,005 ¹	17,8 ¹
Graasdieren vaste mest (mestcode 10)	6,4	3,2	14 ¹	0,9 ¹	20,1 ¹
Staldieren drijfmest (mestcode 50) ³	6,4	3,8	53 ¹	1,04 ¹	11,3 ¹
Staldieren vaste mest (mestcode 39) ⁴	31,1	15,4	25 ¹	0,605 ¹	12,3 ¹
Compost ⁵	7,0 ¹	3,3 ¹	9 ¹	0,8 ⁶	30,1 ¹
Dunne fractie (mestcode 11)	4,9 ¹	2,0 ¹	61 ¹⁰	1,02 ¹	7,0 ¹
Dikke fractie (mestcode 13)	9,2 ¹	8,4 ¹	29 ¹	0,9 ⁷	16,5 ¹
Kunstmestvervangers (mineralenconcentraat, spuiwater)	7,3 ⁸	0,5 ⁸	90 ⁸	1,005 ¹	2,9 ⁸
Digestaat ⁹	5,6 ¹	3,1 ¹	74 ¹	1,005 ¹	6,0 ¹
Overig ²	4,0 ¹	1,5 ¹	48 ¹	1,005 ¹	17,8 ¹
(Graasdieren, dunne fractie) ¹⁰	(3,4)	(1,0)	(60)	(1,005)	(13,7)
(Graasdieren, dikke fractie) ¹⁰	(7,3)	(4,1)	(22)	(0,9)	(26,4)
(Staldieren, dunne fractie) ¹⁰	(6,1)	(2,6)	(64)	(1,005)	(8,8)
(Staldieren, dikke fractie) ¹⁰	(10,8)	(9,1)	(29)	(0,9)	(17,1)

¹ Den Boer *et al.*, 2012.

² Als graasdieren drijfmest.

³ Als vleesvarkens drijfmest.

⁴ Als vleeskuikens vaste mest.

⁵ Gemiddelde GFT en groencompost.

⁶ www.handboekbemesting.nl.

⁷ Als vaste mest.

⁸ Velthof, 2011.

⁹ Gemiddelde van rundvee en vleesvarkens en afbraak van Norg van 25-50%.

¹⁰ Omdat de tabel beperkt-plausibele waarden bevat voor dunne en dikke fracties en dit mogelijk is toe te schrijven aan het gebruik van een beperkt aantal analyses van verschillende soorten mest, wordt overwogen om in toekomstige versies van de KringloopWijzer bijgaande cijfers voor dikke en dunne fracties te gebruiken. Daarbij staat gescheiden rundveemest voor 'graasdieren' en gescheiden vleesvarkensmest voor 'staldieren' en is de massabalans-werkwijze gevolgd zoals in www.bemestingsadvies.nl (geraadpleegd op 13 februari 2019).

1.3 Bronnen van N-verlies

Met name N kan in vele vormen en uit meerdere bronnen, al dan niet definitief, verloren gaan uit de kringloop. De belangrijkste vormen van verlies zijn ammoniak (NH₃-N), lachgas (N₂O-N), nitraat (NO₃-N), elementaire stikstof (N₂), stikstofoxiden (NO_x-N) en organische N (Norg-N) die in de bodem wordt opgeslagen. Het bedrijfsoverschot wordt gelijkgesteld aan het totaal van de verliezen in één van de voornoemde vormen (de termen J, K en L in Figuur 1.2 en 1.3). Tabel 1.3 toont de bronnen van waaruit deze N-verbindingen voornamelijk verloren gaan en de KringloopWijzer-module waarmee het verlies getalsmatig berekend wordt. In het kader van de KringloopWijzer valt het totale berekende N-verlies (het bedrijfsoverschot volgens Figuur 1.2) daarmee uiteen in de posten:

- NH₃-N verlies uit (kunst)mest en afstervend gewas,
- N₂O-N verlies uit (kunst)mest, klaver, mineralisatie, bodem en kuil,
- NO₃-N verlies uit de bodem,
- de berekende overige gasvormige N-verliezen (N₂, NO_x) uit mestopslag en kuil,
- de niet-berekende overige N-verliezen bestaande uit ophoping van Norg in de bodem en/of fouten in de voorgaande berekeningen, volgens:

Niet-berekende overige N-verliezen =

N-bedrijfsoverschot - NH₃-N - N₂O-N - NO₃-N - berekende overige gasvormige N-verliezen.

Hierbij moet worden opgemerkt dat gemakshalve is aangenomen dat uit kuil en mestopslag geen uitspoelingsverliezen optreden maar slechts gasvormige verliezen. Dit zal niet geheel volgens de werkelijkheid zijn.

Tabel 1.3 Vormen van N-verlies en hun bron, alsmede de module (zie superscript) waarmee het verlies berekend wordt.

Vorm	Bron:								
	Stal en mestput	Externe mestopslag	Mesttoediening en beweiding	Kunstmest	Klaver	Mineralisatie	Bodem	Gewas (zaad)	Kuil
NH ₃ -N	X ¹	X ¹	X ¹	X ¹				X ²	
N ₂ O-N	X ⁴		X ⁴	X ⁴	X ⁴	X ⁴	X ⁴		
NO ₃ -N							X ⁵		
N ₂ , NO _x	X ³								X ³
Norg							X ⁶		

¹ BEA basis.

² BEA plus.

³ BEN: niet-NH₃ gasvormige verliezen uit stal en mestopslag en kuilen.

⁴ BEN: lachgasemissie uit (kunst)mest, klaver, mineralisatie en bodem.

⁵ BEN: nitraatuitspoeling.

⁶ BEC: N ophoping als afgeleide uit BEC.

1.4 Benuttingen

1.4.1 Algemeen

Verliezen van nutriënten worden vaak niet alleen uitgedrukt als absolute hoeveelheid (kg) per eenheid oppervlakte (hectare) of per eenheid product (bijvoorbeeld per liter melk voor gespecialiseerde melkveehouderijbedrijven, per kg stikstof in de vorm van afgevoerde producten voor gemengde bedrijven, per kg graan-equivalent voor gespecialiseerde akkerbouwbedrijven), maar ook als het complement van de fractie van een ingaande nutriëntenstroom die niet nuttig gebruikt wordt, ofwel 1 minus de benutting. De benutting van een nutriënt kan gedefinieerd worden op het niveau van het bedrijf als geheel en op het niveau van de onderliggende, interne (sub)stromen. Daarbij zij opgemerkt dat elke definitie enigszins arbitrair is. Zo verandert de waarde van breuk van afvoer en aanvoer onder invloed van keuze of teller en noemer als bruto-stromen dan wel als netto-stromen worden uitgedrukt. De breuk 100/200 levert immers een ander getal op dan, bijvoorbeeld, de breuk $(100+10)/(200+10)$.

De volgende benuttingspercentages worden in de KringloopWijzer berekend.

1.4.2 Benutting op bedrijfsniveau

De benutting op bedrijfsniveau wordt gedefinieerd als:

Geproduceerde 'nuttige' producten (melk, vlees, af te voeren akkerbouwproducten, door ganzen gevreten gewas) als fractie van gebruikte krachtvoer, ruwvoer, bijproducten, klaverbinding, depositie, kunstmest, mest (inclusief ganzenmest) en (veen)mineralisatie, ofwel (vergelijk Figuur 1.3):

$(H - (A - \text{gecorrigeerd voor een gewijzigde omvang van veestapel}) + X) / ((B - \text{gecorrigeerd voor een gewijzigde voorraad krachtvoer}) + (C - \text{gecorrigeerd voor een gewijzigde voorraad ruwvoer}) + D + E + (F - \text{gecorrigeerd voor een gewijzigde voorraad kunstmest}) + (-I - \text{gecorrigeerd voor een gewijzigde voorraad mest}) + G)$, met een positief getal voor de correcties als de voorraad is toegenomen.

1.4.3 Benutting op dierniveau

De benutting op dierniveau wordt gedefinieerd als:

Geproduceerde melk en vlees, als fractie van opgenomen krachtvoer, kuilvoer, bijproducten en weidegras (= aangeboden voer na aftrek van voerresten), ofwel (vergelijk Figuur 1.3):

$$(H - (A - \text{gecorrigeerd voor een gewijzigde omvang van de veestapel})) / (M+N+L - O)$$

1.4.4 Benutting op mestniveau

De benutting op mestniveau wordt gedefinieerd als:

Mest en voerrest die 'in' de bodem terechtkomt, als fractie van de excretie plus voerrest (= aangeboden voer - melk en vlees gecorrigeerd voor mutatie veestapel) verminderd met mutatie van mestvoorraad (bij toename van voorraad), vermeerderd met de (op een stalbalans gebaseerde) mestproductie van een eventuele intensieve veehouderijtak ('staldieren'), en verminderd met afgevoerde/vermeerderd met aangevoerde mest, ofwel (vergelijk Figuur 1.3):

$$(Q) / ((M + N + L) - (H - (A - \text{gecorrigeerd voor een gewijzigde omvang van de veestapel})) - \text{gecorrigeerd voor een gewijzigde voorraad mest} - I)$$

1.4.5 Benutting op bodemniveau

De benutting op bodemniveau wordt berekend als:

Geproduceerde nutriënten in gewas van eigen bodem inclusief weide-, maai- en oogstverliezen en inclusief af te voeren niet-ruwvoer akkerbouwgewassen en door ganzen gevreten gewas, als fractie van klaverbinding, depositie, kunstmest (na verrekening van voorraadwijzigingen), (veen)mineralisatie en beschikbare weide- en 'stalmest' (inclusief voerrest na aftrek van gasvormige verliezen uit mest en inclusief ganzenmest), ofwel (vergelijk Figuur 1.3):

$$((R+T+X) + (L+S)) / (Q+D+E+(F - \text{gecorrigeerd voor een gewijzigde voorraad kunstmest}) + G)$$

1.4.6 Benutting op (ruwvoer)gewasniveau

De benutting op (ruwvoer)gewasniveau, dat wil zeggen de benutting van ruwvoer tot de opname, wordt gedefinieerd als:

Opgenomen voer uit eigen geteelde (niet verkochte) en aangekochte ruwvoedergewassen (dus opname gecorrigeerd voor de opname uit meng- en krachtvoer), als fractie van het geteelde en aangekochte ruwvoer inclusief de weide-, oogst- en maaiverliezen, ofwel (vergelijk Figuur 1.3):

$$(P - ((B - \text{gecorrigeerd voor een gewijzigde voorraad meng- en krachtvoer}) - O_{\text{meng- en krachtvoer}})) / ((C - \text{gecorrigeerd voor een gewijzigde voorraad ruwvoer}) + (R + T) + (L + S))$$

1.5 Beperkingen en verbeteringen van de KringloopWijzer

De voorliggende versie van de KringloopWijzer kent meerdere beperkingen. Bij de bespreking van de diverse onderdelen wordt hier nader op ingegaan (zie ook Leeswijzer verderop op dit hoofdstuk). Daarnaast vindt er regelmatig een validatie plaats van de KringloopWijzer waarin de rekenuitkomsten worden vergeleken met meetdata van praktijkbedrijven die deelnemen aan het project Koeien & Kansen. Hierdoor komen de grenzen van het toepassingsbereik van de KLW in beeld.

Een aantal beperkingen/aandachtspunten bij het gebruik van de KLW zijn:

- De KLW levert minder betrouwbare resultaten op voor melkveebedrijven met een lage melkproductie, met veel overige graasdieren en met weinig melkkoeien t.o.v. jongvee. Daarom

geeft de handreiking bedrijfsspecifieke excretie aan dat bedrijven met deze kenmerken bij bepaling van de mestafzet hiervan geen gebruik kunnen maken (RVO, 2021).

- Voor bedrijven met een staldierentak (o.a. varkens, kippen, witvlees kalveren) wordt de mest-N- en P-productie van deze tak niet berekend door de KLW, maar wordt deze extern bedrijfsspecifiek geschat via de stalbalans die vervolgens wordt ingevoerd in de KLW. De stalbalans geeft geen informatie over de verdeling van de N en P-productie per diergroep. Deze vindt in de KLW plaats op basis van het gemiddelde aantal aanwezige dieren per diergroep en de normatieve N- en P-productie per diergroep. Verder kan door het ontbreken van informatie over de aan- en afvoer van de staldierentak (voer en dieren) de N- en P-benutting van de staldierentak en die van het totale bedrijf niet worden berekend.
- Bij de berekening van de emissies van ammoniak per ton geproduceerde melk, worden ook de emissies betrokken die door een eventuele staldieren- en akkerbouwtak worden veroorzaakt. De ammoniakemissie uit stal en opslag van staldieren wordt in de KLW-uitvoer wel apart weergegeven. Voor de ammoniakemissie bij mesttoediening op bouwland wordt geen onderscheid gemaakt tussen akkerbouw en melkveehouderij-bouwlandgewassen.
- Deze versie van de KringloopWijzer kent vooralsnog geen mogelijkheid om de conserveringsverliezen van mengkuilen van ruwvoer en een droog bijproduct nauwkeurig te berekenen.

In de KringloopWijzer versie van 2021 zijn diverse aanpassingen doorgevoerd ten opzichte van 2020 w.o.:

- *Voor/nagewassen*

Soms wordt voorafgaand aan de maïs of na de oogst van een vroeg geoogst gewas (zoals graan) nog één of enkele sneden gras geoogst. Deze manier van werken kon nog niet in de KringloopWijzer meegenomen worden. Vanaf de 2021-versie zal dat wel mogelijk zijn. De invoer is hierop afgestemd en het extra geoogste (gras)gewas zal onderdeel gaan uitmaken van de hoofdteelt van het betreffende perceel. De opbrengsten per gewas, maar ook de overschotten per gewas, zullen hierdoor beter overeenkomen met de werkelijkheid.

- *Eiwit van eigen land*

Voor het programma Duurzame zuivelketen van ZuivelNL is 'Eiwit van eigen land' een belangrijk kengetal. Dit kengetal werd tot en met 2020 berekend als de hoeveelheid geoogste eiwit gedeeld door de hoeveelheid gevoerde eiwit. Vanaf 2021 wordt zuiver het 'aandeel eigen eiwit in het rantsoen' berekend, zoals de commissie grondgebondenheid bedoelde. Ruwvoeroverschotten en verkoop van ruwvoer gaan dan geen positieve invloed meer hebben op het aandeel eiwit van eigen land. Voor verder details zie ook Bijlage 2.

- *Verteerbaarheid ruw eiwit mengvoer*

De verteringscoëfficiënt ruw eiwit (VCRE) van het voer is belangrijk om de TAN-productie (NH₃-N) en daarmee de ammoniakemissie goed in te schatten. De VCRE van mengvoer is tot en met 2020 gebaseerd op drie standaardproductievoeders voor melkvee. Vanaf 2021 zijn alle beschikbare voedermiddelen van de CVB-lijst (Centraal Veevoeder Bureau) de bron voor de rekenwijze in de KringloopWijzer. In de KringloopWijzer is het RE-gehalte van het mengvoer de ingang van de formule. Door deze verbetering blijkt de stikstofexcretie gemiddeld 0,1% te stijgen en de ammoniakemissie gemiddeld 1,1% te dalen.

- *Footprint soja*

Voor sojaschroot en droge maïs kan de leverancier een specifieke bijbehorende footprint aanleveren. Zo is een onderscheid te maken in soja die uit Zuid-Amerika komt of van een andere locatie. De Zuid-Amerikaanse soja heeft in het algemeen een hogere footprint. De werkwijze is vergelijkbaar met die van mengvoer. Voor overige enkelvoudige krachtvoerders geldt geen specifieke waarde, maar een tabelwaarde.

- *Uitbreiding kengetallen rantsoenpagina*

Veel adviseurs gebruiken de 'rantsoenpagina' van het uitvoerrapport van de KringloopWijzer bij het analyseren van het resultaat. Voor een nog betere analyse zijn er op die pagina een aantal nieuwe kengetallen toegevoegd:

- De opname van vers gras per koe (dus niet jongvee);
- De opname van krachtvoer per 100 kg melk, inclusief en
- exclusief natte bijproducten (in kg ds);
- De benutting van stikstof en fosfaat met voer (%);

-
- En de post 'overige ruwvoer en natte bijproducten' is uitgesplitst in twee posten. 'Overige ruwvoer' en 'natte bijproducten'.
 - *Meer referentiegroepen*
Vanaf 2021 worden meer referentiegroepen gehanteerd om het bedrijfsresultaat mee te spiegelen. Hiermee kan de eigen prestatie beter beoordeeld worden. Voorheen werden vier bodemtypen en drie intensiteiten gebruikt om te benchmarken. Het aantal intensiteitsklassen is fors uitgebreid in de 2021-versie en bovendien geldt de gemiddelde prestatie van de afgelopen drie jaar van alle biologische bedrijven als benchmark voor de biologische sector.
 - De excretieforfaits van overige graasdieren zijn geactualiseerd.
 - Er zijn enkele RAV-stallen toegevoegd en de emissiefactoren van bestaande zijn geactualiseerd. Deze kunnen nu ook in de KringloopWijzer gekozen worden.
 - De lijst met te kiezen voedermiddelen is uitgebreid. Er kunnen 37 'nieuwe' voedermiddelen specifiek in de KringloopWijzer en de BEX gekozen worden. Droge stof (ds), Ruw as (RAS), verteringscoëfficiënt Ruw Eiwit (VCRE) en verteringscoëfficiënt organische stof (VCOS) zijn bepaald van deze extra voedermiddelen.
 - De lijst met voedermiddelen is afgestemd met de Nevedi-lijst, waarbij de carbon footprint voor een aantal grondstoffen geactualiseerd is.
 - De verteringscoëfficiënt van de organischestof (VCOS) van mengvoer wordt in de 2021-versie via een regressieformule berekend. Voorheen was dit een vaste waarde. Een impactanalyse wijst uit dat de methaanemissie vanuit de mestopslag hierdoor gemiddeld 1% daalt.
 - Coëfficiënten voor de berekening van de broeikasgasemissie en ammoniakemissie zijn geactualiseerd.
 - De forfaitaire N- en P₂O₅-gehalten van akkerbouw oogstproducten zijn geactualiseerd.

1.6 Leeswijzer

Dit rapport behandelt achtereenvolgens de BEX (Bedrijfsspecifieke excretie, hoofdstuk 2), de BEA (Bedrijfsspecifieke emissie van ammoniak, hoofdstuk 3), de BEN (Bedrijfsspecifieke emissie van nitraat en lachgas, hoofdstuk 4), de BEP (Bedrijfsspecifieke fosfaatstromen, hoofdstuk 5) en de BEC (Bedrijfsspecifieke koolstofstromen en emissies van CO₂-equivalenten, hoofdstuk 6). Elk hoofdstuk begint met een inleiding waarna de berekeningswijze van de kengetallen wordt uitgelegd. Aan het eind van elk hoofdstuk volgen een aantal kanttekeningen. Daarbij wordt ingegaan op randvoorwaarden, beperkingen en aspecten die verfijning of nader onderzoek behoeven. Omdat de stromen van N, P en C alles met elkaar van doen hebben, valt niet te voorkomen dat de ene hoofdstuk teruggrijpt of vooruitloopt op een andere. Om het spoor niet bijster te raken is in Bijlage 3 een thematische en een alfabetische lijst van afkortingen opgenomen.

In het rapport komen op diverse plaatsen de woorden 'stalmest' en 'staldieren' voor. 'Stalmest' heeft betrekking op alle mest die binnenshuis door een veestapel uitgescheiden (opgevangen, bewaard) wordt, zulks in tegenstelling tot weidemest. Het gaat hierbij dus niet noodzakelijkerwijs om stalmest in de zin van vaste mest: 'stalmest' kan zowel drijfmest als vaste mest zijn. Het is anderzijds niet zo dat het begrip 'staldieren' betrekking heeft op alle dieren die op de één of andere manier (deels) binnen gehouden worden. In het kader van dit rapport zijn 'staldieren' namelijk alleen die dieren die deel uitmaken van een tak 'intensieve veehouderij' (varkens, kippen, vleeskalveren). Een melkveestapel zonder weidegang behoort in die zin niet tot de 'staldieren'.

2 BEX, excreties door niet-melkvee en mestbewerking

2.1 Inleiding

De BEX, zoals meest recent gedefinieerd in de Handreiking (2020), berekent voor een individueel melkveebedrijf de hoeveelheid stikstof (N) en fosfor (P) in de geproduceerde mest. De berekening is ontwikkeld voor bedrijven met overwegend melkvee en heeft betrekking op een kalenderjaar. 'Overwegend melkvee' houdt in dat naast de N en P excretie van de melkveestapel (melkvee plus jongvee), ook de excretie van eventueel aanwezige andere categorieën graasdieren (fokstieren, roodvleestieren, weide- en zoogkoeien, vleeskalveren, schapen, geiten, paarden, pony's) wordt berekend. Echter, de excretie van de melkveestapel wordt bedrijfsspecifiek berekend en de excretie van 'overige graasdieren' wordt berekend met behulp van excretieforfaits (Anonymus, 2015a). De BEX berekent niet de N en P excretie in mest die geproduceerd wordt door eventueel aanwezige staldieren zoals kippen of varkens. Op de bijdrage van deze diercategorieën wordt in paragraaf 2.1.3 ingegaan.

De N en P opname van de melkveestapel wordt berekend als de optelsom van de opname uit alle gevoerde voedermiddelen. De VEM-behoefte van de aanwezige dieren, gecorrigeerd voor een veronderstelde overschrijding van die dekking met 2%, vormt voor de opname het uitgangspunt. Daarom verplicht de BEX de deelnemende bedrijven om van alle voedermiddelen de aanwezige hoeveelheid vast te leggen en het VEM, N en P gehalte te analyseren en daarnaast voor grasland-snijmaïsproducten ook het RAS-gehalte te analyseren. De aanwezige hoeveelheden zijn voor aangekochte voedermiddelen via de bon van de leverancier beschikbaar en voor zelf geteeld ruwvoer wordt de hoeveelheid, voor zover ingekuuld, vastgesteld via meting van de kuilinhoud (door een geaccrediteerde monsternemer) en een aanname van een constante dichtheid in kg per m³ op basis van onderzoek van Van Schooten & van Dongen (2007). Uit voornoemd onderzoek is gebleken dat deze 'best practice' voor de schatting van de hoeveelheid kuilvoer een grote variatie in resultaat kent. Daarmee is de geschatte hoeveelheid kuilvoer onvoldoende nauwkeurig om het verbruik van kuilvoer gelijk te stellen aan de voeropname ervan. In BEX is er daarom voor gekozen om de voeropname van vers gras, graskuil en snijmaïs te berekenen op basis van de VEM-behoefte (zie paragraaf 2.1.2.12), waarbij de benodigde VEM naar rato van de verhouding van de berekende vers grasopname en de aangelegde voorraden graslandproducten en snijmaïsproducten (zoals vastgesteld door een geaccrediteerd laboratorium) wordt verdeeld over de verschillende voedermiddelen. Dit principe wordt nader uitgelegd in Oenema *et al.* (2017).

2.2 Berekeningswijze excreties

2.2.1 Algemeen

De BEX berekent de hoeveelheid N en P in de geproduceerde mest. Voor N moet daarbij rekening gehouden worden met vervluchtiging. Daarom is in de BEX onderscheid gemaakt tussen bruto en netto excretie van N en P. De bruto excretie betreft de excretie 'onder de staart' en de netto excretie is de bruto excretie verminderd met de gasvormige N-verliezen. Voor P speelt vervluchtiging geen rol en is de bruto excretie gelijk aan de netto excretie.

2.2.2 Berekening bruto N en P excretie

De bruto of 'onder de staart' excretie van N en P wordt in de BEX met de balansmethode berekend:

$$\text{Excretie N (of P)} = \text{opname N (of P)} - \text{vastlegging N (of P)}$$

2.2.3 Berekening opname N en P

Opname N = VEM-opname x N/VEM

Opname P = VEM-opname x P/VEM

Waarin:

VEM-opname = VEM-behoefte x 102%. Dit betreft de totale VEM-behoefte van de melkveestapel, op basis van de samenstelling van de melkveestapel en de melkproductie.

N (of P)/VEM : VEM, N en P betreft het gewogen gemiddelde van de geanalyseerde gemiddelde VEM-, N- en P gehalten in ieder bestanddeel van het rantsoen.

2.2.4 Berekening vastlegging N en P

Het betreft vastlegging van N en P in melk en groeiende dieren (foetus + adnexa, kalf, pink, 1^e kalfskoe en 2^e kalfskoe).

Vastlegging N (of P) = kg dierlijk product x N (of P) gehalte van het dierlijk product

De benodigde informatie bestaat uit een mix van bedrijfsspecifieke informatie en forfaits.

Bedrijfsspecifieke informatie is beschikbaar voor:

Geproduceerde melk, N gehalte in melk, P gehalte in melk (niet altijd beschikbaar, in dat geval wordt forfait gebruikt), aantallen dieren in de categorieën jongvee jonger dan 1 jaar (kalf), jongvee ouder dan 1 jaar (pink), dieren die afgekald hebben (melkkoeien) en ras van het melkvee.

Forfaits worden gebruikt voor:

P gehalte in melk (indien niet door een hiervoor geaccrediteerde instelling gemeten), vastlegging N en P in respectievelijk foetus + adnexa, kalf, pink, 1^e kalfskoe en 2^e kalfskoe. Daarnaast worden constanten gebruikt voor het percentage drachtige dieren (op jaarbasis) in de veestapel om de vastlegging in foetus + adnexa te kunnen berekenen, voor de leeftijdsopbouw van de melkveestapel om het aantal 1^e kalfskoeien, 2^e kalfskoeien en oudere koeien te kunnen berekenen, en voor de diergewichten bij een gekozen ras.

2.2.5 Berekening netto N excretie

De berekende bruto N excretie moet gecorrigeerd worden voor de bedrijfsspecifieke gasvormige N-verliezen. Deze N-verliezen worden berekend via de BEA (zie paragraaf 2.2).

Netto N excretie = bruto N excretie – gasvormige N verliezen uit BEA

De benodigde informatie bestaat uit een mix van bedrijfsspecifieke informatie en forfaits.

Bedrijfsspecifieke informatie is beschikbaar voor:

Bruto N excretie voor de veestapel en voor het aantal dieren in de categorieën jongvee jonger dan 1 jaar, jongvee ouder dan 1 jaar, aantal melkkoeien inclusief droogstaande koeien, aandeel drijfmest en het huisvestingstype van het melkvee.

Forfaits worden gebruikt voor het emissiepercentage voor N uit de mest van de veestapel:

Het emissiepercentage voor N uit de mest van de veestapel wordt berekend via de BEA. Voor de gebruikte forfaits zie de beschrijving van de BEA in de paragraaf 2.2.

2.2.6 Opbouw veestapel

De melkveestapel is opgebouwd uit diercategorieën. Per categorie worden de aantallen bepaald: melkkoeien, droogstaande koeien, stuks jongvee ouder dan 1 jaar (pinken), stuks jongvee jonger dan 1 jaar (kalveren). Het betreft de diercategorieën en telling zoals vastgesteld in het Uitvoeringsbesluit en

de Uitvoeringsregeling Meststoffenwet. Voor alle genoemde diercategorieën wordt het aantal berekend door het totaal van de dagtellingen te delen door 365. Voor zover van toepassing wordt onderscheid gemaakt tussen Jersey, kruisling Jersey en overige rassen. Een Jersey is een dier met minimaal 87,5 procent Jersey-bloed. Een kruisling Jersey heeft tussen de 50 en 87,5 procent Jersey-bloed.

2.2.7 Melkproductie en melksamenstelling

De melkproductie is gelijk aan de totaal geproduceerde melk in kilogrammen per jaar zoals aangegeven in Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet, artikel 33, in Uitvoeringsregeling Meststoffenwet, artikel 42 (lid 3) en hoofdstuk 9 (artikelen 73 t/m 75e) en in Regeling dierlijke producten, paragraaf 2 (artikelen 2.10 t/m 2.59). Dit betreft de som van:

- de melk die aan de verwerker is geleverd,
- de melk die gebruikt wordt voor verwerking binnen het bedrijf (w.o. zelf zuivelen),
- overige melkproductie, dit is bijvoorbeeld biest, mastitismelk, melk gevoerd aan kalveren of melk voor eigen consumptie.

Het percentage vet, eiwit en fosfor in de melk is het voortschrijdend gemiddelde zoals vastgesteld door zuivelindustrie, berekend per kalenderjaar.

2.2.8 Gewicht melkkoeien

Het gemiddelde gewicht van de volwassen melkkoeien is bepalend voor de VEM-onderhoudsbehoefte van de melkkoeien, ook van die met een afwijkend gewicht, en van het bijbehorende jongvee. Daarvoor is in Tabel 2.1 een zogenaamde rasfactor opgenomen. Deze is gebaseerd op de VEM-onderhoudsbehoefte bij volwassen gewicht.

Tabel 2.1 Gemiddeld gewicht van de verschillende categorieën melkvee per rasgroep en de rasfactoren voor de VEM-behoefte en de diergewichten.

Rasgroepen	Gewicht melkkoe (kg)	Rasfactor ¹ VEM-behoefte	Gewichten jongvee (kg) ²			GEW-factor ³ ras
	Gemiddeld		Geboorte	1 jaar	Bij afkalven	
Jersey	400	0,695	27	197	332	400/650
Kruisling: Jersey x overig ras ⁴	525	0,852	36	258	436	525/650
Overige rassen	650	1,000	44	320	540	650/650

¹ In de rasfactor is gebaseerd op de verhoudingen van de metabolische gewichten (gewicht tot de macht 0,75; Het gewicht van de melkkoe uit 'overige rassen' is in deze Handreiking als uitgangspunt genomen: GEW = 650 kg.

^{2/3} De gewichten van 'Jersey' en 'Kruisling' kunnen worden berekend met behulp van de GEW-factor, uitgaande van gemiddelde gewichten van 'Overige rassen', en zijn afgerond.

⁴ De 'Kruisling' is een kruising van 'Jersey' x 'Overig ras' of van 'Overig ras' x 'Jersey'.

2.2.9 Beweiding

Onbeperkt weiden wil zeggen dat de koeien zowel overdag als 's nachts weiden (10-20 uur). Beperkt weiden houdt in dat de melkkoeien alleen overdag of alleen 's nachts in de weide zijn (2-10 uur). Voor de melkkoeien moet voor deze beide systemen het aantal weidedagen per jaar worden opgegeven en (indien toegepast) het gemiddeld aantal uren beweiding per etmaal voor het betreffende systeem. Als de melkkoeien vers weidegras op stal krijgen is er sprake van zomerstalvoeding. Ook dan moet worden vastgelegd om hoeveel dagen het gaat en hoe vaak er per etmaal vers gemaaid gras voor de koeien wordt gebracht, zowel overdag als 's nachts ('onbeperkt') of alleen overdag dan wel alleen 's nachts ('beperkt').

Daarnaast kan nog een combinatie voorkomen van weiden en zomerstalvoeren. Hierbij moet naast het aantal dagen van het systeem ook het aantal uren weidegang per dag worden opgegeven en een

keuze worden gemaakt of op stal alleen vers gras wordt gevoerd ('onbeperkt') of naast het verse gras ook nog ruwvoer wordt gevoerd ('beperkt').

Voor jongvee wordt uitgegaan van onbeperkt weiden waarbij het aantal dagen beweiding wordt geregistreerd.

In de BEX wordt niet geregistreerd of droge koeien geweid worden. In de berekening is aangenomen dat droge koeien het gehele jaar op stal staan en dat aan deze groep geen vers gras wordt verstrekt.

Van het opgenomen weidegras moet worden aangegeven welk deel daarvan afkomstig is van natuurgrasland. Voor koeien mag dit maximaal het aandeel natuurgrasland in het totale areaal grasland zijn. Voor jongvee geldt deze beperking niet.

2.2.10 Berekening VEM-opname en VEM-behoefte van de melkveestapel

De VEM-opname ligt twee procent hoger dan de berekende VEM-behoefte omdat aangenomen wordt dat de VEM-dekking 102% bedraagt. Deze aanname komt overeen met de grondslag van de forfaitaire excretie van melkvee (Tamminga *et al.*, 2004).

De VEM-behoefte wordt berekend volgens de algemene rekenregels van het CVB. Deze zijn ook gebruikt voor de onderbouwing van de excretieforfaits in de Uitvoeringsregeling Meststoffenwet. In de berekening van de VEM-behoefte wordt rekening gehouden met de opbouw van de veestapel, het productieniveau van de koeien, het volwassen gewicht van de melkkoeien en beweiding van de melkkoeien. De behoefteberekening voor melkvee is gebaseerd op dieren die aangebonden staan. Vrij lopende dieren in een ligboxenstal of tijdens beweiding hebben door de bewegingsactiviteit een hogere VEM-behoefte. Daarnaast is extra energie nodig voor eventuele jeugdgroei, voor dracht en voor compensatie van de Negatieve Energie Balans (NEB) in het begin van de lactatie. Deze extra energiebehoeften worden in de vorm van energietoelagen (zie Tabel 2.2) in de VEM-behoefte meegerekend.

De VEM-behoefte van melkvee wordt berekend als de optelsom van de VEM-behoefte voor melkproductie en voor onderhoud. Bij onderhoud wordt onderscheid gemaakt tussen 'lacterende koeien' en 'droogstaande koeien'. De berekening gaat uit van gemiddeld 315 lactatiedagen per kalenderjaar en 50 dagen droogstand per kalenderjaar per gemiddeld aanwezige koe. Een koe gebruikt naast energie voor onderhoud en melkproductie ook energie voor beweging, groei, dracht en mobilisatie van lichaamsreserves (zie Tabel 2.2). De VEM-behoefte van de totale melkveestapel (in kVEM/jaar) is de optelsom van de VEM-behoefte van de melkkoeien, de pinken en de kalveren.

Tabel 2.2 Energiebehoefte en -toeslagen in kVEM per gemiddeld aanwezige melk en kalfkoe voor koeien met een gemiddeld gewicht van 650 kg* en per gemiddeld aanwezig stuks jongvee jonger en ouder dan 1 jaar.

	Melk- en kalfkoeien		Jongvee	
	kVEM/jaar	kVEM/dag	≥ 1 jaar kVEM/dag	≤ 1 jaar kVEM/dag
Onderhoud en melk	Zie overzicht rekenregels VEM-behoefte op pag 23-24		-	-
Onderhoud en groei**	-	-	2259/365	1323/365
Toeslagen				
Bewegingstoelage***	Niet weiden	201		
	extra bij Beperkt weiden		0,419	
	extra bij Combi weiden		0,419	
	extra bij Onbeperkt weiden		0,560	0,346
Jeugdtoelage****		101		
Dracht en NEB*****		194	0,5315	0,2819

- * Bij een ras met een ander volwassen gewicht dient de toeslag in deze tabel te worden vermenigvuldigd met de rasfactor VEM behoefte die in Tabel 2.1.1 bij het betreffende gewicht hoort.
- ** Slechts een deel van de kalveren blijft het gehele jaar (vanaf de geboorte) op het bedrijf. Daarvoor moet gecorrigeerd worden. De kVEM-behoefte is daarom geen 1.380 maar 1.324 kVEM per jaar. Er wordt van uitgegaan dat het vervangingspercentage 28% is, waarbij volgens Handboek Melkveehouderij er 0,3760 kalf per gemiddeld aanwezige melkkoe moet worden aangehouden). Per gemiddeld aanwezige melkkoe bedragen het aantal levend geboren kalveren 1,14 en het aantal te verkopen kalveren op de leeftijd van een halve maand (gemiddeld 30,4 dagen, dus 15,2 dagen) 0,7653. Omgerekend naar aantal kalveren per jaar, betekent dat $0,7653 \times 15,2/365 = 0,0319$ kalf per gemiddeld aanwezige melkkoe, zodat er $0,3760 + 0,0319 = 0,4079$ kalf in categorie 101 per gemiddeld aanwezige melkkoe is. De behoefte in de eerste maand bedraagt 54,4 kVEM. Teruggerekend naar een halve maand (15,2 dagen) is de behoefte $54,4/2 \times 24 = 653$ kVEM (afgerond) op jaarbasis (een jaar bestaat uit 24 keer een halve maand). De gecorrigeerde behoefte bedraagt dan $1.380 \times 0,3760/0,4079 + 653 \times 0,0319/0,4079 = 1.323,2$ kVEM per jaar. De gecorrigeerde behoefte in de eerste maand bedraagt dan: $(54,4 \times (0,3760 + (0,7653 \times 0,5)))/0,4079 = 101,2$ kVEM per gemiddeld aanwezig stuks jongvee categorie 101.
- *** De bewegingstoelage voor 'Niet weiden' geldt voor niet-aangebonden dieren (10% van onderhoudsbehoefte, gesteld op 2010 kVEM/jaar (Tamminga *et al.*, 2004). De extra bewegingstoelagen in deze tabel voor melkkoeien bedragen 7,5% voor 'Beperkt weiden' en 10% voor 'Onbeperkt weiden' en voor jongvee zijn die gebaseerd op de uitgangspunten in de BEX jongvee; deze zijn weergegeven in kVEM per dier per weidedag. Bij kalveren staat de kVEM-toelage per gemiddeld aanwezig kalf; uitgaande van 0,375 kVEM per dag per kalf en $0,3760/0,4079 = 0,9218$ kalf van deze diercategorie die het gehele jaar aanwezig is, bedraagt de weidetoelage $0,375 \times 0,3760/0,4079 = 0,346$ kVEM per kalf per dag.
- **** De jeugdtoelage per koe is berekend voor eerstekalvs- en tweedekalvs-koeien en is gebaseerd op 660 VEM per dag in de eerste lactatie en 330 VEM in de tweede lactatie. Uitgaande van een vervangingspercentage van 28% bedraagt de totale toeslag: $(660 + 330) \times 365 \times 0,28 = 101$. Voor de berekening van de jeugdtoelage van melkkoeien is voor 'Overige rassen' uitgegaan van 540 kg op tweejarige leeftijd, 595 kg op driejarige leeftijd en 650 kg op vierjarige leeftijd.
- ***** De drachttoelage voor een melkkoe bedraagt afgerond 144,7 kVEM per jaar; die van een pink (vaars) is 90% van die van een melkkoe ($144,7 \times 0,90 = 130,2$ kVEM per jaar). Uitgaande van gemiddeld 0,70 kalf per koe (zie Tabel 2.4) bedraagt de drachttoelage $144,7 \times 0,70 = 101,3$ kVEM per jaar. De VEM-behoefte voor de Negatieve Energie Balans (NEB) is de energie die gemiddeld nodig is om de tijdens de in de eerste maanden van de lactatie gemobiliseerde lichaamsreserves weer op te bouwen; die bedraagt 93 kVEM. Het totaal van dracht en NEB bedraagt dus $194,3$; afgerond 194. Voor een pink bedraagt de drachttoelage uitgaande van gemiddeld 0,79 kalf per pink (zie Tabel 2.4) dus $144,7 \times 0,9 \times 0,79 = 102,9$ kVEM per jaar (dat is 0,2819 kVEM per dag).

Overzicht rekenregels VEM behoefte

kVEM-behoefte jongvee per jaar

Jonger dan 1 jaar (kalveren (ka)) (per dier per kalenderjaar): $(1.323 + 0,346 \times \text{aantal weidedagen}) \times \text{aantal ka} \times \text{rasfactor VEM behoefte (kVEM)}$.

In de VEM behoefte is er rekening mee gehouden dat de kalveren niet allemaal vanaf de geboorte een jaar op het bedrijf blijven. Een groot deel daarvan wordt op een leeftijd van (gemiddeld) 15 dagen afgevoerd en hebben dus een aanzienlijk lagere VEM behoefte dan de dieren die een jaar op het bedrijf blijven. In de voetnoot onder Tabel 2.2 is beschreven hoe deze correctie is berekend.

Ouder dan 1 jaar (pinken (pi)) (per dier per kalenderjaar): $(2.259 + 130,2 \times 0,79 + 0,784 \times \text{aantal weidedagen}) \times \text{aantal pi} \times \text{rasfactor VEM behoefte (kVEM)}$.

kVEM-behoefte melkkoeien per jaar: melkproductie

Melkgift/koe = totaal geproduceerde melk (kg) / het aantal melkkoeien.

FPCM/dag = $(\text{melkgift/koe (kg)} \times (0,337 + 0,116 \times \% \text{vet} + 0,06 \times \% \text{eiwit})) / 315$ (dagen).

VEM melkproductie = $(442 \times \text{FPCM/dag} \times (1 + (\text{FPCM/dag} - 15) \times 0,00165)) \times 315$ (dagen).

kVEM melkproductie = VEM melkproductie/1000.

kVEM-behoefte melkkoeien per jaar: onderhoud

GEW (kg) = levend gewicht afhankelijk van type koe (zie forfait Tabel 2.1.1).

VEMonh tijdens lactatie = $(42,4 \times \text{GEW}^{0,75} \times (1 + (\text{FPCM/dag} - 15) \times 0,00165)) \times 315$ (dagen).

VEMonh tijdens droogstand = $42,4 \times \text{GEW}^{0,75} \times (1 + (-15 \times 0,00165)) \times 50$ (dagen).

VEM onderhoud melkvee = VEMonh tijdens lactatie + VEMonh tijdens droogstand.

kVEM onderhoud = VEM onderhoud melkvee/1000.

Toeslagen VEM-behoefte melkkoeien per jaar

kVEM-toeslag per koe = (bewegingstoeslag 'Niet weiden' uit Tabel 2.1.2 + (aantal maanden weiden x extra bewegingstoeslag voor 'Beperkt weiden' of 'Onbeperkt weiden' uit Tabel 2.1.2) * 315/365) + jeugdtoeslag uit Tabel 2.1.2 + dracht- en NEB-toeslag uit Tabel 2.1.2.

kVEM-behoefte melkveestapel per jaar

kVEM-behoefte van melkveestapel = $((\text{kVEM melkproductie} + \text{kVEM onderhoud} + \text{kVEM toeslag}) \times \text{aantal melkkoeien}) + (\text{kVEM jongvee} < 1 \text{ jaar} \times \text{aantal jongvee} < 1 \text{ jaar}) + (\text{kVEM jongvee} > 1 \text{ jaar} \times \text{aantal jongvee} > 1 \text{ jaar})$.

2.2.11 Bepaling van N- en P-opname door melkveestapel

De N en P opname wordt berekend door per voedermiddel de VEM-opname te vermenigvuldigen met respectievelijk de geanalyseerde N/VEM en P/VEM (zie paragraaf 2.2.3). Vervolgens wordt de totale VEM-opname berekend door het resultaat van alle voedermiddelen bij elkaar op te tellen. Echter, op praktijkbedrijven is niet van alle voedermiddelen bekend hoe groot de VEM-opname is. Van de aangekochte voedermiddelen wordt het verbruik berekend als de aankoop minus voorraadswijziging, maar van zelf geteeld ruwvoer ontbreken met name betrouwbare gegevens over het aandeel dat weidegras in de ruwvoervoorziening heeft gehad. In eerste instantie wordt de totale hoeveelheid energie uit zelf geteeld ruwvoer uit maïskuil, graskuil en vers (weide) gras bepaald als:

VEM-opname uit snijmaïskuil, graskuil en vers (weide)gras = berekende VEM opname veestapel – VEM verbruik uit overig ruwvoer en natte bijproducten, krachtvoerders en melkproducten – vervoederingsverliezen uit overig ruwvoer en natte bijproducten, krachtvoerders en melkproducten, met:

berekende VEM-opname veestapel = VEM behoefte veestapel x 102%.

2.2.12 Bepaling VEM-opname uit snijmaïskuil, graskuil en vers gras

De verdeling van de berekende VEM opname uit snijmaïskuil, graskuil en vers (weide)gras over de afzonderlijke producten gebeurt door een verhouding te berekenen tussen een berekende VEM-opname uit vers gras, een gemeten vervoederde hoeveelheid graskuil en een gemeten vervoederde hoeveelheid snijmaïs.

Voor vers (weide)gras ontbreken zowel opnames als geanalyseerde gehalten. Voor de VEM-opname uit vers (weide)gras wordt, afhankelijk van het beweidingssysteem een drogestof-opname uit vers gras berekend (Oenema *et al.*, 2017). Bij de berekening worden de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De variatie in beweidingduur bij onbeperkt weiden bedraagt 10 tot 20 uren per etmaal. Die variatie bedraagt bij beperkt weiden 2 tot 10 uren per etmaal.
- In de praktijk krijgen weidende melkkoeien minstens twee uren weidegang. Bij 2 uur weidegang neemt een melkkoel 2 kg droge stof weidegras op (type 'Overige rassen' - zie Tabellen 2.1 en 2.2 - en bij een melkproductie van 9.500 kg FPCM/jaar). Per uur extra weiden komt daar 0,75 kg droge

stof bij, met een maximum van 18 uren extra weiden (20 totaal) per etmaal. Voor elke 500 kg FPCM meer of minder moet de drogestof-opname uit weidegras met 2% worden verhoogd respectievelijk verlaagd.

- Bij zomerstalvoeding wordt ervan uitgegaan dat de drogestof-opname van een melkkoe bij 'onbeperkt' vers gras op stal 87% bedraagt van de opname bij onbeperkt weiden gedurende 20 uren per etmaal. Voor een melkkoe met 'beperkt' vers gras op stal wordt de drogestof-opname van vers gras gelijk gesteld aan 87% van de opname bij 9 uren weiden per etmaal.
- De drogestof-opname van Jerseys en van kruislingen bedraagt respectievelijk 70% en 85% van die van koeien van de overige rassen. Dezelfde percentages gelden ook voor het referentieniveau van de meetmelkproductie om de drogestof-opname te berekenen (respectievelijk 6650 en 8075 kg FPCM/jaar).
- Droge koeien krijgen geen vers gras.

2.2.13 Bepaling van de N/VEM en P/VEM verhouding in vers gras

De samenstelling van vers weidegras (droge stof, VEM, N en P) bij weiden en bij zomerstalvoeding is niet bekend. In de BEX wordt onderscheid gemaakt tussen vers gras van productiegrasland (productiegras) en vers gras van natuurgrasland (natuurgras). De verhouding van de gehalten VEM met N en P worden voor vers productiegras afgeleid van de N/VEM en P/VEM van de aangelegde graskuilen (gebaseerd op praktijkinformatie uit het project Koeien & Kansen). Daarbij moet de kwaliteit van de graskuil(en) representatief zijn voor de kwaliteit van het verse gras dat de melkkoeien via weiden of zomerstalvoeding krijgen. Daarom vormt de verhouding tussen het VEM, N- en P-gehalte in grasland producten (alleen graskuil, excl. aankoop en niet afkomstig van natuurgrasland), het uitgangspunt voor de geschatte samenstelling van het verse productiegras. Indien geen eigen aangelegde graskuilen aanwezig zijn wordt gerekend met standaarden (gebaseerd op praktijkinformatie uit het project Koeien & Kansen). Voor vers natuurgras wordt gerekend met standaarden afgeleid uit onderzoek (Vellinga, 1994; Korevaar *et al.*, 2006).

2.2.14 Correctie voor voeropname door overige graasdieren

Als op het bedrijf naast melkkoeien en bijbehorend jongvee ('melkvee') ook overige graasdieren aanwezig zijn en het voer voor deze graasdieren is niet duidelijk gescheiden van dat voor melkvee, dan wordt een forfaitaire hoeveelheid verbruik afgetrokken van de hoeveelheid die volgens de berekening op het bedrijf wordt gevoerd (Tabel 2.3). Hierbij is het verbruik de opname plus de vervoederingsverliezen.

Een ander aandachtspunt voor een zorgvuldige toepassing van Tabel 2.3 betreft de wijze van verdeling van de voercategorieën over de diercategorieën. Uitgangspunt is dat de per diercategorie vermelde totale kVEM-opname wordt opgenomen. Als echter op een bedrijf een bepaalde voercategorie of misschien wel meer voercategorieën niet of minder zijn vervoederd, dan moeten de kVEM-opnames uit andere voercategorieën komen, die per diercategorie zijn vermeld. Dat gaat als volgt, steeds in een bepaalde volgorde, zoals hieronder is vermeld:

- Bij geen vers (weide)gras: grasproducten, snijmaïskuil, overige producten, krachtvoerders, kunstmelkpoeder. Dit geldt bijvoorbeeld als de weidekoeien niet worden geweid als er geen grasland is. Dus bij geen vers weidegras wordt voor weidekoeien aangenomen dat de kVEM-behoefte van 1.792 kVEM uit weidegras uit grasproducten komt, zodat de opname daaruit alsnog 3.187 kVEM bedraagt;
- Bij geen of onvoldoende kunstmelkpoeder: krachtvoerders, overige producten, snijmaïskuil, grasproducten, vers weidegras;
- Bij geen of onvoldoende krachtvoerders: overige producten, snijmaïskuil, grasproducten, vers weidegras, kunstmelkpoeder;
- Bij geen of onvoldoende overige producten: snijmaïskuil, grasproducten, vers weidegras, krachtvoerders, kunstmelkpoeder;
- Bij geen of onvoldoende snijmaïskuil: overige producten, grasproducten, vers weidegras, krachtvoerders, kunstmelkpoeder;
- Bij geen of onvoldoende grasproducten: overige producten, snijmaïskuil, vers weidegras, krachtvoerders, kunstmelkpoeder.

Tabel 2.3 Forfaitaire kVEM-opname per jaar voor een aantal categorieën 'overige graasdieren'.

Voercategorie:	Kunst- melk- poeder	Kracht- voerders ²	Weide- gras (be- weiding) n.v.t.	Graspro- ducten ³	Snijmaïs -kuil	Overige pro- ducten ⁴	Totale kVEM- opname
Vervoederingsverliezen (%):	2	2		5	5	3	
Diercategorie ¹							
104 Fokstieren (≥1 jaar)	0	274	0	2.466			2.740
115 Startkalveren voor rosé- of roodvlees (<ca. 3 mnd)	222	406	0	0	140	0	768
116 Rosévleeskalveren (ca. 3 mnd tot ca. 8 mnd)	0	1.122	0	0	655	355	2.132
117 Rosévleeskalveren (ca. 14 dgn tot 8 mnd)	78	880	0	0	482	211	1.651
120 Weide- en zoogkoeien	0	56	1.792	1.339	0	0	3.187
122 Roodvleesstieren (>ca. 3 mnd tot slacht)	0	970	0	0	1.652	68	2.690
550 Fokschapen (ten minste eenmaal gelammerd incl. lammeren <ca. 4 mnd en rammen)	0	56	328	65	0	0	449
551 Vleeschapen (<ca. 4 mnd, niet geboren op bedrijf)	0	9	47	4	0	0	60
552 Opfokkoeien, weidenschapen, vleeschapen (>ca. 4 mnd)	0	11	266	22	0	0	299
600 Melkgeiten, gangbaar (ten minste eenmaal gelammerd incl. pasgeboren lammeren en geslachtsrijpe bokken)	0	463	0	243	114	0	820
600 Melkgeiten, biologisch (ten minste eenmaal gelammerd incl. pasgeboren lammeren en geslachtsrijpe bokken)	0	241	95	280	175	0	791
601 Opfokgeiten en vleesgeiten (<ca. 4 mnd)	79	60	0	32	53	0	224
602 Opfokgeiten en vleesgeiten (>ca.4 mnd)	0	203	0	107	179	0	489
941 Pony's (schofthoogte <1,56 m en incl. veulens <6 mnd)	0	140	497	734	0	47	1.418
943 Paarden (schofthoogte ≥1,56 m en incl. veulens <6 mnd)	0	441	909	1.452	0	49	2.851

¹ Zie voor exacte omschrijving bijlage D van Uitvoeringsregeling Meststoffenwet.

² Droge krachtvoerders: mengvoerders plus enkelvoudige krachtvoerders.

³ Grashooi, graskuil en/of grasbrok; eigenlijk zou deze categorie "overige grasproducten" moeten heten; in het voorgaande is al duidelijk gemaakt wat deze voercategorie behelst.

⁴ Vochtrijke krachtvoerders plus overige ruwvoerders. De vermelde waarden bij rosékalveren zijn gebaseerd op vochtrijke krachtvoerders.

2.2.15 Overzicht rekenregels N en P opname

VEM-waarde vers productiegas = 960 VEM/kg DS

N/VEM en P/VEM vers productiegas:

N/VEM weidegas = 1,12 x N/VEM ingekuuld gras

P/VEM weidegas = 0,97 x P/VEM ingekuuld gras

N/VEM zomerstalvoeding = 1,06 x N/VEM ingekuuld gras

P/VEM zomerstalvoeding = 0,98 x P/VEM ingekuuld gras

Gehaltes in vers productiegas indien er geen aangelegde kuilen aanwezig zijn:

VEM-waarde vers productiegas = 960 VEM/kg DS

N-gehalte vers productiegas = 213/6,25 g/kg

P-gehalte vers productiegas = 4,4 g/kg DS

VEM-waarde vers natuurgras = 860 VEM/kg DS
N-gehalte vers natuurgras = 189/6,25 g/kg DS
P-gehalte vers natuurgras = 4,0 g/kg DS

Berekening hoeveelheid opname uit weidegras

melkfactor = $1 + (\text{meetmelkproductie} - 9.500 * \text{rasfactor}) / 500 \times 0,02$

Bij weiden:

kVEM-opname melkveestapel uit vers gras =
(aantal weidedagen van melkkoeien) $\times ((2 + 0,75 \times (\text{weide-uren/dag} - 2)) \times \text{melkfactor}) \times \text{aantal melkkoeien} \times \text{VEM-waarde weidegras} / 1.000$
hiervoor geldt: aantal weide-uren/dag ≤ 20

Bij zomerstalvoeding:

kVEM-opname melkveestapel uit vers gras =
kVEM-opname melkveestapel uit vers gras bij weiden $\times 0,87 =$
(aantal dagen zomerstalvoeding van melkkoeien) $\times ((2 + 0,75 \times (\text{weide-uren/dag} - 2)) \times \text{melkfactor} \times 0,87) \times \text{aantal melkkoeien} \times \text{VEM-waarde weidegras} / 1.000$

Hiervoor geldt:

- Aantal weide-uren/dag = 20 bij 'onbeperkt' vers gras op stal.
- Aantal weide-uren/dag = 9 bij 'beperkt' vers gras op stal.

Vastlegging van N en P

De vastlegging van N en P wordt voor de hele melkveestapel berekend: alle melkgevende en droogstaande koeien, plus het jongvee. Voor de berekening van de vastlegging zijn geen extra gegevens nodig. Er wordt vrijwel volledig gewerkt met forfaits met uitzondering van de N en P vastlegging in melk en de aantallen dieren (Tabellen 2.4 en 2.5).

Tabel 2.4 Uitgangspunten voor vastlegging van N en P in melkveestapel.

Gewichten van categorieën melkveestapel		Afkorting
Gewicht volwassen melkkoe*	= GEW	GEW
Gewicht kalf (kg)**	= GEW x 44/650	GEWkalf
Gewicht pink (kg)**	= GEW x 320/650	GEWpink
Gewicht vaars (kg)**	= GEW x 540/650	GEWvaars
Vastlegging in melkkoeien		
<i>Melkproductie</i>		
Stikstof (N) gehalte in de melk (g/kg)	= eiwit% in melk x 10/6,38	
Fosfor (P) gehalte in de melk (g/kg)	= fosforgehalte in melk/100	
<i>Dracht</i>		
Aantal geboren kalveren per koe per kalenderjaar	= 0,70	aantalkalf
Stikstof (N) gehalte kalf (g/kg)	= 29,4	Ngehkalf
Fosfor (P) gehalte kalf (g/kg)	= 8,0	Pgehkalf
De gehalten voor het kalf betreffen de samenstelling bij de geboorte		
<i>In groei van (melkgevende) vaarzen (vervanging)</i>		
Aandeel vervanging per melkkoe	= 0,28	Aandervang
Stikstof (N) gehalte vaars (g/kg)	= 23,1	Ngehvaars
Fosfor (P) gehalte vaars (g/kg)	= 7,4	Pgehvaars
Stikstof (N) gehalte koe (g/kg)	= 22,5	Ngehkoe
Fosfor (P) gehalte koe (g/kg)	= 7,4	Pgehkoe
Gehalten van vaarzen betreffen de samenstelling bij de eerste keer afkalven		
Vastlegging in jongvee		
<i>Jongvee jonger dan een jaar</i>		
Stikstof (N) gehalte kalf (g/kg)	= 29,4	Ngehkalf
Fosfor (P) gehalte kalf (g/kg)	= 8,0	Pgehkalf
Stikstof (N) gehalte pink (g/kg)	= 24,1	Ngehpink
Fosfor (P) gehalte pink (g/kg)	= 7,4	Pgehpink
Gehalten van pink betreffen de samenstelling op een leeftijd van 12 maanden		
<i>Jongvee ouder dan een jaar</i>		
Aantal geboren kalveren uit jongvee per kalenderjaar	= 0,79	aantalkalf1
Stikstof (N) gehalte kalf (g/kg)	= 29,4	Ngehkalf
Fosfor (P) gehalte kalf (g/kg)	= 8,0	Pgehkalf
Stikstof (N) gehalte pink (g/kg)	= 24,1	Ngehpink
Fosfor (P) gehalte pink (g/kg)	= 7,4	Pgehpink
Stikstof (N) gehalte vaars (g/kg)	= 23,1	Ngehvaars
Fosfor (P) gehalte vaars (g/kg)	= 7,4	Pgehvaars

* Het gemiddelde lichaamsgewicht van een volwassen melkkoe is afhankelijk van het ras: zie Tabel 2.1.1. Voor 'overige rassen' is dat 650 kg.

** Voor 'overige rassen' (Tabel 2.1.1) is het gemiddelde gewicht van een kalf (bij geboorte) 44 kg, van een pink (op eenjarige leeftijd) 320 kg en van een vaars (pink bij afkalven op leeftijd van circa 26 maanden) 540 kg.

Tabel 2.5 Berekening vastlegging van N en P (in kg per jaar)*.

Vastlegging in melkkoeien	
<i>Tijdens melkproductie</i>	
Nmelk	= (totaal geleverde melk x (eiwitpercentage x 10/6,38)) / 1.000
Pmelk	= (totaal geleverde melk x 0,97) / 1.000
<i>Tijdens dracht</i>	
GEWkalf	= GEW x 44/650
Nkalf	= ((GEWkalf x aantalkalf** x Ngehkalf) / 1.000) x aantal melkkoeien
Pkalf	= ((GEWkalf x aantalkalf** x Pgehkalf) / 1.000) x aantal melkkoeien
<i>In groei van (melkgevende) vaarzen (vervanging)</i>	
GEWvaars	= GEW x 540/650
Nvaars	= (GEWvaars x aandvervang x Ngehvaars**) / 1.000
Pvaars	= (GEWvaars x aandvervang x Pgehvaars**) / 1.000
Nkoe	= (GEW x aandvervang x Ngehkoe**) / 1.000
Pkoe	= (GEW x aandvervang x Pgehkoe**) / 1.000
Nvervanging	= (Nkoe - Nvaars) x aantal melkkoeien
Pvervanging	= (Pkoe - Pvaars) x aantal melkkoeien
Vastlegging in jongvee	
<i>Jonger dan 1 jaar</i>	
GEWpink	= GEW x 320/650
Nkalf1	= (GEWkalf x Ngehkalf***) / 1.000
Pkalf1	= (GEWkalf x Pgehkalf***) / 1.000
Npink	= (GEWpink x Ngehpink***) / 1.000
Ppink	= (GEWpink x Pgehpink***) / 1.000
Njv<1	= (Npink - Nkalf1) x gem. aantal stuks jongvee < 1jr x Ncorr
Pjv<1	= (Ppink - Pkalf1) x gem. aantal stuks jongvee < 1jr x Pcorr
Ncorr	= 0,971 ****
Pcorr	= 0,961 ****
<i>Ouder dan 1 jaar</i>	
Nkalf2	= (GEWkalf x aantalkalf1** x Ngehkalf***) / 1.000
Pkalf2	= (GEWkalf x aantalkalf1** x Pgehkalf***) / 1.000
Nvaars1	= (GEWvaars x Ngehvaars***) / 1.000
Pvaars1	= (GEWvaars x Pgehvaars***) / 1.000
Njv>1	= (Nkalf2 + (Nvaars1 - Npink) x 12/14) x gem. aantal stuks jongvee > 1jr.
Pjv>1	= (Pkalf2 + (Pvaars1 - Ppink) x 12/14) x gem. aantal stuks jongvee > 1jr

* In Tabel 2.1.4 staan de uitgangspunten voor de formules.

** Zie voor aantalkalf en aantalkalf1 Tabel 2.1.4; aantalkalf = gemiddeld aantal geboren kalveren per jaar bij koeien; aantalkalf1 = gemiddeld aantal geboren kalveren per jaar uit jongvee.

*** Zie voor N- en P-gehalten van koe, vaars, pink en kalf Tabel 2.1.4.

**** Deze correctiefactoren voor vastlegging zijn nodig om evenals bij de VEM-opname er rekening mee te houden dat de kalveren niet allemaal vanaf de geboorte een jaar op het bedrijf blijven. Een groot deel daarvan wordt op een leeftijd van (gemiddeld) 15 dagen afgevoerd en legt dus aanzienlijk minder N en P vast dan de dieren die een jaar op het bedrijf blijven. In analogie met de correctie voor de VEM-behoefte wordt dan ook gecorrigeerd.

2.2.16 Gasvormige N-verliezen

Een deel van de stikstofexcretie van de melkveestapel verdwijnt uit stal en opslag door vervluchtiging. Bij de berekening van de hoeveelheid te plaatsen mest moet met deze gasvormige stikstofverliezen rekening worden gehouden omdat mest-N gebruiksnormen gebaseerd zijn op hoeveelheid ná aftrek van deze gasvormige verliezen uit stal en opslag. Deze gasvormige N-verliezen worden berekend op basis van de BEA-module binnen de KringloopWijzer (hoofdstuk 3).

2.2.17 Mestproductie door overige graasdieren

De hoeveelheden geproduceerde mest-N en mest-P₂O₅ door de overige graasdieren zijn in de KringloopWijzer gebaseerd op forfaits (Tabel 2.6), waarbij voor de mest-N onderscheid wordt gemaakt tussen gangbare en biologische melkveehouderijsystemen. Deze forfaits gaan uit van netto-excreties waarvan de gasvormige N-verliezen al zijn afgetrokken. Ook voor deze excreties geldt dat zij in de KringloopWijzer eerst worden omgezet naar bruto-excreties om het N-bodemoverschot te berekenen onder aftrek van de met de BEA-module berekende gasvormige N-verliezen.

Tabel 2.6 Netto-excretie in de vorm van mest-N en mest-P₂O₅ per gemiddeld aanwezig dier voor 'overige graasdieren' (bron: RVO).

Diercategorie	Excretie	Excretie	Excretie	Excretie	Excretie
	drijfmest	vaste mest	mest	biologisch	biologisch
	N	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅
Fokstieren > 1 jaar (cat. 104)	64,4	51,2	25,9	51	25,9
Weide- en zoogkoeien (cat. 120)	75,4	75,3	26,9	66,2	26,9
Startkalveren, rosé- of roodvlees (cat. 115)	10,5	10,5	3,4	6,6	3,4
Rosékalveren, 3 mnd - slacht (cat. 116)	26,3	26,3	9,4	26,3	9,4
Rosékalveren, 2 wkn - slacht (cat. 117)	21,5	21,5	7,6	23,4	7,6
Roodvleesstieren, 3 mnd - slacht (cat. 122)	28,2	25,6	9,7	27,2	9,7
Fokschapen (cat. 550)	9,9	9,9	3,3	9,9	3,3
Vleeschapen, < 4 mnd (cat. 551)	0,9	0,9	0,3	0,9	0,3
Overige schapen, > 4 mnd (cat. 552)	7,2	7,2	2,2	7,2	2,2
Melkgeiten (cat. 600)	9,4	9,4	4,7	8,9	4,4
Opfok- en vleesgeiten, < 4 mnd (cat. 601)	0,6	0,6	0,3	0,6	0,3
Opfok- en vleesgeiten, > 4 mnd (cat. 602)	4,7	4,7	2,6	4,7	2,6
Pony's (cat. 941)	27,3	27,3	13,0	27,3	13,0
Paarden (cat. 943)	58,8	58,8	28,6	58,8	28,6

2.2.18 Mestproductie door 'staldieren'

Omdat de KringloopWijzer bij de berekening van enkele kengetallen rekening houdt met de aanwezigheid van een eventuele neventak 'staldieren', zijn gegevens nodig van de bijdrage van deze 'staldieren' aan de productie, de afvoer en het eventuele gebruik van N en P in dierlijke mest van de staldieren. Deze worden niet berekend door het opvragen van gegevens in de KringloopWijzer van de hoeveelheden en samenstelling van aangekocht voer en uitgangsmateriaal en de hoeveelheden en samenstelling van de afgevoerde dieren en/of producten, maar door het direct opvragen van gegevens uit de netto stalbalans(en) die in andere kaders beschikbaar zijn. De hoeveelheden geproduceerde mest-N door 'staldieren' gaan uit van netto-excreties waarvan de gasvormige verliezen al zijn afgetrokken. Ook voor deze excreties geldt dat zij in de KringloopWijzer eerst worden omgezet naar bruto-excreties om het N-bodemoverschot te berekenen onder aftrek van de met de BEA-module berekende gasvormige N-verliezen. Het milieubelastende deel van de emissies (ammoniak-N, lachgas-N, methaan) door 'staldieren' wordt toegevoegd aan de emissie van de rest van het bedrijf. Dat geldt voor de methaan-emissies zowel voor de methaan uit de stallen en mestopslagen als voor de methaan die bij de spijsvertering vrijkomt. Genoemde emissies worden bepaald op basis van coëfficiënten en gehouden dieraantallen (Mosquera & Hol, 2012; Anonymus, 2015b).

De berekening van de productie van mest-N en -P door 'staldieren' verloopt op basis van de volgende opgevraagde informatie:

- Totale netto stalbalansen stikstof en fosfaat (Bemestingsplan)
- Gemiddeld aantal aanwezige dieren (gad)
- Soort mest (drijfmest of vaste mest)
- Huisvestingsstelsel (RAV-stal)
- De totale hoeveelheden stikstof en fosfaat uit de netto stalbalans worden verdeeld over de verschillende diergroepen via een gewogen gemiddelde aan normatieve stikstof- en fosfaatproducties berekend met de mestproducties en mestgehalten uit Tabel 2.7:

- Normatieve productie stikstof = gad * mestproductie per gad * N-gehalte mest
- Normatieve productie fosfaat = gad * mestproductie per gad * P₂O₅-gehalte mest
- De hoeveelheid mest in tonnen die geproduceerd wordt kan berekend worden met Tabel 2.7:
 - Normatieve mestproductie = gad * mestproductie per gad
- In de KringloopWijzer worden twee soorten 'stalmest' onderscheiden: drijfmest en vaste mest. Bij de invoer dient daarom te worden aangegeven of de betreffende diercategorie drijfmest of vaste mest produceert. De totale productie aan stikstof en fosfaat in drijfmest en vaste mest kan worden bepaald door de over de staldieren verdeelde netto stalbalansen op te tellen.
- Het gehalte wordt tenslotte bepaald door de hoeveelheden stikstof en fosfaat te delen door de geproduceerde hoeveelheden mest.

Tabel 2.7 Normatieve netto mestproducties en mestgehalten voor verschillende soorten staldieren en huisvestingsystemen.

Diersoort	Rav-code stal	Mestproductie drijfmest(ton per gad) (kg/gad)	Mestproductie vaste mest (kg/gad)	Stikstof gehalte drijfmest (kg N / ton)	Stikstof gehalte vaste mest (kg N / ton)	Fosfaat gehalte drijfmest (P ₂ O ₅ / ton)	Fosfaat gehalte vaste mest (kg P ₂ O ₅ / ton)
Leghennen	E 2.5.6	43,7	14,56	16,6	50,1	6,0	18,8
	E 2.7	43,7	15,6	9,3	26,3	6,0	24,2
	E 2.8	43,7	15,6	15,0	42,3	6,0	24,2
	E 2.9.1	43,7	15,6	14,7	41,5	6,0	24,2
	E 2.9.2	43,7	15,6	14,2	40,1	6,0	24,2
	E 2.9.3	43,7	15,6	14,2	40,1	6,0	24,2
	E 2.10	43,7	15,6	16,6	46,6	6,0	24,2
	E 2.11.1	43,7	18,72	15,4	36,2	6,0	24,2
	E 2.11.2	43,7	18,72	16,1	37,8	6,0	24,2
	E 2.11.3	43,7	18,72	16,7	39,2	6,0	24,2
	E 2.11.4	43,7	18,72	16,5	38,6	6,0	24,2
	E 2.12.1	43,7	15,6	15,9	44,6	6,0	24,2
	E 2.12.2	43,7	15,6	15,1	42,6	6,0	24,2
	E 2.13	43,7	15,6	15,3	43,2	6,0	24,2
	E 2.14	43,7	15,6	15,3	43,2	6,0	24,2
	E 2.15	43,7	15,6	15,3	43,2	6,0	24,2
	E 2.16	43,7	15,6	15,3	43,2	6,0	24,2
	E 2.100	43,7	15,6	11,0	31,1	6,0	24,2
Vleeskuikens	E 5.1	19,2	11,4	21,4	36,2	6,0	16,6
	E 5.2	19,2	11,4	21,0	35,5	6,0	16,6
	E 5.3	19,2	11,4	21,4	36,2	6,0	16,6
	E 5.4	19,2	11,4	21,3	36,0	6,0	16,6
	E 5.5	19,2	11,4	19,6	33,2	6,0	16,6
	E 5.6	19,2	11,4	20,0	33,9	6,0	16,6
	E 5.7	19,2	11,4	20,6	34,8	6,0	16,6
	E 5.8	19,2	11,4	20,7	35,1	6,0	16,6
	E 5.9.1.2.2	19,2	11,4	20,2	34,1	6,0	16,6
	E 5.9.1.2.4	19,2	11,4	20,0	33,9	6,0	16,6
	E 5.10	19,2	11,4	19,8	33,5	6,0	16,6
	E 5.11	19,2	11,4	20,5	34,7	6,0	16,6
	E 5.12	19,2	11,4	20,6	34,8	6,0	16,6
	E 5.13	19,2	11,4	20,6	34,8	6,0	16,6
	E 5.14	19,2	11,4	19,8	33,5	6,0	16,6
	E 5.15	19,2	11,4	21,0	35,5	6,0	16,6
	E 5.16	19,2	11,4	20,6	34,8	6,0	16,6
	E 5.100	19,2	11,4	18,1	30,6	6,0	16,6
Kraamzeugen	D 1.2.1	5000	3200	4,4	6,9	2,5	13,6
	D 1.2.2	5000	3200	4,4	6,7	2,5	13,6
	D 1.2.3	5000	3200	4,3	6,7	2,5	13,6

Diersoort	Rav-code stal	Mestproductie drijfmest(ton per gad) (kg/gad)	Mestproductie vaste mest (kg/gad)	Stikstof gehalte drijfmest (kg N / ton)	Stikstof gehalte vaste mest (kg N / ton)	Fosfaat gehalte drijfmest (P ₂ O ₅ / ton)	Fosfaat gehalte vaste mest (kg P ₂ O ₅ / ton)
	D 1.2.4	5000	3200	4,5	6,9	2,5	13,6
	D 1.2.5	5000	3200	4,5	6,9	2,5	13,6
	D 1.2.6	5000	3200	4,3	6,7	2,5	13,6
	D 1.2.7	5000	3200	4,1	6,4	2,5	13,6
	D 1.2.8	5000	3200	4,5	6,9	2,5	13,6
	D 1.2.9	5000	3200	4,6	7,1	2,5	13,6
	D 1.2.10	5000	3200	4,6	7,1	2,5	13,6
	D 1.2.11	5000	3200	4,6	7,1	2,5	13,6
	D 1.2.12	5000	3200	4,6	7,1	2,5	13,6
	D 1.2.13	5000	3200	4,5	7,0	2,5	13,6
	D 1.2.14	5000	3200	4,5	7,0	2,5	13,6
	D 1.2.15	5000	3200	5,0	7,7	2,5	13,6
	D 1.2.16	5000	3200	4,5	7,0	2,5	13,6
	D 1.2.17.1	5000	3200	4,8	7,4	2,5	13,6
	D 1.2.17.2	5000	3200	4,6	7,1	2,5	13,6
	D 1.2.17.3	5000	3200	4,8	7,4	2,5	13,6
	D 1.2.17.4	5000	3200	4,8	7,4	2,5	13,6
	D 1.2.17.5	5000	3200	4,8	7,4	2,5	13,6
	D 1.2.17.6	5000	3200	4,9	7,6	2,5	13,6
	D 1.2.18	5000	3200	4,8	7,4	2,5	13,6
	D 1.2.19	5000	3200	4,9	7,6	2,5	13,6
	D 1.2.20	5000	3200	4,8	7,4	2,5	13,6
	D 1.2.21	5000	3200	4,6	7,1	2,5	13,6
	D 4.1	5000	3200	4,0	6,1	2,5	13,6
	D 1.2.100	5000	3200	3,5	5,4	2,5	13,6
Overige zeugen	D 1.3.1	2800	1792	5,8	8,9	2,5	13,6
	D 1.3.2	2800	1792	6,0	9,2	2,5	13,6
	D 1.3.3	2800	1792	5,8	8,9	2,5	13,6
	D 1.3.4	2800	1792	6,0	9,2	2,5	13,6
	D 1.3.5	2800	1792	5,9	9,0	2,5	13,6
	D 1.3.6	2800	1792	6,1	9,5	2,5	13,6
	D 1.3.7	2800	1792	6,1	9,5	2,5	13,6
	D 1.3.8	2800	1792	5,9	9,0	2,5	13,6
	D 1.3.9.1	2800	1792	5,8	9,0	2,5	13,6
	D 1.3.9.2	2800	1792	5,8	8,9	2,5	13,6
	D 1.3.10	2800	1792	5,7	8,8	2,5	13,6
	D 1.3.11	2800	1792	6,5	10,0	2,5	13,6
	D 1.3.12.1	2800	1792	6,3	9,8	2,5	13,6
	D 1.3.12.2	2800	1792	6,1	9,5	2,5	13,6
	D 1.3.12.3	2800	1792	6,3	9,8	2,5	13,6
	D 1.3.12.4	2800	1792	6,3	9,8	2,5	13,6
	D 1.3.12.5	2800	1792	6,3	9,8	2,5	13,6
	D 1.3.12.6	2800	1792	6,4	9,9	2,5	13,6
	D 1.3.13	2800	1792	6,3	9,8	2,5	13,6
	D 1.3.14	2800	1792	6,4	9,9	2,5	13,6
	D 1.3.15	2800	1792	5,9	9,0	2,5	13,6
	D 1.3.16	2800	1792	6,1	9,4	2,5	13,6
	D 1.3.17	2800	1792	6,1	9,5	2,5	13,6
D 4.1	2800	1792	5,6	8,7	2,5	13,6	
D 1.3.100	2800	1792	5,2	8,1	2,5	13,6	
Gesp. biggen	D 1.1.1	535	343	3,7	5,7	3,9	13,6
	D 1.1.2	535	343	3,6	5,6	3,9	13,6
	D 1.1.3	535	343	3,8	5,8	3,9	13,6
	D 1.1.4.1	535	343	3,6	5,5	3,9	13,6

Diersoort	Rav-code stal	Mestproductie drijfmest(ton per gad) (kg/gad)	Mestproductie vaste mest (kg/gad)	Stikstof gehalte drijfmest (kg N / ton)	Stikstof gehalte vaste mest (kg N / ton)	Fosfaat gehalte drijfmest (P ₂ O ₅ / ton)	Fosfaat gehalte vaste mest (kg P ₂ O ₅ / ton)
	D 1.1.4.2	535	343	3,5	5,3	3,9	13,6
	D 1.1.5	535	343	3,4	5,2	3,9	13,6
	D 1.1.6	535	343	3,7	5,7	3,9	13,6
	D 1.1.7	535	343	3,6	5,5	3,9	13,6
	D 1.1.8	535	343	3,6	5,6	3,9	13,6
	D 1.1.9	535	343	3,7	5,6	3,9	13,6
	D 1.1.10	535	343	3,7	5,6	3,9	13,6
	D 1.1.11	535	343	3,7	5,7	3,9	13,6
	D 1.1.12.1	535	343	3,7	5,7	3,9	13,6
	D 1.1.12.2	535	343	3,7	5,7	3,9	13,6
	D 1.1.12.3	535	343	3,7	5,6	3,9	13,6
	D 1.1.13	535	343	3,7	5,7	3,9	13,6
	D 1.1.14	535	343	3,7	5,7	3,9	13,6
	D 1.1.15.1	535	343	4,0	6,1	3,9	13,6
	D 1.1.15.2	535	343	3,8	5,9	3,9	13,6
	D 1.1.15.3	535	343	3,7	5,6	3,9	13,6
	D 1.1.15.4	535	343	3,8	5,9	3,9	13,6
	D 1.1.15.5	535	343	3,8	5,9	3,9	13,6
	D 1.1.15.6	535	343	3,8	5,9	3,9	13,6
	D 1.1.16	535	343	3,9	6,0	3,9	13,6
	D 1.1.17	535	343	3,8	5,9	3,9	13,6
	D 1.1.18	535	343	3,9	6,0	3,9	13,6
	D 1.1.19	535	343	3,9	6,0	3,9	13,6
	D 4.1	535	343	3,7	5,6	3,9	13,6
	D 1.1.100	535	343	3,2	4,9	3,9	13,6
Vleesvarkens	D 3.1	1337	974	5,6	7,6	3,9	13,6
	D 3.2.1	1337	974	5,6	7,6	3,9	13,6
	D 3.2.2	1337	974	7,5	10,1	3,9	13,6
	D 3.2.3	1337	974	7,4	10,0	3,9	13,6
	D 3.2.4	1337	974	7,8	10,6	3,9	13,6
	D 3.2.5	1337	974	7,6	10,4	3,9	13,6
	D 3.2.6	1337	974	7,5	10,2	3,9	13,6
	D 3.2.7.1	1337	974	7,8	10,6	3,9	13,6
	D 3.2.7.2	1337	974	7,6	10,3	3,9	13,6
	D 3.2.8	1337	974	7,9	10,7	3,9	13,6
	D 3.2.9	1337	974	7,9	10,7	3,9	13,6
	D 3.2.10	1337	974	7,6	10,3	3,9	13,6
	D 3.2.11	1337	974	7,4	10,0	3,9	13,6
	D 3.2.12	1337	974	7,7	10,5	3,9	13,6
	D 3.2.13	1337	974	7,4	10,0	3,9	13,6
	D 3.2.14	1337	974	8,4	11,4	3,9	13,6
	D 3.2.15.1	1337	974	8,2	11,1	3,9	13,6
	D 3.2.15.2	1337	974	7,9	10,7	3,9	13,6
	D 3.2.15.3	1337	974	8,2	11,1	3,9	13,6
	D 3.2.15.4	1337	974	8,2	11,1	3,9	13,6
	D 3.2.15.5	1337	974	8,2	11,1	3,9	13,6
	D 3.2.15.6	1337	974	8,3	11,2	3,9	13,6
	D 3.2.16	1337	974	7,8	10,5	3,9	13,6
	D 3.2.17	1337	974	8,2	11,1	3,9	13,6
	D 3.2.18	1337	974	8,3	11,2	3,9	13,6
	D 3.2.19	1337	974	8,0	10,8	3,9	13,6
	D 3.2.20	1337	974	7,9	10,7	3,9	13,6
	D 4.1	1337	974	7,1	9,6	3,9	13,6
	D 3.100	1337	974	6,6	8,9	3,9	13,6

Diersoort	Rav-code stal	Mestproductie drijfmest(ton per gad) (kg/gad)	Mestproductie vaste mest (kg/gad)	Stikstof gehalte drijfmest (kg N / ton)	Stikstof gehalte vaste mest (kg N / ton)	Fosfaat gehalte drijfmest (P ₂ O ₅ / ton)	Fosfaat gehalte vaste mest (kg P ₂ O ₅ / ton)
Witvees- kalveren	A 4.1	2743	2469	5,0	5,5	1,4	4,3
	A 4.2	2743	2469	4,7	5,2	1,4	4,3
	A 4.3	2743	2469	4,7	5,2	1,4	4,3
	A 4.4	2743	2469	5,0	5,5	1,4	4,3
	A 4.5.1	2743	2469	4,9	5,4	1,4	4,3
	A 4.5.2	2743	2469	4,7	5,2	1,4	4,3
	A 4.5.3	2743	2469	4,9	5,4	1,4	4,3
	A 4.5.4	2743	2469	4,9	5,4	1,4	4,3
	A 4.5.5	2743	2469	4,9	5,4	1,4	4,3
	A 4.5.6	2743	2469	5,0	5,5	1,4	4,3
	A 4.6	2743	2469	4,9	5,4	1,4	4,3
	A 4.7	2743	2469	4,3	4,7	1,4	4,3
	A 4.8	2743	2469	4,5	4,9	1,4	4,3
	A 4.100	2743	2469	4,0	4,3	1,4	4,3

2.3 Mestscheiding

Bij scheiding van de mest van graas- en staldieren in een dunne en een dikke fractie, worden ter berekening van de samenstelling de uitgangspunten en principes gehanteerd volgens Schröder *et al.* (2009) en Den Boer *et al.* (2012). Daarbij wordt aangenomen dat organisch gebonden N (Norg) en fosfor (P) met organische stof geassocieerd zijn en ammonium-N (NH₄-N, Nmin) met water. Het 'scheidingsrendement' bepaalt in welke mate een element in de ingaande mest uiteindelijk in de dikke fractie terecht komt. Uitgaande van dit principe bestaat het scheidingsrendement uit twee kengetallen:

1. Percentage van droge stof (DS) dat naar de dikke fractie gaat.
2. Het DS-gehalte in de dikke fractie (kg/ton).

Het scheidingsrendement van P varieert bij eenvoudige methoden van 30 tot 60% (Schröder *et al.*, 2009). Een scheidingsrendement van P van 60% betekent dat 60% van de P (als verondersteld onderdeel van de DS) naar de dikke fractie gaat en dat 40% achterblijft in de dunne fractie (kengetal 1). De dikke fractie bevat doorgaans niet meer dan 200-350 kg DS/ton (kengetal 2).

De verhouding N/P in de eigen mest op het bedrijf (graasdierenmest) wordt bepaald op basis van de N/P verhouding in de netto excretie volgens de BEX, dat wil zeggen na aftrek van de gasvormige verliezen. De hoeveelheid en samenstelling van de (eigen) mest op het bedrijf (volume en gehalten aan DS, Norg, Nmin, P) wordt vervolgens afgeleid op basis van de TAN-excretie (BEA), gecorrigeerd voor de hoeveelheid afgevoerde mest in termen van N en P, gecombineerd met forfaitaire volumeproductie per mestsoort (drijfmest en vaste mest (<http://www.rvo.nl/onderwerpen/agrarisch-ondernemen/mest-en-grond/mest/tabellen-en-publicaties/tabellen-en-normen>; RVO-Tabel 6). Deze berekende samenstelling is vervolgens de basis voor de ingaande mest bij mestscheiding. Op basis van de twee kengetallen kan vervolgens een schatting gemaakt worden van de gehalten aan TAN, organische N (N-totaal – TAN) en P in de geproduceerde dunne en dikke fracties. De verhouding N/P in staldierenmest wordt gebaseerd op de netto stalbalans (zie paragraaf 2.1.4).

In de praktijk blijkt het lastig om het scheidingsrendement (kengetal 1) goed in te vullen op basis van de informatie die aanwezig is. Bij mestscheiding zijn dat vaak analyseresultaten van de dikke fractie (afleverbonnen). Daarom is er een alternatief voor invoer van mestscheiding door het opvragen van gegevens over de dikke fractie. Dit zijn:

1. Hoeveelheid afgevoerde dikke fractie (ton).
2. N-gehalte dikke fractie (kg/ton).
3. P₂O₅-gehalte dikke fractie (kg/ton).

Met bovenstaande gegevens kan herleid worden wat het scheidingsrendement is geweest maar alleen als de hoeveelheden geproduceerde N en P in mest bekend zijn.

Standaard zijn de N- en P₂O₅-gehalten van de ingaande drijfmest bepaald zoals hierboven is beschreven. In de praktijk is de drijfmest die gescheiden wordt niet altijd de gemiddelde mest die aanwezig is op het bedrijf, soms juist mest uit een bepaalde mestput of van een bepaalde diergroep. Ook is de ingaande mest soms gemeten. Daarom is er de mogelijkheid om van de ingaande drijfmest de gehalten op te geven. De gehalten in de achtergebleven (niet gescheiden) drijfmest veranderen hierdoor.

Bij het scheidingsproces treden nog extra gasvormige N-verliezen op. Deze verliezen worden berekend op basis van de BEA-module binnen de KringloopWijzer (hoofdstuk 3).

2.4 Mest vergisten

Bij het vergisten van mest wordt een deel van de organische stof omgezet in energie (methaangas en koolstofdioxide). Vergiste mest bevat meer minerale stikstof, minder organisch gebonden stikstof en minder koolstof.

Mestvergisting heeft invloed op:

1. Energie: productie en gebruik (zie hoofdstuk 6).
2. Gasvormige emissie tijdens opslag van mest en toediening van mest (zie hoofdstuk3).
3. Emissie van methaan uit mest (zie hoofdstuk 6).
4. Aanvoer van effectieve organische stof (zie hoofdstuk 6).

Voor mestvergisting wordt gevraagd naar de volgende gegevens:

1. Hoeveelheid mest die de vergister ingaat (ton).
2. Aanvoer van co-substraten (hoeveelheid in ton, kg N en kg P₂O₅).

2.5 Luchtwassers

Een aantal RAV-stallen maakt gebruik van luchtwassers (chemisch, biologisch, combi) of biofilter en vangt een groot deel van de stikstof uit de NH₃-emissie op in het waswater. Dit waswater wordt in de KLW bij uitrijden behandeld als spuiwater.

2.6 Kanttekeningen bij BEX en de mestproductie van overige graasdieren en 'staldieren'

Constante invoer parameters BEX

Invoerparameters voor BEX die in de praktijk nauwelijks te bepalen zijn, zijn binnen de rekenmethodiek van de BEX als constante ingevoerd (een gemiddelde waarde voor Nederland). Het gezamenlijke effect van alle constante invoerparameters is medebepalend voor de nauwkeurigheid van de berekening in BEX. In een wetenschappelijke toets door de Commissie van Deskundigen Meststoffenwet (CDM) is vastgesteld dat de BEX voldoende nauwkeurig is om voor beleidsdoeleinden te worden gebruikt (Šebek, 2008). Dat betekent dat de nu ingestelde waarden voor de constante invoerparameters gezamenlijk resulteren in een goede schatting van de N- en P-excretie. Aanpassing van afzonderlijke constante parameters zonder rekening te houden met onderlinge samenhang zal de nauwkeurigheid van BEX beïnvloeden.

Zo is er, bijvoorbeeld, discussie over de in BEX constant veronderstelde VEM-dekking (102% van de behoefte). In de KringloopWijzer wordt een VEM-dekkingspercentage van 102% gehanteerd waardoor uniformiteit met andere wet- en regelgeving ('Handreiking') wordt gewaarborgd. Echter, in proeven wordt VEM-dekking in een brede range waargenomen (grotweg tussen de 98% en 108%) en bij massale ziekte (b.v. veel mastitis) of slecht verteerbare rantsoenen zelfs boven de 110%. In de

praktijk leeft de veronderstelling dat een VEM-dekking van 105% beter aansluit bij de werkelijkheid (zeker bij maïsrantsoenen), maar het vaststellen van de VEM-dekking is in de praktijk zelden mogelijk. Vanwege verknoppingen met andere aannames kan een eventuele wijziging van de veronderstelde VEM-dekking alleen plaatsvinden als dat samengaat met consistentie-checks op andere constanten. Voorbeelden van dergelijke constanten staan in onderstaande lijst:

Lijst constante invoer parameters in BEX

1. Gemiddelde VEM-dekking veestapel (102%).
2. Percentage droogstaande dieren (op jaarbasis) in de veestapel teruggerekend naar kalenderjaar is t 315 dagen lactatie en 50 dagen droogstand (CRV, 2015; -, 2016; -, 2017)).
3. Levend gewicht volwassen koe (Jersey, Kruising Jersey en Overig respectievelijk 400, 525, 650 kg).
4. VEM-behoefte jongvee jonger en ouder dan 1 jaar (zie paragraaf 2.1.2.10).
5. Extra behoefte aan energie (VEM) voor beweging en groei (zie Tabel 2.1.2).
6. Gewicht, N en P gehalte in dieren (foetus + adnexa, kalf, pink, vaars, koe ; zie Tabel 2.1.4). Met deze aangenomen gewichten en gehalten wordt de vastlegging van N en P in de veestapel berekend.
7. Percentage vervanging melkveestapel (28%) om leeftijdsopbouw veestapel en vastlegging in groei 1^e en 2^e kalfskoeien te kunnen berekenen.
8. Het aantal geboren kalveren per koe per kalender jaar (=0,70) om de vastlegging in foetus + adnexa bij melkvee te kunnen berekenen.
9. Het aantal geboren kalveren per pink per kalender jaar (=0,79) om de vastlegging in foetus + adnexa bij jongvee te kunnen berekenen.
10. P gehalte in melk = 0,97 g/kg melk. Binnen K&K is een variatie vastgesteld van ongeveer 0,86 tot 1,12 g P/kg melk. Dit forfait wordt alleen gebruikt indien het P-gehalte niet door een gecertificeerde instelling is gemeten.
11. VEM-waarde weidegras van productiegroenland = 960 VEM/kg DS.
12. VEM-waarde weidegras van natuurland = 860 VEM/kg DS.

Opmerkingen

- Voor kuilen die bestaan uit verschillende voeders (mengkuilen) is geen goede vaststelling van de gemiddelde samenstelling (VEM, N en P gehalte) mogelijk. Bedrijven met dergelijke kuilen kunnen niet deelnemen aan de BEX. Er worden drie uitzonderingen gemaakt. Deze gelden als:
 - Het gemengde ruwvoerkuilen betreft van het eigen bedrijf of als één van de producten aangekochte snijmaïs is, mits van de afzonderlijke kuilen en de aangekochte snijmaïs de voederwaardeanalyse en hoeveelheid bepaald zijn. Ook moeten inkuilverliezen door overkuilen worden ingerekend.
 - 90% van de DS in de kuil uit eenzelfde ruwvoeder bestaat en het overige uit niet terug te vinden aangekocht (vochtrijke) ruwvoerders bestaat.
 - 80% van de DS in de kuil uit eenzelfde ruwvoeder bestaat en het overige uit een wel terug te vinden aangekocht (vochtrijke) ruwvoeder bestaat.
- Op bedrijven die mestscheiding in hoge mate toepassen, bestaat de mogelijkheid dat het volgens de KringloopWijzer opgegeven volume aan mest niet beschikbaar is. Het mestvolume op een bedrijf is namelijk moeilijk te bepalen en daardoor kan het berekende mestvolume afwijken van wat werkelijk op een bedrijf aanwezig is. Toevoegingen in de vorm van spoelwater en regenwater spelen hierbij een rol. Het specifieker maken van verschillende meststromen en -soorten maakt het lastiger om de mestbalans sluitend te krijgen (in volume en gehalten), zonder dat daarbij niet-plausibele uitkomsten zichtbaar worden. Om die reden heeft het de voorkeur om de omvang van de mestscheiding op het bedrijf als een percentage van de totale mestproductie op stal op te vragen.
- Niet alleen bij het scheiden van mest kunnen in de berekening problemen ontstaan, maar ook bij de 'bestemming' van de verschillende mestsoorten (aan- en afvoer, voorraden, toediening). Een nauwkeurige invoer/administratie is hierbij een vereiste. Maar ondanks een goede invoer kan het toch tot situaties leiden waarbij de uitkomst van het rekenmodel teveel afwijkt van realisaties in de praktijk. Zo kan de werkelijke afvoer van mest afwijken van de uitkomst van het rekenmodel. Vooral bij boer-boer afvoer waarbij hoofdzakelijk forfaitaire gehalten gebruikt worden, wordt in werkelijkheid soms minder mest afgevoerd dan op papier berekend is. Andersom geldt dat als de werkelijke gehalten groter zijn dan de forfaits, minder mest op het bedrijf resteert dan berekend.

Ook de invoer van mestvoorraden vormen vaak een 'zwakke schakel'. Dit kan leiden tot onverwachte uitkomsten van het rekenmodel.

Voor wat betreft de mestproductie door 'staldieren' moet nog het volgende worden opgemerkt. Omdat vleesvarkens, zeugen, leghennen, vleeskuikens en witvleeskalveren het meest voorkomend zijn als intensieve neventak op melkveebedrijven, zijn alleen deze uitgewerkt als intensieve neventakken. Maar hiermee zijn nog niet alle neventakken met 'staldieren' gedekt door de KringloopWijzer. Voor een meer volledige KringloopWijzer, zouden meer soorten staldieren meegenomen moeten worden. Dit geldt bijvoorbeeld voor andere typen varkens dan vleesvarkens en fokzeugen.

Om de invoerbehoefte van de KringloopWijzer beperkt te houden, wordt de (netto) mestproductie van de staldieren (in N en P₂O₅) opgevraagd, samen met de afvoer van staldierenmest en het voorraadsaldo van staldierenmest. Al deze parameters komen uit de stalbalans en het (wettelijke) Bemestingsplan. Op deze manier worden de juiste hoeveelheden stikstof en fosfaat in de kringloop gebracht, met een beperkt aantal invoerparameters. Aanvoer van stikstof en fosfaat met voer en dieren én afvoer van stikstof en fosfaat met dieren zijn op deze manier niet nodig. Dit brengt echter wel met zich mee dat de benutting van stikstof en fosfaat door dieren van de intensieve tak, en als gevolg daarvan die van dit soort bedrijven als geheel, door de KringloopWijzer niet berekend kunnen worden.

3 BEA

3.1 Inleiding

De BEA is een rekentool om de 'Bedrijfsspecifieke Emissie van Ammoniak' op een landbouwbedrijf te berekenen. De berekende verliezen hebben betrekking op de ammoniak-N ($\text{NH}_3\text{-N}$) die vrijkomt uit stallen, uit mestopslagen, uit mest en urine die tijdens beweiding worden uitgescheiden, uit machinaal uitgereden dierlijke (drijf)mest op grasland en bouwland (akkerbouwmatige ruwvoerteelten zoals snijmaïs en af te voeren akkerbouwgewassen) en uit sommige vormen van kunstmest. Daarnaast komen nog enkele andere NH_3 emissiebronnen voor (staande, beweidde en geogoste gewassen) die ook in dit onderdeel van de KringloopWijzer-rekenregels worden besproken.

Naast de NH_3 -verliezen berekent de BEA ook de andere gasvormige N-verliezen (N_2 , N_2O en NO_x). De onderliggende rekenregels hiervoor komen aan de orde bij de BEN (hoofdstuk 4). Bij de berekening van het TAN-gehalte in de mest wordt rekening gehouden met deze verliezen.

Voor de berekening van de NH_3 emissie wordt in de BEA aangesloten bij het Nationaal Emissie Model voor Ammoniak (NEMA, Van Bruggen *et al.*, 2021). Deze methodiek inventariseert, de weg die de N in mest aflegt, te weten achtereenvolgens: uitscheiding door de veestapel, huisvesting (stalvloer en mestopslag onder de stal), opslag buiten de stal en mestaanwending. Hierbij speelt het aandeel ammoniakale stikstof in de totale hoeveelheid stikstof (% TAN) een belangrijke rol.

Bij iedere stap wordt via emissiefactoren (EF) berekend hoeveel TAN als ammoniak ($\text{NH}_3\text{-N}$) en overige gasvormige N-verbindingen vervluchtigt. De EF's zijn gebaseerd op de resultaten van wetenschappelijk onderzoek en beschreven door Van Bruggen *et al.* (2021) en sluiten waar mogelijk aan bij bestaande Nederlandse wet- en regelgeving. Zo zijn de EF's voor de stal (vloer en opslag) gebaseerd op de NH_3 emissie metingen die ten grondslag liggen aan de Regeling ammoniak en Veehouderij (RAV, http://wetten.overheid.nl/BWBR0013629/geldigheidsdatum_09-12-2013). Daarmee sluit ook de BEA in principe aan bij de RAV. Daarbij verschillen wel de wijze waarop de verliezen worden berekend en uitgedrukt. De RAV gaat uit van de relatie tussen de emissie van ammoniak en de concentratie van ammonium in mest en urine. NEMA en BEA gaan echter uit van de relatie tussen emissie van ammoniak en de hoeveelheid uitgescheiden TAN. De RAV drukt de emissie uit in kg ammoniak per dierplaats per jaar, terwijl BEA de emissie uitdrukt in kg ammoniak per bedrijf.

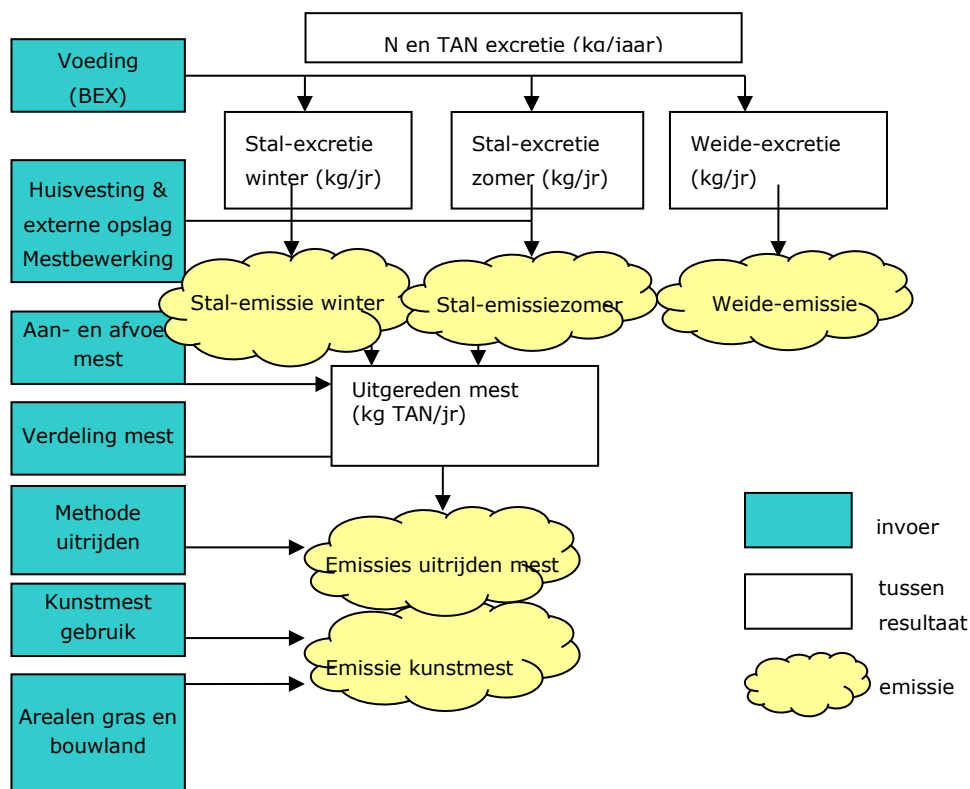
Voor de berekening van de uitgescheiden N en TAN (de bron van ammoniakemissie) door het melkvee maakt de BEA gebruik van de BEX. Er zijn echter extra rekenregels in de BEA en die hebben betrekking op de omrekening van N-excretie (=output BEX) naar TAN-excretie. Het betreft een relatief kleine aanvulling op de BEX en die aanvulling wordt in paragraaf 3.2 beschreven.

3.2 Berekeningswijze

3.2.1 Algemeen

De N en TAN excretie (de emissiebron) is afhankelijk van de samenstelling, productie en voeding van de veestapel en de vervluchtiging van die TAN (ammoniakverliezen en overige gasvormige N-verliezen) is, voor wat betreft de emissie uit de huisvesting, afhankelijk van de inrichting van stallen en mestopslag in de stal. Ten aanzien van de melkveestapel wordt met deze factoren in de KringloopWijzer rekening gehouden. Ten aanzien van de emissie vanuit de huisvesting van 'overige graasdieren' en 'staldieren' gaat de KringloopWijzer echter van forfaitaire rantsoen-onafhankelijke waarden per dierplaats uit (zie paragraaf 3.2.2.2 en 3.2.2.3). Een deel van de mest wordt opgeslagen in een mestopslag buiten de stal (externe mestopslag) van waaruit ook nog ammoniakverliezen plaatsvinden. Ammoniakemissie vindt ook plaats bij toediening van mest. Dit onderdeel van de emissie is afhankelijk van het grondgebruik en van de manier waarop dierlijke mest wordt uitgereden.

Daarnaast speelt ook de keuze van de kunstmestsoort een rol. De rekenprocedure voor de BEA voor wat betreft gespecialiseerde melkveebedrijven is in Figuur 3.1 schematisch weergegeven.



Figuur 3.1 Schematische weergave van de berekening van de ammoniakemissies (kg NH₃ per jaar) van een melkveebedrijf.

De BEA heeft informatie nodig over:

Voor wat betreft 'melkvee' (melkkoeien en bijbehorend jongvee)

- Aandeel drijfmest bij koeien, pinken en kalveren.
- De hoeveelheid N en TAN die door de veestapel wordt geproduceerd (TAN-excretie in kg/jaar).
- De verdeling van de N en TAN-excretie (kg/jaar) over de stalperiode (in de zomer en in de winter) en de weideperiode.
- De hoeveelheid minerale N (kg/jaar) die gevormd wordt door mineralisatie in de stalopslag (drijfmest).
- De hoeveelheid organische N (kg/jaar) die gevormd wordt door immobilisatie in de stalopslag (vaste mest).
- De hoeveelheid TAN (kg/jaar) die met mest wordt af- dan wel aangevoerd.
- De hoeveelheid drijfmest die wordt bewerkt

Voor wat betreft 'overige graasdieren'

- De aantallen gemiddeld aanwezige dieren per diercategorie.
- Het aard van de dierlijke mest (aandeel drijfmest).

Voor wat betreft 'staldieren'

- De gemiddeld aantal aanwezige dieren per diercategorie.
- De aard van de dierlijke mest (aandeel drijfmest).
- Type stal (RAV-code).
- Gegevens die direct ontleend kunnen worden aan de stalbalans(en).

Voor wat betreft 'melkvee', 'overige graasdieren' en 'staldieren' tezamen

- De verdeling van TAN bij aanwending op gras- dan wel bouwland, inclusief de manier van aanwenden.
- De hoeveelheid gebruikte kunstmest op gras- dan wel bouwland.

Emissiefactoren (EF en mineralisatiecoëfficiënt, afkomstig uit NEMA

- EF ammoniak voor stal van melkvee in de stalperiode (in procenten van TAN-productie).
- EF ammoniak voor stal van melkvee in de weideperiode (in procenten van TAN-productie).
- EF ammoniak voor weidemest door melkvee (in procenten van TAN-excretie).
- EF ammoniak externe opslag (in procenten van opgeslagen N).
- EF ammoniak bij bewerken van drijfmest.
- EF overige N-gassen stal van melkvee (in procenten van N-excretie).
- Mineralisatiecoëfficiënt voor organisch gebonden N in de stalopslag van melkvee.
- Immobilisatiecoëfficiënt voor minerale N in de stalopslag van melkvee.
- EF aanwending mest voor gras- en bouwland en voor mestaanwendingstechniek.
- EF aanwending kunstmest, per kunstmestsoort.

De volgende paragrafen beschrijven hoe de informatie met betrekking tot de hierboven benoemde hoeveelheden TAN worden berekend.

3.2.2 N-excretie en TAN productie door veestapel

3.2.2.1 Melkveestapel inclusief jongvee

De BEA heeft als basis de bruto N-excretie uit de BEX, dus de N-excretie onder de staart van de koe (voor de omrekening naar de uiteindelijke netto BEX excretie). De BEA berekent de ammoniakemissie in de stal echter op basis van de hoeveelheid TAN (minerale N) in de mest, en wel per diergroep. Daarom is een juiste inschatting van de TAN-excretie nodig. Dat vereist informatie over de gebruikte voedermiddelen en over de verteringscoëfficiënt van het ruw eiwit (VCRE) in die voedermiddelen per diergroep. De VCRE wordt gebruikt om te kunnen berekenen welk deel van de N-excretie met de urine wordt uitgescheiden. Het urine-deel van de N-excretie is in principe vluchtig (TAN). De overige N wordt met feces uitgescheiden en wordt alleen TAN wanneer er sprake is van mineralisatie (in de mestopslag).

Om na te gaan wat de gasvormige stikstofverliezen uit de mest (feces en urine) van het melkvee is, moeten eerst de verschillende voercategorieën die zijn gevoerd aan het melkvee (zijnde melkkoeien en bijbehorend jongvee) worden toebedeeld aan de onderscheiden categorieën jongvee en melkkoeien. Uitgangspunt is de VEM-behoefte van een diercategorie (die gelijk is aan de totale VEM-opname van deze diercategorie: zie paragraaf 2.2.10).

Allereerst wordt een bepaalde verdeling van de voercategorieën aan het jongvee toebedeeld. Bij deze verdeling gaat het steeds om de hoeveelheid voeders (in kVEM) die bestemd is voor het melkvee, als er ook overige graasdieren zijn (Tabel 2.3). De toedeling gebeurt overeenkomstig de methodiek van de Werkgroep Uniformering Mestcijfers (WUM)¹ en is voor het jongvee als volgt:

- Kunstmelkpoeder: alle aangevoerde melkpoeder, niet bestemd voor het overige grasvee, wordt toegerekend aan kalveren;
- Vers gras kalveren en pinken: berekend op basis van aantal weidedagen en de verhouding van de gevoerde hoeveelheden vers gras, graskuil en snijmaïskuil (zie paragraaf 2.1.2.12);
- Krachtvoerders: het aandeel van de VEM-behoefte afkomstig uit krachtvoer bedraagt voor de kalveren op stal 25% en in de weide 10%, en voor de pinken op stal 5% en 0% in de weide;
- Ruwvoerders: kalveren krijgen van de VEM-behoefte uit ruwvoer op stal 75% uit graskuil en 25% uit snijmaïskuil en pinken 90% uit graskuil en 10% uit snijmaïskuil. De VEM-behoefte op stal van zowel kalveren als pinken is daarbij gelijk aan de totale VEM-behoefte minus de VEM-opname uit kunstmelkpoeder, krachtvoerders en vers gras.

¹ Basis: WUM (2010). Gestandaardiseerde berekeningsmethode voor dierlijke mest en mineralen. Standaardcijfers 1990–2008. Werkgroep Uniformering berekening Mest en mineralencijfers (redactie C. van Bruggen). CBS, PBL, Wageningen Economic Research, Wageningen Livestock Research, Ministerie van LNV en RIVM. CBS, Den Haag.

Bij de verdeling van de voercategorieën over het jongvee is het bovenstaande uitgangspunt. Als blijkt dat er een bepaalde voercategorie ontbreekt of dat er te weinig van is, wordt het volgende toegepast:

- Eerst wordt toebedeeld aan kalveren en vervolgens aan pinken;
- De hoeveelheden kunstmelkpoeder en vers gras staan vast; die staan in de administratie respectievelijk zijn berekend. De laatste kan echter hoger worden, zoals uit de volgende punten blijkt. Indien er extra vers gras wordt toegewezen aan de kalveren of de pinken, dan gaat dat ten koste van de berekende hoeveelheid vers gras aan de melkkoeien;
- Krachtvoerders: bij geen of onvoldoende krachtvoerders wordt de benodigde VEM-behoefte uit krachtvoerders aangevuld uit (in deze volgorde): overige producten, snijmaïskuil, grasproducten, vers gras;
- Snijmaïskuil: bij geen of onvoldoende snijmaïskuil wordt de benodigde VEM-behoefte uit snijmaïskuil aangevuld uit (in deze volgorde): grasproducten, overige producten, krachtvoerders, vers gras;
- Grasproducten (graskuil): bij geen of onvoldoende grasproducten wordt de benodigde VEM-behoefte uit grasproducten aangevuld uit (in deze volgorde): snijmaïskuil, overige producten, krachtvoerders, vers gras.

Vervolgens kan worden berekend wat kan worden toebedeeld aan de melkkoeien. Daarbij geldt per voercategorie:

$$\text{VEM-opname_melkkoe} = \text{VEM-opname_totaal} - \text{VEM-opname_kalveren} - \text{VEM-opname_pinken}$$

Als de voercategorieën (met diverse voersoorten) over jongvee en melkvee zijn verdeeld, dan zijn dat de hoeveelheden die in een jaar door deze diercategorieën worden opgenomen. Gedeeld door het aantal dagen per jaar, is dan het gemiddelde dagrantsoen te berekenen. Dit gemiddelde dagrantsoen is in de berekeningen van de gasvormige N-verliezen uitgangspunt voor alle dagen in het jaar. Hoewel dit mogelijk niet helemaal correct is, wordt op deze wijze toch een vrij goede benadering van de werkelijkheid toegepast in overeenstemming met de wijze waarop de werkgroep NEMA de jaarrantsoenen berekent.

De informatie over soort en hoeveelheid van de gebruikte voedermiddelen en de bruto N-excretie van de drie diergroepen (melkkoeien, pinken, kalveren) vormt de basis voor de uiteindelijke BEX (hoofdstuk 2). De BEX berekent de bruto N-excretie als:

$$\text{N-excretie 'onder de staart' (kg)} = \text{N-opname (kg)} - \text{N-vastlegging (kg)}$$

De N-excretie 'onder de staart' bestaat uit feces en urine. Om de verdeling van de N-excretie over de feces en de urine te kunnen berekenen is, in aanvulling op de informatie uit BEX, ook informatie over de VCRE van de gebruikte voedermiddelen nodig.

De verdeling van de N-excretie over feces en urine wordt door BEA berekend als:

$$\text{N-excretie_feces (kg)} = \text{N-opname (kg)} \times [1 - \text{VCRE (g VRE/g RE)} \times 0.91]$$

$$\text{N-excretie_urine (kg)} = [\text{N-opname (kg)} \times \text{VCRE (g VRE/g RE)} \times 0.91] - \text{N-vastlegging (kg)}$$

De berekende N-excretie_{urine} wordt gelijk gesteld aan TAN-excretie (conform NEMA).

$$\text{TAN-excretie (kg)} = \text{N-excretie_urine (kg)}$$

De factor 0.91 in bovenstaande formules is ontleend aan Bannink *et al.* (2018).

Een extra bron voor TAN is mineralisatie van organisch gebonden N. Conform NEMA wordt aangenomen dat bij drijfmest, voor gemiddelde Nederlandse omstandigheden (klimaat en stalinrichting), van de niet-ammoniakale N (= organische N) in de stal en de opslag van mest binnen die stal 10% per jaar wordt omgezet in TAN.

$$\text{N-mineralisatie (kg)} = [\text{N-excretie onder de staart (kg)} - \text{TAN-excretie (kg)}] \times \text{aandeel drijfmest} \times 0,1$$

Bij vaste mest wordt een deel van de minerale N omgevormd naar organische N. Conform NEMA wordt aangenomen dat bij vaste mest, voor gemiddelde Nederlandse omstandigheden (klimaat en stalrichting), van de ammoniakale N (= minerale N) in stal en stalopslag 25% per jaar wordt omgezet in niet-ammoniakale N (= organische N). Dit betreft een netto-immobilisatie.

$$N\text{-immobilisatie (kg)} = TAN\text{-excretie onder de staart (kg)} \times \text{aandeel vaste mest} \times 0,25$$

De totale TAN-productie in de huisvesting wordt als volgt berekend:

$$TAN \text{ huisvesting (kg)} = TAN\text{-excretie (kg)} + N\text{-mineralisatie (kg)} - N\text{-immobilisatie (kg)}$$

Berekening verteerbaarheid ruw eiwit

De VCRE van voedermiddelen is voor de melkveehouder niet bekend, maar wordt berekend via regressieformules van het Centraal Veevoederbureau (CVB, 2006, 2018). Deze formules schatten het verteerbare eiwit op basis van de chemische samenstelling (totaal ruw eiwit, ruw as en, in geval van maïskolvenschroot (MKS) ook ruwe celstof). Voor producten met weinig variatie wordt met een gemiddelde VCRE uit de Veevoedertabel gerekend (CVB, 2011, 2019). In BEA worden de volgende categorieën voedermiddelen onderscheiden:

1. Categorie 'graskuil' (gehalten per kg ds)

$$VCRE \text{ graskuil} = (0,931 \times RE - 43,2) / RE$$

2. Categorie 'grashooi' (gehalten per kg ds)

$$VCRE \text{ grashooi} = (0,931 \times RE - 43,2) / RE$$

3. Categorie 'grasmeel/grasbrok/grasbalen' (kunstmatig gedroogd) (gehalten per kg ds)

$$VCRE \text{ grasbrok} = (0,878 \times RE - 38,4) / RE$$

4. Categorie 'maïskuil' (gehalten per kg ds)

$$VCRE \text{ maïskuil} = (0,969 \times RE + 0,04 \times RAS - 40) / RE$$

5. Categorie 'weidegras' (gehalten per kg ds)

De samenstelling van vers gras is niet bekend voor praktijkbedrijven. In de BEX wordt wel de N/VEM verhouding in vers gras berekend op basis van de aangelegde graskuilen (zie paragraaf 2.1.2.15). $RE \text{ vers gras} = N/VEM \text{ vers gras} \times 960 \times 6.25$.

$$VCRE \text{ weidegras} = (0,963 \times RE - 38,3) / RE$$

6. Categorie 'mengvoerders'

Voor mengvoerders zijn op praktijkbedrijven onvoldoende gegevens bekend om de VCRE vast te stellen. Wel is voor een brede range mengvoerders de relatie vastgesteld tussen de VCRE en het RE gehalte:

$$VCRE = 88,7 \times (1 - \text{EXP}(-0,0120 \times RE_{\text{mengvoer}}))$$

7. Categorie 'overige voeders'

Niet voor alle producten zijn schattingsformules beschikbaar. Wanneer een schattingsformule ontbreekt wordt een vaste VCRE gebruikt (Bijlage 4).

3.2.2.2 Overige graasdieren

De TAN-productie voor de 'overige graasdieren' wordt berekend door de bruto mest-N productie (Tabel 3.1) te verdelen in een deel dat binnenshuis wordt uitgescheiden en een deel dat in de weide wordt uitgescheiden. De TAN-productie wordt met behulp van de TAN aandelen van de binnenshuis en in weide uitgescheiden mest-N (Tabel 3.1) berekend volgens:

$$\text{TAN-productie} = \text{bruto N-excretie} * \% \text{TAN}/100$$

Tabel 3.1 Bruto N-excretie door 'overige graasdieren' en % TAN om deze hoeveelheden om te rekenen naar de hoeveelheid ammoniakale N (TAN).

Categorie	Bruto N-excretie in mest ¹ (kg N per dier)	% TAN in bruto N-excretie in mest ²
Fokstieren > 1 jaar (cat. 104)	82,6	63
Weide- en zoogkoeien (cat. 120)	79,4	63
Startkalveren, rosé- of roodvlees (cat. 115)	12,3	60
Rosékalveren, 3 mnd - slacht (cat. 116)	30,9	52
Rosékalveren, 2 wkn - slacht (cat. 117)	25,2	52
Roodvleesstieren, 3 mnd - slacht (cat. 122)	31,97	52
Fokschapen (cat. 550)	13,4	73
Vleeschapen, < 4 mnd (cat. 551)	1,2	73
Overige schapen, > 4 mnd (cat. 552)	9,8	73
Melkgeiten (cat. 600)	16	62
Opfok- en vleesgeiten, < 4 mnd (cat. 601)	1	62
Opfok- en vleesgeiten, > 4 mnd (cat. 602)	7,9	62
Pony's (cat. 941)	35,5	76
Paarden (cat. 943)	76,4	74

1 Diercategorien 115, 116 en 117: Groenestein *et al.* (2015); diercategorie 122: gebaseerd op netto-excretie volgens RVO-tabel 4 en een aangehouden N-verlies zoals voor fokstieren (11,8%); overige diercategorien: Bikker *et al.* (2019)

2 Van Bruggen *et al.* (2021), bijlage 3

3.2.2.3 Staldieren

De ammoniakemissie vanuit stal en opslag door staldieren wordt niet berekend als het product van de bruto N-excretie, het TAN-percentage daarin en de emissiefactor, maar als ammoniakverlies per dierplaats (Tabel 3.8).

3.2.3 TAN-excretie in stal en weide door veestapel

3.2.3.1 Melkveestapel

Voor de TAN-excretie berekening wordt onderscheid gemaakt in een stal en weideperiode omdat de EF voor mest in stal en opslag fors hoger is dan de EF voor mest in de weide. Dit hangt samen met het effect van gezamenlijke (stal) dan wel gescheiden (weide) opvang van mest en urine.

De verdeling van de TAN-excretie (kg/jaar) over de stal en weide in de zomer gebeurt op basis van de uren die de dieren doorbrengen in de weide. Hierbij wordt verondersteld dat tijdens een uur beweiding evenveel mest wordt geproduceerd als tijdens een uur op stal en dat de hoeveelheid TAN in de mest niet varieert gedurende de dag. Dit betekent dat wanneer de melkveestapel 10 uur weidegang per dag krijgt, dat de TAN-excretie van de gehele veestapel gedurende de periode van weidegang voor 10/24 deel in de weide plaatsvindt en voor 14/24 op stal. Dit wijkt af van zowel de NEMA als de RAV, waarin voor beweiden uitsluitend onderscheid wordt gemaakt in permanent opstallen, beperkt weiden en onbeperkt weiden.

3.2.3.2 Overige graasdieren

De verdeling van de mest-N en, in verband daarmee, de TAN-excretie (Tabel 3.1) over de stal en weide gebeurt op basis van de dagen die de dieren doorbrengen in de weide. De dagen in de weide worden geschat aan de hand van de VEM-opname uit vers gras bij de overige graasdieren. Hierbij wordt er van uit gegaan dat de dieren de gehele dag weiden.

$$\text{Dagen weidegang} = \text{VEM-opname gras} / \text{VEM-opname totaal} * 365$$

3.2.4 Ammoniakverlies en overige gasvormige N-verliezen vanuit de huisvesting

3.2.4.1 Melkveestapel

De NEMA geeft een gecombineerde EF voor de ammoniakemissie uit de stal (van vloeren en opgeslagen mest in de kelder). Deze EF wordt dan ook 'N-verliezen uit stal en opslag' genoemd en de BEA rekent met deze EF. De EF voor TAN in stal en opslag geven het percentage vervluchtiging weer van de totale hoeveelheid TAN die gedurende een kalenderjaar in de stal en opslag is terechtgekomen. Daarbij wordt de TAN- en N-excretie in de weide niet meegenomen. De TAN in stal en opslag betreft de optelsom van:

- TAN-excretie melkveestapel op stal in de winterperiode (=100% van de TAN-excretie in die periode).
- TAN-excretie melkveestapel op stal in de zomerperiode (% van de TAN-excretie in die periode is afhankelijk van eventuele weidegang).
- Mineralisatie van de organisch gebonden drijfmest-N in de opslag (=10% van de N-excretie van de melkveestapel op stal in de periode met volledig opstallen + de periode met weidegang).
- Immobilisatie van minerale N in vaste mest in de opslag ter grootte van 25%.

Van de hoeveelheid geproduceerde TAN gaat een deel verloren door vervluchtiging als ammoniak en een deel door vervluchtiging in overige gasvormige N-verliezen. Deze laatste betreffen stikstofoxiden (N₂O en NO) of elementaire stikstof (N₂). De EF geeft aan welk deel van de TAN verloren gaat en de grootte van dat deel is afhankelijk van de stal- of weideperiode, het type mest (vaste mest of drijfmest) en het type stal. De NEMA (Van Bruggen *et al.*, 2021) maakt bij het staltype onderscheid tussen stallen met roostervloer en emissiearme stallen. De KringloopWijzer berekent de emissie voor een standaardstal (Tabellen 3.2 en 3.3) en via de gekozen RAV-stal wordt de eventuele emissiereductie ingerekend (zie verderop in deze paragraaf).

Tabel. 3.2 De gasvormige emissie in een standaardstal voor melkkoeien van N via NH₃ en overige N volgens NEMA (Van Bruggen *et al.*, 2021).

Seizoen	Mestsoort	EF NH ₃ -N (als % van TAN)		EF overige N (als % van N-totaal)	
		Melkkoe	Jongvee	Melkkoe	Jongvee
Stalperiode	Drijfmest	14,3	14,3	2,4	2,4
	Vaste mest	14,3	14,3	3,5	3,5
Weideperiode	Drijfmest	14,3-40,9 (zie Tabel 2.2.3)		2,4	2,4
	Vaste mest	14,3-40,9 (zie Tabel 2.2.3)		3,5	3,5

Tabel 3.3 De emissie uit stal door melkvee tijdens de zomerperiode van N via NH₃ afhankelijk van aantal uren weidegang.

Uren weidegang per dag	Emissiefactor (% NH ₃ -N per kg geproduceerde TAN))
0	14,3
1	14,5
2	14,8
3	15
4	15,3
5	15,7
6	16
7	16,5
8	16,9
9	17,5
10	18,1
11	18,8
12	19,6
13	20,6
14	21,7
15	23,2
16	24,9
17	27,2
18	30,3
19	35,5
20	40,9

De EF in Tabel 3.2 en 3.3 kunnen voor praktijkbedrijven gebruikt worden, maar de beide staltypes zijn slechts voor een deel van de praktijk van toepassing. In de Regeling Ammoniak Veehouderij (RAV) worden 30 staltypen voor de categorie melkvee onderscheiden (Tabel 3.5), elk met hun specifieke emissiefactoren. De RAV-emissies worden uitgedrukt in kg NH₃ per dierplaats per jaar en zijn daarom niet zonder meer toepasbaar in BEA (zie paragraaf 3.1) waar emissiefactoren worden uitgedrukt als een fractie van de geproduceerde ammoniakale N. Dit betekent dat er voor de BEA-berekeningen van de stalemissie van de RAV-staltypen een emissiefactor per staltype nodig is. Deze emissiefactoren zijn niet beschikbaar en worden daarom in de BEA gegenereerd door de emissie van ieder RAV staltype te relateren aan de emissie van de standaard RAV stal 'A 1.100- overige huisvestingssystemen'. Daarbij wordt aangenomen dat de emissie volgens RAV-stal A1.100 overeenkomt met de emissie zoals berekend volgens de NEMA methodiek van de 'niet emissiearme stal'. Voor de andere RAV-staltypen wordt vervolgens de berekende stalemissie vermenigvuldigd met een correctiefactor voor staltype (zie Tabel 3.5), die overeen komt met de verhouding tussen de RAV-emissie per dierplaats van het betreffende staltype en de RAV-emissie per dierplaats van staltype 'A 1.100- overige huisvestingssystemen'. Tabel 3.4 geeft hiervan een voorbeeld.

Tabel 3.4 Voorbeeld vergelijking RAV stal A 1.5 ten opzichte van het referentie RAV stal A 1.100.

RAV-Stal	Emissiefactor (kg NH ₃ per dierplaats per jaar)	Correctiefactor t.o.v. stal A 1.100
A 1.100 (standaard)	13	
A 1.5	11,8	11,8/13 = 0,91

BEA berekent de NH₃ emissie uit de stal en opslag eerst alsof sprake is van het standaard staltype A1.100. Indien er een ander staltype wordt gekozen (b.v. A1.5), dan wordt de standaard berekende NH₃ emissie uit de stal en opslag met de correctiefactor voor staltype vermenigvuldigd (voor staltype A1.5 dus met 0,91).

Met de correctiefactoren voor staltype wijkt de Kringloopwijzer af van NEMA, waarin geen onderscheid wordt gemaakt in ammoniakemissie tussen standaard en emissievrije stallen.

Tabel 3.5 Correctiefactoren voor de berekende emissie van NH₃-N in afhankelijkheid van het aanwezige type melkveestal (bron staltypen: Kenniscentrum Infomil).

Code	Categorie	NH ₃ ¹⁾	Factor ²⁾
A 1	Diercategorie melk- en kalfkoeien ouder dan 2 jaar		
A 1.100	Standaard stal	13	1
A 1.1	Grupstal met drijfmest	5,7	0,44
A 1.2	Loopstal - roostervloer, spoelsysteem of hellende vloer, giergoot, spoelsysteem	10,2	0,78
A 1.3	Loopstal - hellende vloer, giergoot	10,2	0,78
A 1.4	Loopstal - hellende vloer, spoelsysteem	9,2	0,71
A 1.5	Loopstal - sleufvloer, mestschuif	11,8	0,91
A 1.6	Ligboxenstal - dichte hellende vloer, profiel, mestschuif	11	0,85
A 1.7	Ligboxenstal - dichte hellende vloer, rubber toplaag, mestschuif	11	0,85
A 1.8	Ligboxenstal - sleufvloer, noppen, mestschuif	11,8	0,91
A 1.9	Ligboxenstal - roostervloer, bolle rubber toplaag, afdichtlappen in roosterspleten	6	0,46
A 1.10	Ligboxenstal - roostervloer, bolle rubber toplaag	7	0,54
A 1.11	Ligboxenstal - vlakke vloer, profiel, hellende gleuven, vingerschuif	11,8	0,91
A 1.12	Ligboxenstal - vlakke vloer, profiel, hellende gleuven, mestschuif	12,2	0,94
A 1.13	Ligboxenstal - roostervloer, cassettes in roosterspleten	6	0,46
A 1.14	Ligboxenstal - vlakke vloer, profiel, hellende gleuven, mestschuif, dakisolatie	7	0,54
A 1.15	Ligboxenstal - vlakke vloer, profiel, hellende gleuven, vingerschuif	10,3	0,79
A 1.16	Ligboxenstal - V-vloer van gietasfalt, gierafvoerbuis	11,7	0,9
A 1.17	Mechanisch geventileerde stal, chemisch luchtwassysteem	5,1	1 ³⁾
A 1.18	Ligboxenstal - V-vloer, profiel, gierafvoerbuis	8	0,62
A 1.19	Ligboxenstal - roostervloer, hellende groeven, afdichtkleppen in roosterspleten	11	0,85
A 1.20	Ligboxenstal - vloer, perforaties en hellende profilering, mestschuif	10,1	0,78
A 1.21	Ligboxenstal - vloer, hellende langsgroeven, V-vormige dwarsgroeven, mestschuif	7	0,54
A 1.22	Ligboxenstal - sleufvloer, roostervloer, rubber toplaag en afdichtflappen in wachtruimte en doorlopen	11	0,85
A 1.23	Ligboxenstal - vloerplaten, profiel, hellende langssleuven, dwarsgroeven, mestschuif	6	0,46
A 1.24	Ligboxenstal - vloer, hellende langssleuven, perforaties, mestschuif	7	0,54
A 1.25	Ligboxenstal - vlakke vloer, rubber matten, hellend profiel	10,3	0,79
A 1.26	Ligboxenstal - V-vloer, rubber matten, profiel, giergoot, mestschuif	8	0,62
A 1.27	Ligboxenstal - roostervloer, afdichtkleppen, hellende groeven, mestschuif, vernevelsysteem	8	0,62
A 1.28	Ligboxenstal - roostervloer, rubber matten, composiet nokken, afdichtkleppen in roosterspleten, mestschuif	6	0,46
A 1.29	Ligboxenstal - geprofileerde hellende vloer, holtes, mestschuif	9,9	0,76
A 1.30	Ligboxenstal - bolle rubberen matten, ca 7% afschot, betonnen roosters	8,0	0,62
A 1.31	Ligboxenstal - sleufvloer, dichte hellende vloer met geprofileerde rubber tegels, mestschuif	8,1	0,62
A 1.32	Ligboxenstal - vlakke betonnen vloerplaten, sleuven, profiel, hellende groeven, giergoot met giergaten, mestverwijdering	9,1	0,7
A 1.33	Ligboxenstal - vlakke vloer, rubberen sleuven, hellende langssleuven, geprofileerd rubber met groeven en nopjes, mestschuif	7,1	0,55
A 1.34	Ligboxenstal - dichte gegroefde vloer, rubber matten, hellend profiel, composietnokken, vingerschuif	9	0,69
A 1.35	Ligboxenstal - vlakke vloer, rubberen sleuven, hellende langssleuven, geprofileerd rubber met groeven en nopjes, vingerschuif	8,3	0,64
A 1.100	Overige stalsystemen	13	1
A 1.100 bio-potstal	Biologisch - potstal met vaste mest	13	1
A 1.100 bio-grupstal	Biologisch - grupstal met vaste mest	13	1
A 1.100 bio-overig	Biologisch - overige stalsystemen melkkoeien	13	1

-
- ¹⁾ Emissie in kg NH₃ per dierplaats per jaar volgens de RAV (Regeling ammoniak en veehouderij).
- ²⁾ Correctiefactor voor staltype voor de berekende emissie van NH₃-N ten opzichte van staltype A1.100.
- ³⁾ RAV-Stal A 1.17 is een stal met luchtwasser. Weliswaar wordt de NH₃-emissie verlaagd, maar het gereduceerde gasvormige N-verlies is niet meer aanwezig in de dierlijke mest, maar bevindt zich in het spuiwater/waswater van de luchtwasser of biofilter. Bij deze stal is de correctiefactor dus 1.

De emissie van NH₃-N uit huisvesting (kg N) wordt daarmee gelijk aan:

$$NH_3-N_{huisvesting} = RAV_{correctie} \times$$

$$((TAN-productie \text{ in } stal_{winter} \times EF \text{ NH}_3\text{-N standaardstal}_{winter}) +$$

$$(TAN-productie \text{ in } stal_{zomer} \times EF \text{ NH}_3\text{-N standaardstal}_{zomer}))$$

Indien het jongvee in dezelfde stal is gehuisvest als het melkvee dan wordt de ammoniakemissie van jongvee met dezelfde factor verlaagd als bij het melkvee.

De emissie van N-overig uit huisvesting (kg N) wordt daarmee gelijk aan:

$$N\text{-overig} = (N\text{-excretie in } stal_{winter} \times EF \text{ N-overig standaardstal}_{winter}) +$$

$$(N\text{-excretie in } stal_{zomer} \times EF \text{ N-overig standaardstal}_{zomer})$$

3.2.4.2 Overige graasdieren

Door combinatie van de berekende TAN-producties door 'overige graasdieren' (paragraaf 3.2.2.2) tijdens opstallen en de emissiefactoren voor ammoniak-N gedurende opstallen (Tabel 3.6) kan de ammoniakemissie uit de huisvesting berekend worden (NH₃-N_{stal}). De genoemde tabel geeft ook de emissiefactoren voor de overige gasvormige N-verliezen (N-overig_{stal}). Beide verliesposten zijn nodig om te berekenen hoeveel N per saldo naar een externe mestopslag of direct naar de percelen gaat. De rekenregels luiden:

$$NH_3-N_{stal} = TAN\text{-productie totaal} \times (365 - \text{aantal dagen in weide})/365 \times EF \text{ NH}_3$$

$$N\text{-overig}_{stal} = \text{Bruto N-excretie totaal} \times (365 - \text{aantal dagen in weide})/365 \times EF \text{ N-overig}$$

Tabel 3.6 Emissiefactoren (EF) voor ammoniak-N en overige gasvormige verliezen per categorie 'overige graasdieren' per afzonderlijke mestsoort (DM = drijfmest, VM = vaste mest); Bron: Van Bruggen et al.(2021).

categorie	Mestsoort	EF NH ₃ -N als % van TAN productie	EF N-overig als % van bruto N-excretie
Fokstieren > 1 jaar (cat. 104)	DM	14,3	2,4
	VM	14,3	3,5
Weide- en zoogkoeien (cat. 120)	DM	14,3	2,4
	VM	14,3	3,5
Startkalveren, rosé- of roodvlees (cat. 115)	DM	14,3	2,4
	VM	14,3	3,5
Rosékalveren, 3 mnd - slacht (cat. 116)	DM	22,5	2,4
	VM	22,5	3,5
Rosékalveren, 2 wkn - slacht (cat. 117)	DM	22,5	2,4
	VM	22,5	3,5
Roodvleesstieren, 3 mnd - slacht (cat. 122)	DM	14,3	2,4
	VM	14,3	3,5
Fokschapen (cat. 550)	DM	27,8	3,5
	VM	27,8	3,5
Vleeschapen, < 4 mnd (cat. 551)	DM	27,8	3,5
	VM	27,8	3,5
Overige schapen, > 4 mnd (cat. 552)	DM	27,8	3,5
	VM	27,8	3,5
Melkgeiten (cat. 600)	DM	16,9	7
	VM	16,9	7
Opfok- en vleesgeiten, < 4 mnd (cat. 601)	DM	16,9	7
	VM	16,9	7
Opfok- en vleesgeiten, > 4 mnd (cat. 602)	DM	16,9	7
	VM	16,9	7
Pony's (cat. 941)	DM	29	3,5
	VM	29	3,5
Paarden (cat. 943)	DM	19,5	3,5
	VM	19,5	3,5

3.2.4.3 Staldieren

Voor 'staldieren' worden forfaitaire, niet van rantsoensamenstelling afhankelijke ammoniakemissies aangehouden. Deze zijn afhankelijk van de diersoort en het staltype, volgens:

$$\text{Emissie ammoniak (kg NH}_3\text{-N)} = \text{gad} / (\text{stalbezetting}/100) \times 14/17 \times \text{ammoniak (kg NH}_3\text{/dierplaats)}$$

waarbij:

gad = gemiddeld aantal aanwezige dieren (afkomstig uit de invoergegevens)

stalbezetting = normatieve stalbezettingsgraad (Tabel 3.7)

ammoniak = emissie per dierplaats (Tabel 3.8)

Tabel 3.7 Normatieve stalbezettingen voor staldieren.

Diersoort	Stalbezetting (%)
Kraamzeugen	89
Guste en dragende zeugen	97
Gespeende biggen	91
Vleesvarkens	97
Leghennen	96
Vleeskuikens	82
Witvleeskalveren	93

Tabel 3.8 Ammoniak emissies per dierplaats voor verschillende soorten staldieren en huisvestingsystemen.

Diersoort	Rav-code stal	Omschrijving stal	Ammoniak (kg NH ₃ /dpl)	
Leghennen	E 2.5.6	Koloniehuisvesting - beluchting via mestband	0,030	
	E 2.7	Grondhuisvesting - ca 1/3 strooiselvloer + 2/3 roostervloer	0,402	
	E 2.8	Grondhuisvesting - beluchting via Perfosysteem	0,110	
	E 2.9.1	Grondhuisvesting - beluchting onder de beun	0,125	
	E 2.9.2	Grondhuisvesting - beluchting via buis aan weerszijden legnest	0,150	
	E 2.9.3	Grondhuisvesting - beluchting via verticale ventilatiekokers	0,150	
	E 2.10	Huisvesting - chemische luchtwasser, 90% NH ₃ -reductie	0,032	
	E 2.11.1	Volierehuisvesting - 50% rooster en 1x per week afdraaien	0,090	
	E 2.11.2	Volierehuisvesting - 50% rooster en 2 x per week afdraaien	0,055	
	E 2.11.3	Volierehuisvesting - 30-45% rooster en beluchting via mestband	0,025	
	E 2.11.4	Volierehuisvesting - 55-60% rooster en beluchting via mestband	0,037	
	E 2.12.1	Scharrelhuisvesting - 2 verdiepingen	0,068	
	E 2.12.2	Scharrelhuisvesting - frequente mest/strooiselverwijdering	0,106	
	E 2.13	Huisvesting - biologische luchtwasser, 70% NH ₃ -reductie	0,095	
	E 2.14	Huisvesting - biofilter, 70% NH ₃ -reductie	0,095	
	E 2.15	Huisvesting - chemische luchtwasser, 70% NH ₃ -reductie	0,095	
	E 2.16	Huisvesting - chemische luchtwasser, 70% NH ₃ -reductie	0,095	
	E 2.100	Overige huisvestingssystemen	0,315	
	Vleeskuikens	E 5.1	Zwevende vloer	0,004
		E 5.2	Geperforeerde vloer	0,012
E 5.3		Etagesysteem roostervloer	0,004	
E 5.4		Chemische luchtwasser - 90% NH ₃ -reductie	0,007	
E 5.5		Vloerverwarming en koeling	0,038	
E 5.6		Mixluchtventilatie	0,031	
E 5.7		Biologische luchtwasser - 70% NH ₃ -reductie	0,020	
E 5.8		Etagesysteem - mestband	0,017	
E 5.9.1.2.2		Aparte vervolghuisvesting - mixluchtventilatie	0,028	
E 5.9.1.2.4		Aparte vervolghuisvesting - warmwaterheaters en ventilatoren	0,030	
E 5.10		Verwarming obv warmteheaters en ventilatoren	0,035	
E 5.11		Luchtmengsysteem icm warmtewisselaar	0,021	
E 5.12		Biofilter - 70% NH ₃ -reductie	0,020	
E 5.13		Chemische luchtwasser - 70% NH ₃ -reductie	0,020	
E 5.14		Warmteheaters - luchtmengsysteem	0,035	
E 5.15		Stal met buizenverwarming	0,012	
E 5.16		Chemische luchtwasser - 70% NH ₃ -reductie	0,020	
E 5.100		Overige huisvestingssystemen	0,068	
Kraamzeugen		D 1.2.1	Spoelgotensysteem	3,300
		D 1.2.2	Kunststof schijnvloer	3,700
	D 1.2.3	Gecoate vloer met tandheugelschuif	4,000	
	D 1.2.4	Mestschuif	3,100	
	D 1.2.5	Mestgoot	3,200	
	D 1.2.6	Mestkanaal en waterkanaal	4,000	
	D 1.2.7	Hellende plaat	5,000	
	D 1.2.8	Mestopvang in aangezuurde vloeistof	3,100	
	D 1.2.9	Schuiven in mestgoot	2,500	
	D 1.2.10	Biologische luchtwasser - 70% NH ₃ -reductie	2,500	
	D 1.2.11	Chemische luchtwasser - 70% NH ₃ -reductie	2,500	
	D 1.2.12	Koeldeksysteem	2,400	
	D 1.2.13	Mestpan	2,900	
	D 1.2.14	Mestpan met waterkanaal en mestkanaal	2,900	
	D 1.2.15	Chemische luchtwasser - 95% NH ₃ -reductie	0,420	
	D 1.2.16	Waterkanaal	2,900	
	D 1.2.17.1	Combiwasser (chemisch) - 85% NH ₃ -reductie	1,300	
	D 1.2.17.2	Combiwasser (biologisch) - 70% NH ₃ -reductie	2,500	
	D 1.2.17.3	Combiwasser (chemisch) - 85% NH ₃ -reductie	1,300	
	D 1.2.17.4	Combiwasser (biologisch) - 85% NH ₃ -reductie	1,300	
D 1.2.17.5	Combiwasser (biologisch) - 85% NH ₃ -reductie	1,300		

Diersoort	Rav-code stal	Omschrijving stal	Ammoniak (kg NH ₃ /dpl)	
	D 1.2.17.6	Combiwasser (biologisch) - 90% NH ₃ -reductie	0,830	
	D 1.2.18	Biologische luchtwasser - 80% NH ₃ -reductie	1,300	
	D 1.2.19	Chemische luchtwasser - 90% NH ₃ -reductie	0,830	
	D 1.2.20	Mestpan met waterkanaal en mestkanaal, koelsysteem	1,300	
	D 1.2.21	Biofilter - 70% NH ₃ -reductie	2,500	
	D 4.1	Drijvende ballen in de mest	5,893	
	D 1.2.100	Overige huisvestingssystemen	8,300	
Overige zeugen	D 1.3.1	Metalen driekantrooster	2,400	
	D 1.3.2	Mestgoot combinatierooster	1,800	
	D 1.3.3	Spoelgoten	2,500	
	D 1.3.4	Mestopvang in aangezuurde vloeistof	1,800	
	D 1.3.5	Mestschuif	2,200	
	D 1.3.6	Biologische luchtwasser - 70% NH ₃ -reductie	1,300	
	D 1.3.7	Chemische luchtwasser - 70% NH ₃ -reductie	1,300	
	D 1.3.8	Koeldeksysteem	2,200	
	D 1.3.9.1	Voerligbox of zeugenvoerstation met metalen driekantroosters	2,300	
	D 1.3.9.2	Voerligbox of zeugenvoerstation roosters anders dan metalen driekant	2,500	
	D 1.3.10	Rondloopstal	2,600	
	D 1.3.11	Chemische luchtwasser - 95% NH ₃ -reductie	0,210	
	D 1.3.12.1	Combiwasser (chemisch) - 85% NH ₃ -reductie	0,630	
	D 1.3.12.2	Combiwasser (biologisch) - 70% NH ₃ -reductie	1,300	
	D 1.3.12.3	Combiwasser (chemisch) - 85% NH ₃ -reductie	0,630	
	D 1.3.12.4	Combiwasser (biologisch) - 85% NH ₃ -reductie	0,630	
	D 1.3.12.5	Combiwasser (biologisch) - 85% NH ₃ -reductie	0,630	
	D 1.3.12.6	Combiwasser (biologisch) - 90% NH ₃ -reductie	0,420	
	D 1.3.13	Biologische luchtwasser - 80% NH ₃ -reductie	0,630	
	D 1.3.14	Chemische luchtwasser - 90% NH ₃ -reductie	0,420	
	D 1.3.15	Gescheiden afvoer van mest en urine, V-vormige mestband, metalen driekant roosters	2,200	
	D 1.3.16	Water+mestkanaal, vloervoeding, koelsysteem, watervul/spoelsysteem in mestgoot	1,500	
	D 1.3.17	Biofilter - 70% NH ₃ -reductie	1,300	
	D 4.1	Drijvende ballen in de mest	2,982	
	D 1.3.100	Overige huisvestingssystemen	4,200	
	Gesp. Biggen	D 1.1.1	Gecoate vloer met tandheugelschuif	0,200
		D 1.1.2	Spoelgotensysteem	0,240
D 1.1.3		Mestopvang in water	0,150	
D 1.1.4.1		Water- en mestkanaal 0,13 m ² per big	0,260	
D 1.1.4.2		Water- en mestkanaal 0,19 m ² per big	0,330	
D 1.1.5		Halfrooster, max 60% rooster	0,390	
D 1.1.6		Mestopvang in aangezuurde vloeistof, vol rooster	0,180	
D 1.1.7		Mestopvang in aangezuurde vloeistof, deel rooster	0,250	
D 1.1.8		Hellende mestband	0,230	
D 1.1.9		Biologische luchtwasser - 70% NH ₃ -reductie	0,210	
D 1.1.10		Chemische luchtwasser - 70% NH ₃ -reductie	0,210	
D 1.1.11		Koeldeksysteem, 150% koeloppervlak	0,170	
D 1.1.12.1		Schuine putwand, ongeacht groeps grootte	0,170	
D 1.1.12.2		Schuine putwand, groeps grootte tot 30 biggen	0,210	
D 1.1.12.3		Schuine putwand, groeps grootte > 30 biggen	0,180	
D 1.1.13		Vol rooster, water- en mestkanalen	0,200	
D 1.1.14		Chemische luchtwasser - 95% NH ₃ -reductie	0,030	
D 1.1.15.1	Combiwasser (chemisch) - 85% NH ₃ -reductie	0,100		
D 1.1.15.2	Combiwasser (biologisch) - 70% NH ₃ -reductie	0,210		
D 1.1.15.3	Combiwasser (chemisch) - 85% NH ₃ -reductie	0,100		
D 1.1.15.4	Combiwasser (biologisch) - 85% NH ₃ -reductie	0,100		
D 1.1.15.5	Combiwasser (biologisch) - 85% NH ₃ -reductie	0,100		
D 1.1.15.6	Combiwasser (biologisch) - 90% NH ₃ -reductie	0,070		
D 1.1.16	Biologische luchtwasser - 80% NH ₃ -reductie	0,100		
D 1.1.17	Chemische luchtwasser - 90% NH ₃ -reductie	0,070		

Diersoort	Rav-code stal	Omschrijving stal	Ammoniak (kg NH ₃ /dpl)
	D 1.1.18	Conditionering van de ligvloertemperatuur, dagelijkse mestafvoer	0,210
	D 1.1.19	Biofilter - 70% NH ₃ -reductie	0,210
	D 4.1	Drijvende ballen in de mest	0,490
	D 1.1.100	Overige huisvestingssystemen	0,690
Vleesvarkens	D 3.1	Volledig rooster	4,500
	D 3.2.1	Deel rooster	4,500
	D 3.2.2	Mestopvang en spoelen	1,600
	D 3.2.3	Koeldeksysteem, 170% koeloppervlak	1,700
	D 3.2.4	Mestopvang in formaldehyde	1,000
	D 3.2.5	Mestopvang in water	1,300
	D 3.2.6	Koeldeksysteem, 200% koeloppervlak	1,500
	D 3.2.7.1	Mestkelder, metalen driekantrooster	1,000
	D 3.2.7.2	Mestkelder, overige rooster	1,400
	D 3.2.8	Biologische luchtwasser - 70% NH ₃ -reductie	0,900
	D 3.2.9	Chemische luchtwasser - 70% NH ₃ -reductie	0,900
	D 3.2.10	Bolle vloerhok	1,400
	D 3.2.11	Gescheiden mestkanalen	1,700
	D 3.2.12	Spoelgoten, metalen driekantroosters	1,200
	D 3.2.13	Spoelgoten met roosters	1,700
	D 3.2.14	Chemische luchtwasser - 95% NH ₃ -reductie	0,150
	D 3.2.15.1	Combiwasser (chemisch) - 85% NH ₃ -reductie	0,450
	D 3.2.15.2	Combiwasser (biologisch) - 70% NH ₃ -reductie	0,900
	D 3.2.15.3	Combiwasser (chemisch) - 85% NH ₃ -reductie	0,450
	D 3.2.15.4	Combiwasser (biologisch) - 85% NH ₃ -reductie	0,450
	D 3.2.15.5	Combiwasser (biologisch) - 85% NH ₃ -reductie	0,450
	D 3.2.15.6	Combiwasser (biologisch) - 90% NH ₃ -reductie	0,300
	D 3.2.16	V-vormige mestband	1,100
	D 3.2.17	Biologische luchtwasser - 80% NH ₃ -reductie	0,450
	D 3.2.18	Chemische luchtwasser - 90% NH ₃ -reductie	0,300
	D 3.2.19	Voer en watervoorziening boven waterkanaal, koelsysteem, watervul/spoelsysteem	0,770
	D 3.2.20	Biofilter - 70% NH ₃ -reductie	0,900
	D 4.1	Drijvende ballen in de mest	2,130
	D 3.100	Overige huisvestingssystemen	3,000
Witvleeskalveren	A 4.1	Chemische luchtwasser - 90% NH ₃ -reductie	0,35
	A 4.2	Biologische luchtwasser - 70% NH ₃ -reductie	1,1
	A 4.3	Chemische luchtwasser - 70% NH ₃ -reductie	1,1
	A 4.4	Chemische luchtwasser - 95% NH ₃ -reductie	0,18
	A 4.5.1	Combiwasser - 85% NH ₃ -reductie	0,53
	A 4.5.2	Combiwasser - 70% NH ₃ -reductie	1,1
	A 4.5.3	Combiwasser (waterwasser, chemisch) - 85% NH ₃ -reductie	0,53
	A 4.5.4	Combiwasser (watergordijn, biologisch) - 85% NH ₃ -reductie	0,53
	A 4.5.5	Combiwasser (waterwasser, biologisch) - 85% NH ₃ -reductie	0,53
	A 4.5.6	Combiwasser (biologisch en chemisch) - 90% NH ₃ -reductie	0,35
	A 4.6	Biologische luchtwasser - 85% NH ₃ -reductie	0,53
	A 4.7	Hellende roostervloer i.c.m. hellende schijnvloer onder de roostervloer	2,5
	A 4.8	Roostervloer met bolle rubber toplaag, afdichtflappen	1,9
	A 4.100	Overige huisvestingssystemen	3,5

Tabel 3.9 Bruto mest-N excretie van 'staldieren' en emissiefactor van overige gasvormige verliezen (anders dan NH₃-N) bij drijfmest- dan wel vaste mest systemen, met: Emissie van N-overig (kg N) = Bruto N-excretie * EF N-overig.

Diergroep	Bruto N-excretie (kg N per dierplaats)	EF N-overig drijfmest (% van N)	EF N-overig vaste mest (% van N)
Kraamzeugen	29,8	2,4	3,5
Guste en dragende zeugen	20,7	2,4	3,5
Gespeende biggen	2,2	2,4	3,5
Vleesvarkens	11,6	2,4	3,5
Leghennen	0,76	1,2	0,7
Vleeskuikens	0,43	1,2	0,7
Witvleeskalveren	14,3	2,4	3,5

3.2.5 Ammoniakverlies vanuit externe opslag

Een gedeelte van de mest gaat naar de externe mestopslag. In de KringloopWijzer wordt aangenomen dat 20% van de op stal geproduceerde graasdieren drijfmest, 19% van de geproduceerde staldieren drijfmest en 100% van de op stal geproduceerde vaste mest (gemiddelde van de waarden zoals vermeld in Van Bruggen *et al.* (2021) naar zo'n externe mestopslag gaan. In die externe mest opslag treden ook nog enige NH₃ verliezen op. Deze worden becijferd op 1% van de opgeslagen mest bij graasdieren drijfmest, 2% bij de staldieren drijfmest en op 2% bij vaste mest (percentages op basis van totale N).

3.2.6 Gasvormige N-verliezen bij scheiden van drijfmest

Bij het scheiden van de drijfmest vinden gasvormige N-verliezen plaats. Deze verliezen ontstaan zowel tijdens het proces als bij het opslaan van de dunne en dikke fractie. De NEMA gaat voor de NH₃-verliezen uit van 2,3% en 3,18% van de ingaande N in mest voor drijfmest van respectievelijk graasdieren en staldieren en voor de overige N-verliezen (N₂O, NO_x, N₂) van 3,5% van de ingaande N in mest bij zowel drijfmest van graasdieren als van staldieren. Voor drijfmest van alle staldieren wordt uitgegaan van de NEMA-percentages van varkensdrijfmest.

Wat betreft ammoniak zijn deze verliezen incl. de verliezen tijdens de externe opslag van de drijfmest voorafgaand aan de scheiding. Laatstgenoemde worden in de K LW apart ingerekend, namelijk 1% en 2% van de extern opgeslagen N voor drijfmest van resp. graasdieren en staldieren (zie paragraaf 3.2.5). Om dubbeltellingen te voorkomen dienen de NEMA-percentages voor mestscheiding hiervoor te worden gecorrigeerd. Voor graasdieren drijfmest wordt ervan uitgegaan dat 20% van de drijfmest extern is opgeslagen. Dit betekent dat van de 2,3% van het NH₃-verlies bij mestscheiding (conform NEMA), in de K LW al 0,2% (1% * 0,2) is ingerekend bij de externe mestopslag. Hierdoor resteert in de K LW voor mestscheiding 2,1% NH₃-verlies (Tabel 3.10). Voor staldieren drijfmest wordt ervan uitgegaan dat 19% van de drijfmest extern is opgeslagen. Dit betekent dat van de 3,5% van het NH₃-verlies bij mestscheiding (conform NEMA), in de K LW al 0,38% (2% * 0,19) is ingerekend bij de externe mestopslag. Hierdoor resteert in de K LW voor mestscheiding 2,8% (Tabel 3.10)

Voor de overige gasvormige N-verliezen zijn de NEMA-verliespercentages bij de mestscheiding (3,5% van totale N) incl de emissies in de stal. Ook hiervoor geldt dat de K LW deze al apart inrekenet. Om ook hier dubbeltellingen te voorkomen is een correctie aangebracht door het NEMA-percentage te verminderen met de stalverliezen (2,4%, zie Tabel 3.2). Hierdoor resteert in de K LW voor mestscheiding een verlies van 1,1% (Tabel 3.10).

Tabel 3.10 Extra gasvormige N-verliezen bij het scheiden van drijfmest en de opslag van de dunne en dikke fractie (afgeleid van NEMA). De verliezen staan weergegeven als % van de ingaande N-drijfmest

Ingaande drijfmest	NH ₃ -N (% van N)	N-overig (% van N)
Graasdieren	2,1	1,1
Staldieren	2,8	1,1

3.2.7 Gasvormige N-verliezen bij vergisten van drijfmest

Een deel van de drijfmest kan vergist worden. Dit kan worden opgegeven in de KLW. Vergisting heeft gevolgen voor de gasvormige N-verliezen. Er treedt verandering op in het TAN-gehalte, dat van invloed is op de NH₃-verliezen en er treden verliezen gedurende de opslag van het digestaat. Beide worden in deze paragraaf toegelicht.

Verandering TAN-gehalte

Bij het vergisten van mest wordt een deel van de organische N omgezet naar TAN. Dit betreft 25% van de organische N die de vergister ingaat. Dit percentage is gebaseerd op bemestingsproeven waarin de N-werking van vergiste mest is vergeleken met onvergiste mest (Schroder *et al.*, 2007). De extra TAN die hierdoor ontstaat wordt als volgt berekend:

Eerst wordt de Norg in de drijfmest berekend via:

$$\text{Norg drijfmest (kg)} = [\text{N-excretie onder de staart (kg)} - \text{TAN-excretie (kg)}] \times \text{aandeel drijfmest} \times 0,9 + N_{\text{zaagsel}}$$

De factor 0,9 betreft de correctie voor de mineralisatie van Norg tijdens de opslag (10%, zie paragraaf 3.2.2.1). Als er zaagsel wordt gebruikt in het drijfmestdeel van de stal wordt de hierin aanwezige N toegevoegd aan de Norg in drijfmest. Dit gebeurt na de correctie voor de N-mineralisatie van de Norg in de mest.

Vervolgens wordt de hoeveelheid extra TAN uit vergisting berekend:

$$\text{TAN-vergisting (kg)} = \text{Norg drijfmest (kg)} \times \text{fractie drijfmest vergist} * 0,25$$

De vergiste mest komt daarna in de meststroom digestaat terecht en wordt als zodanig behandeld in de KLW.

Gasvormige N-verliezen tijdens opslag van het digestaat

Bij het vergisten van drijfmest vinden gasvormige N-verliezen plaats. Deze verliezen ontstaan bij de opslag van het uitgaande product digestaat. De NEMA geeft alleen totaal verliezen, incl. de verliezen tijdens de externe opslag van de drijfmest.

De NH₃-verliezen bedragen 1,0% en 2,0% van de N in de ingaande mest voor drijfmest van respectievelijk graasdieren en staldieren. Een deel van de NH₃-verliezen zijn al ingerekend bij de berekening van de externe mestopslag, namelijk 1% en 2% van de opgeslagen N voor, respectievelijk, graasdieren en staldieren drijfmest. Om dubbeltellingen te voorkomen dienen de NEMA-percentages voor mestvergisting hiervoor te worden gecorrigeerd. Voor graasdieren drijfmest wordt ervan uitgegaan dat 20% van de drijfmest extern is opgeslagen. Dit betekent dat van de 1,0% NH₃-verlies bij vergisting (conform NEMA), in de KLW al 0,2% (=1,0% * 0,2) van het NH₃-verlies is ingerekend bij de externe mestopslag. Hierdoor resteert een NH₃-verlies bij mestvergisting van 0,8% (Tabel 3.11). Voor staldieren drijfmest wordt ervan uitgegaan dat 19% van de drijfmest extern is opgeslagen. Dit betekent dat van de 2,0% NH₃-verlies bij vergisting (conform NEMA), in de KLW al 0,38% verlies (2% * 0,19) van het NH₃-verlies al is ingerekend bij de externe mestopslag. Hierdoor resteert een NH₃-verlies bij mestvergisting van 1,62% (Tabel 3.11).

Er treden geen extra overig gasvormige N-verliezen op bij het vergisten van mest.

Tabel 3.11 Extra gasvormige N-verliezen bij de opslag van digestaat (NEMA). De verliezen staan weergegeven als % van de ingaande N-drijfmest

Ingaande drijfmest	NH ₃ -N (% van N)	N-overig (% van N)
Graasdieren	0,80	0,0
Staldieren	1,62	0,0

3.2.8 Ammoniakverlies bij beweiding

Bij beweiding gaat minder N via NH₃ emissie verloren dan op stal. De EF van de TAN-excretie bij beweiding wordt in NEMA voor de Nederlandse omstandigheden in 2014 berekend als constante waarde van 4,0% (Van Bruggen *et al.*, 2021). Het ammoniakverlies uit TAN-excretie tijdens beweiding wordt berekend als:

$$NH_3\text{-N}_{\text{beweiding}} \text{ (kg)} = TAN_{\text{beweiding}} \text{ (kg)} \times EF_{\text{beweiding}} \text{ (\%)},$$

$$\text{waarin } EF_{\text{beweiding}} = 4,0\%$$

3.2.9 Ammoniakverlies bij mestaanwending

Het ammoniakverlies bij mestaanwending wordt berekend op basis van de aangewende TAN in combinatie met de EF voor de verschillende aanwendingstechnieken.

De aangewende TAN (kg N) in de vorm van melkveemest wordt binnen BEA berekend door de TAN in mestopslag (TAN-stalmest) te corrigeren voor eventuele mest aan- en afvoer. De mest aan- en/of afvoer wordt in BEA opgegeven in kg N. Hierbij wordt verondersteld dat zowel de aan- als afgevoerde mest dezelfde hoeveelheid TAN per kg N bevatten als de mest in de opslag van het bedrijf.

De hoeveelheid TAN (kg N) die wordt aangewend wordt berekend als percentage van de aangewende kg N:

$$TAN\text{-aanwending} \text{ (kg)} = \%TAN\text{-mest} \times \text{kg N mestaanwending},$$

$$\text{waarin: } \%TAN\text{-mest} = TAN\text{-'stalmest'} / \text{Netto N-excretie}$$

$$\text{Kg N mestaanwending} = \text{Netto N-excretie} + N\text{-mestaanvoer} - N\text{-mestafvoer}$$

$$TAN\text{-'stalmest'} = TAN\text{-productie} - \text{totale gasvormige N-emissie}_{\text{huisvesting+externe opslag}}$$

De aangewende TAN (kg N) in de vorm van mest van 'staldieren' ('intensieve tak') wordt binnen BEA berekend als:

$$TAN\text{-aanwending} \text{ (kg)} = \%TAN\text{-mest} \times \text{kg N mestaanwending}, \text{ met:}$$

$$\text{Kg N mestaanwending} = \text{Netto stalbalans} + N\text{-mestaanvoer} - N\text{-mestafvoer} + N\text{-beginvoorraad} - N\text{-eindvoorraad}, \text{ en}$$

$$\% TAN\text{-mest volgens forfaitaire aandelen zoals vermeld in Tabel 3.12}$$

Tabel 3.12 Normatieve TAN-aandeel (%) in mest voor staldieren.

Diersoort	TAN-mest (%)
Kraamzeugen	67
Guste en dragende zeugen	67
Gespeende biggen	67
Vleesvarkens	64
Leghennen	76
Vleeskuikens	62
Witvleeskalveren	72

Vervolgens wordt de totale TAN-aanwending uit melkveemest (melkkoeien inclusie bijbehorende jongvee), uit mest van de overige graasdieren en uit 'staldier'-mest verdeeld over het uitrijden op bouwland en het uitrijden op grasland. Dit gebeurt volgens opgave van het bedrijf in BEA waarbij de kg N mestaanwending op grasland en bouwland zijn opgegeven. Tenslotte wordt ook de wijze van aanwending (zie Tabel 3.13) opgegeven, waarmee de EF bij aanwending wordt vastgesteld. In de BEA-module van de KringloopWijzer moet worden aangegeven welk percentage van de mest met een bepaalde methode is aangewend. Daarbij worden zowel op grasland als op bouwland drie aanwendingsmethodes onderscheiden.

Op dit moment worden voor de kunstmestvervangers mineralenconcentraat en spuiwater dezelfde emissiefactoren gebruikt. Hiermee wordt de ammoniakemissie van spuiwater bij oppervlakkige toediening en ondiepe injectie overschat, omdat het een zuur product is. Hiernaar zal volgend jaar worden gekeken en daar waar nodig worden aangepast.

Tabel 3.13 Gemiddelde emissiefactoren (kg NH₃-N per 100 kg TAN toegediend) per mestsoort en toedieningsmethode voor grasland en bouwland (naar Velthof et al., 2012; Van Bruggen et al., 2021).

Grondgebruik	Methode van toediening	Vaste mest & dikke fractie	Mestsoort			Compost
			Drijfmest, dunne fractie, digestaat	Drijfmest met half deel water ¹	Mineralenconcentraat en spuiwater	
Grasland	Bovengronds	68	68		68	69
	Sleepvoet	-	(26,4)	17 ³	10	
	Sleufkouter ²	-	(21,7)	17	9	
	Zodebemester	-	17		8	
Bouwland	Bovengronds	46	69		69	69
	In een werkgang onderwerken	-	22		22	
	Sleepvoet	-	36		12	
	Diepe injectie > 10 cm	-	2		3	
	Ondiepe injectie (< 10 cm)		24		8	

¹) Half deel water wil zeggen: twee delen mest met één deel water (meer water mag maar leidt niet tot een emissie die lager is dan die van zodebemester).

²) Voor de emissiefactor van een sleufkouter wordt het gemiddelde aangehouden van de emissiefactor voor sleepvoeten en zodenbemester.

³) Voor de emissiefactor bij toediening van verdunde mest met een sleepvoetenmachine op grasland wordt een vergelijkbaar niveau aangehouden als voor zodenbemesting. De minimale verdunning is 2 delen mest en 1 deel water.

Uit de combinatie van de aangewende kg TAN en de EF uit Tabel 3.13 wordt de ammoniakemissie berekend:

$$NH_3-N \text{ mestaanwending (kg)} = TAN\text{-aanwending}_{1...n} \times EF_{\text{aanwending}_{1...n}}$$

Waarbij 1...n = aanwendingsmethoden uit Tabel 3.13

3.2.10 Ammoniakverlies bij kunstmesttoediening

Ook uit kunstmest kan ammoniak vervluchtigen. Daarom wordt in BEA opgegeven hoeveel kg N kunstmest is aangewend. Bij het schatten van de emissie wordt geen onderscheid gemaakt in grondsoorten of grondgebruik. Wel wordt gedifferentieerd naar de soort kunstmest-N (Tabel 3.14).

Tabel 3.14 Emissiefactoren voor kunstmest ($EF_{NH_3-N_{kunstmest}}$, kg N per 100 kg N-totaal toegediend (Van Bruggen et al., 2021; Vonk et al., 2018).

Kunstmestsoort	Grondgebruik	Emissiefactor
N-meststoffen, 100% ammonium	Grasland en bouwland	11,3
N-meststoffen, 100% nitraat	Grasland en bouwland	0,0
N-meststoffen, combinatie van ammonium en nitraat	Grasland en bouwland	2,5
Ureum, gekorrelde, zonder urease-remmer	Grasland en bouwland	14,3
Ureum, gekorrelde, met urease-remmer	Grasland en bouwland	5,9
Vloeibaar ureum zonder urease-remmer of zuur	Grasland en bouwland	7,5
Vloeibaar ureum met urease-remmer of zuur	Grasland en bouwland	3,1
Vloeibaar ureum toegediend via injectie	Grasland en bouwland	1,5

Uit de combinatie van de aangewende kg aangewende kunstmest-N en de EF uit Tabel 2.2.12 wordt de ammoniakemissie berekend:

$$NH_3-N \text{ kunstmestaanwending (kg)} = \text{kg kunstmest-N aanwending}_{1\dots n} \times EF_{\text{aanwending}_{1\dots n}}$$

waarbij $1\dots n$ = kunstmestsoort uit Tabel 2.2.12

3.2.11 Ammoniakverlies uit gewassen

In Figuur 1.3 zijn de op eigen land geproduceerde gewassen opgenomen als de 'oogst- en maaibare hoeveelheid voer gegroeid' (dat wil zeggen: akkerbouwmatige ruwvoedergewassen zoals maïs (snijmaïs, MKS, CCM), kuilgras, vers gras ten behoeve van stalvoeding, steeds exclusief wortels, stoppels en vanggewassen maar inclusief de oogst- en maaiverliezen), en de 'gegroeide hoeveelheid weidegras' (inclusief het deel dat eventueel door ganzen gevreten wordt en de beweidingsverliezen). Op bedrijven met een neventak akkerbouw komen daar nog bij de af te voeren niet-ruwvoedergewassen. In onderdeel BEN (paragraaf 2.3.2.1) wordt de berekening van deze posten beschreven onder $Af1_{\text{maïs}}$, $Af3_{\text{maïs}}$, $Af1_{\text{maaignas}}$, $Af3_{\text{maaignas}}$, $Af1_{\text{weidegras}}$, $Af3_{\text{weidegras}}$, $Af1_{\text{overigruwvoer}}$, $Af3_{\text{overigruwvoer}}$, $Af1_{\text{marktakkerbouw}}$ en $Af3_{\text{marktakkerbouw}}$ (kg N per ha). $Af1$ termen slaan steeds op de netto afvoer (via dam of bek) ingeval van ruwvoerders (maïs, 'maaignas', 'weidegras', 'overigruwvoer' en 'ganzenvraat') en de afvoer van hoofdproducten van marktbaar akkerbouwgewassen ('marktakkerbouw'). $Af3$ termen slaan op de oogst-, maai- en beweidingsverliezen van ruwvoerders (maïs, 'maaignas', 'weidegras' en 'overigruwvoer') en de (eventueel af te voeren) bijproducten van marktbaar akkerbouwgewassen ('marktakkerbouw'), zoals stro. Ammoniakverliezen (kg N) uit al deze gewasvormen worden becijferd op 3% (Vertregt & Rutgers, 1987) van:

$$\begin{aligned} & (GO \times (Af1_{\text{maaignas}} + Af3_{\text{maaignas}} + Af1_{\text{weidegras}} + Af3_{\text{weidegras}}) + \\ & SO \times (Af1_{\text{maïs}} + Af3_{\text{maïs}}) + \\ & ORO \times (Af1_{\text{overigruwvoer}} + Af3_{\text{overigruwvoer}}) + \\ & AMO \times (Af1_{\text{marktakkerbouw}} + Af3_{\text{marktakkerbouw}}), \end{aligned}$$

met GO, SO, ORO en AMO zijnde, respectievelijk, de oppervlakten (ha) grasland, maïsland, overige ruwvoerders en marktbaar akkerbouwgewassen.

Voor wat betreft $Af1_{\text{marktakkerbouw}}$ en $Af3_{\text{marktakkerbouw}}$ worden de areaal-gewogen gemiddelde N-afvoeren gebruikt. Ingeval het bijproduct van laatstgenoemde gewassen ($Af3_{\text{marktakkerbouw}}$) op het land achterblijft, wordt voor de N-opbrengst van het bijproduct een verstekwaarde aangehouden. Ongeacht of bijproducten worden afgevoerd, wordt aangenomen dat hoofd- en bijproducten ammoniak al voor de oogst verliezen.

3.3 Kanttekeningen bij BEA

- Er is geen definitie gegeven van de zomer- en winterperiode. BEA gaat daarom uit van een jaarrantsoen.
- Er worden voor stal- en weideperiode verschillende EF's voor de stalemissie gebruikt. Pas wanneer de stal enige uren per dag leeg staat (zoals in combinatie met beweiding), gaan ook de verschillen in emitterend besmeurd oppervlak meetellen. Daardoor (zie Tabel 3.3) is bij 20 uur onbeperkt weiden de EF zeer hoog (40,9%) in vergelijking met 9 uur beperkt weiden (17,5%) en summerfeeding (14,3%).
- Er wordt aangenomen dat de emissie volgens RAV-stal A1.100 gelijk is aan de emissie zoals berekend volgens de NEMA methodiek van de 'niet emissiearme stal' binnen BEA. Deze aanname is correct als het gaat om de onderlinge vergelijking met dan wel afleiding van de EF voor de andere RAV staltypes. Deze aanname is echter discutabel voor een kwantitatieve vergelijking (op basis van kg ammoniak) van de emissieberekening volgens BEA dan wel RAV. Er zijn namelijk indicaties dat de RAV emissiefactor voor rundvee te laag is (Van Bruggen *et al.*, 2021). Velthof *et al.* (2009) gaven aan dat berekeningen van Smits *et al.* (2007) aangeven dat de RAV-emissiefactor voor melkvee tot ca. 20% hoger kan liggen.
- Bij mestscheiding op het bedrijf zal bij aanwending op het land voor de dunne fractie de EF van drijfmest worden gebruikt en voor de dikke fractie die van vaste mest. Van de aangevoerde hoeveelheid 'kunstmestvervangers' (dunne fractie van gescheiden mest, digestaat, mineralenconcentraat, spuiwater) wordt verondersteld dat deze mestsoorten na aankoop zo snel mogelijk worden toegediend op het land. Zodoende zal voor deze mestsoorten geen emissie uit stal en opslag worden ingerekend.
- Bij het toedienen van mineralenconcentraat en spuiwater worden andere emissiefactoren gehanteerd (Tabel 3.13) dan bij het toedienen van drijfmest. Bij het toedienen van mengsels van mineralenconcentraat (of spuiwater) en drijfmest wordt in de KringloopWijzer gerekend met de emissiefactoren van de afzonderlijke mestsoorten.
- De hoeveelheid aangewende N wordt door het melkveebedrijf in BEA opgegeven door aan te geven hoeveel N naar het bouwland gaat. De overig aanwezige N gaat naar grasland. Hier zitten potentiële fouten:
 1. De N naar bouwland wordt in de praktijk meestal berekend als kubieke meters mest maal *forfaitair* N gehalte,
 2. De berekende N in mest en opslag heeft als basis de N-excretie van de veestapel voor het lopende kalenderjaar. Echter, er kunnen voorraadmutaties zijn geweest (niet in beeld) en er kan meer N in opslag zitten dan berekend, bijvoorbeeld als gevolg van N-verlies uit voer.
- De BEA-berekening heeft een beperking door aan te nemen dat gemiddeld 20% van de mest naar een afgesloten opslag gaat. De berekening is bedrijfsspecifieker te maken door exacter te bepalen welk deel van de mest daadwerkelijk (snel) in een afgesloten opslag terechtkomt waaruit tenslotte nauwelijks NH₃ vrijkomt en waarvoor, gegeven de andere temperaturen, ook de veronderstelde 10% extra mineralisatie van organische N niet langer geldt.
- Als jongvee in hetzelfde staltype gehuisvest wordt als de melkkoeien, maakt BEA voor wat betreft de emissie geen onderscheid tussen melkvee en jongvee. De eventuele fout die hiermee gemaakt wordt, is beperkt omdat de aantallen jongvee en de TAN-excretie per eenheid jongvee klein is ten opzichte van melkvee.
- De gehanteerde emissiefactoren, hoewel gespecificeerd voor stalsystemen en toedieningstechnieken, berusten op gemiddelden. Uit onderzoek is bekend dat de spreiding rondom dit gemiddelde groot kan zijn onder invloed van stalklimaat, ventilatiedebieten, drink- en spoelwatergebruik (resp. het droge stofgehalte in mest), bewuste verdunning van mest met water, aanzuren, toevoegmiddelen, grondsoort, weersomstandigheden (neerslag, temperatuur, wind) gewastype en -hoogte, mestgift, volume van mest, verdeling van mest over een jaar.
- BEA berekent de ammoniakverliezen uit stal en opslag als een fractie van de geproduceerde mest, ongeacht of deze mest eventueel en, zo ja, op welk moment na productie, wordt afgevoerd. In overeenstemming daarmee worden geen ammoniakverliezen uit stal en opslag toegekend aan mest die wordt aangevoerd, ook al verblijft die mest enige tijd op het bedrijf alvorens te worden aangewend. De ammoniakverliezen na toediening van deze mest wordt uiteraard wel verrekend. Daarbij wordt een TAN-aandeel van aangevoerde mest verondersteld zoals vermeld in tabel 2.1, dit is in werkelijkheid niet het geval.

-
- De bijdrage van 'staldieren' aan de ammoniakemissie wordt, anders dan bij melkvee, niet verbijzonderd op basis van de rantsoensamenstelling.
 - De berekening van het kengetal 'ammoniak-N emissie per ton melk' is gebaseerd op alle ammoniak, inclusief die veroorzaakt door staldieren of een tak akkerbouw. Bij aanwezigheid van andere takken dan melkvee, laat dit kengetal zich vooralsnog dus slecht vergelijken met dat van een puur melkveebedrijf.

4 BEN: bedrijfsspecifieke N stromen

4.1 Inleiding

De inzet van stikstof (N) is nodig om de bodemvruchtbaarheid en gewasopbrengsten op peil te houden. Het gebruik van N in de landbouw leidt echter ook tot ongewenste verliezen naar de omgeving. De kwaliteit van de omgeving wordt onder meer bepaald door de N concentratie van grond- en oppervlaktewater (voornamelijk nitraat-N onder zandgronden, en nitraat-, ammonium- en opgelost organisch N vanuit klei- en veengronden) en de emissie van het broeikasgas N₂O (lachgas) uit de bodem en mestopslagen. Dit deel van de KringloopWijzer-berekeningen heeft primair tot doel deze stikstofverliezen in kaart te brengen.

4.2 Berekeningswijzen

4.2.1 N-bodemoverschot en N-uitspoeling

De basis voor de berekening van de N-uitspoeling is het N-bodemoverschot. Vanuit het N-bodemoverschot kan de hoeveelheid uitgespoelde N en de nitraatconcentratie in het uitgespoelde water worden berekend.

4.2.1.1 Berekening N-bodemoverschot

Het N-bodemoverschot wordt berekend op basis van de termen zoals aangegeven in Tabel 4.1. Hierbij is volledige aansluiting gezocht bij werkwijzen die ten grondslag liggen aan het LMM en aan de onderbouwing van goedgekeurde Nederlandse Actieprogramma's in het kader van de Europese Nitraatrichtlijn (Schröder *et al.*, 2007). Het bodemoverschot wordt voor al het grasland, het maïsland, het land waarop overige ruwvoeders geteeld worden en het land waarop marktbaar akkerbouwgewassen geteeld worden, in eerste instantie afzonderlijk berekend.

Tabel 4.1 Aan- en afvoertermen ter bepaling van het N-bodemoverschot (kg N/ha) met aanwijzing ('X') of de invoergegevens betrekking hebben op het bedrijf als geheel, op gewassen (grasland, bouwland), dan wel op gewassen met daarbij een onderscheid tussen het deel dat in wisselbouw en het deel dat in continueelt geteeld wordt.

Aan-/afvoer	Code	Term	Schaal invoer		
			Bedrijf	Gewas ¹	Gewas & wel/niet wisselbouw
Aanvoer	Aan0	Nmin voorjaar, in jaar x	X		
	Aan1	Weidemest		X	
	Aan2	'stalmest', incl. voerresten ruwvoer			X
	Aan3	kunstmest			X
	Aan4	klaver		X	
	Aan5	depositie	X		
	Aan6	beweidings-, maai- en oogstverliezen		X	
	Aan7	gewasresten		X	
	Aan8	Vanggewassen en groenbemesters		X	
	Aan9	veenmineralisatie		X	
	Aan10	uit scheuren grasland			X
	Aan11	Excretie van ganzen	X	X	
	Aan	SUBTOTAAL			
Afvoer	Af0	Nmin voorjaar, jaar x+1	X		
	Af1	geoogst van eigen land, inclusief vraat door ganzen	X	X	(X) ³
	Af2	ammoniak verliezen bij beweiding, (kunst)mesttoediening en uit staand gewas ²		X	
	Af3	beweidings-, maai- en oogstverliezen		X	
	Af4	gewasresten		X	
	Af5	Vanggewassen en groenbemesters		X	
	Af6	opbouw kunstweide			X
	Af	SUBTOTAAL			
Bodemoverschot	Aan-Af	TOTAAL			X

1 Inclusief voor- en nateelten

2 N-verlies bij veroudering of tijdens voordrogen.

3 Ten behoeve van een zo nauwkeurig mogelijke schatting van N-overschotten in wisselbouw dan wel in continueelt, zou ook de hoeveelheid afgevoerde N verbijzonderd moeten worden voor wisselbouw- dan wel continueeltsituaties.

Aanvoerposten

Op dit moment worden aan gebruikers van de KringloopWijzer nog geen vragen gesteld over verschillen in aanvoerposten tussen het deel van het grasland en het bouwland dat in wisselbouw wordt geteeld en het deel dat in continueelt wordt geteeld. Tabel 4.1 doet dit al wel. De gedachten daarachter is dat de door BEN geschatte N-concentraties, indien gewenst, in de toekomst getoetst moeten kunnen worden aan waarnemingen van het deelnemende bedrijf en deze waarnemingen beïnvloed kunnen zijn door de keuze voor wisselbouw dan wel continueelt. Het betreft de aanvoertermen Aan2, Aan3 en Aan10 en de afvoerterm Af6. Een dergelijk onderscheid, gericht op toetsen, heeft alleen zin als naast een onderscheid in aanvoerposten, ook onderscheid wordt gemaakt in de afgevoerde hoeveelheid N (Af1). De opbrengsten (en N en P afvoer) van gewassen in wisselbouw kunnen immers verschillen van die in continueelt. Bijgevolg kunnen bodemoverschotten behalve vanwege aanvoerverschillen ook vanwege afvoerverschillen anders zijn voor een teelt in wisselbouw dan voor diezelfde teelt in continueelt.

Aan de termen Aan0 (minerale bodem N bij aanvang van het jaar) en Af0 (minerale bodem N twaalf maanden daarna) wordt een verstekwaarde van 30 kg N per ha toegekend. Deze termen zijn conform

wensen vanuit de Europese Commissie opgenomen maar fungeren boekhoudkundig als kruisposten die tegen elkaar worden weggestreept. Deelnemers van de KringloopWijzer wordt dan ook niet naar een bedrijfsspecifieke waarde gevraagd.

De term Aan1 (weidemest) wordt uitgedrukt als kg totaal N per ha totaal grasland, in eerste instantie nog zonder correctie voor de NH₃-N verliezen die bij beweiding optreden. De termen Aan2 ('stalmest', dat wil zeggen binnenshuis uitgescheiden en opgeslagen mest, meestal drijfmest) en Aan3 (kunstmest) worden uitgedrukt als kg N per ha grasland en per ha bouwland. Aan1 wordt berekend aan de hand van de berekende bruto N-excretie en het opgegeven aantal uren weidegang. Aan3 wordt opgegeven door KringloopWijzer-deelnemers. Aan2 wordt afgeleid uit de gegevens over de bruto-N-excretie in het kader van BEX (hoofdstuk 2), voor zover die binnenshuis plaatsvindt, na verrekening van alle gasvormige verliezen uit stal en opslag volgens BEA (hoofdstuk 3), vermeerderd met de netto-mestproductie van een eventuele tak 'staldieren' onder verrekening van aan- en afgevoerde mest, vermeerderd met voerresten maar nog niet gecorrigeerd voor de NH₃-N verliezen die bij toediening van 'stalmest' optreden. Bovendien vindt een correctie plaats voor voorraadswijzigingen: als aan het eind van het jaar minder mest in opslag is dan aan het begin, wordt het verschil (kg N/ha) aan Aan2 toegevoegd, als meer mest in opslag is dan aan het begin, wordt het verschil op de totaal aan 'stalmest' uit te rijden mest-N in mindering gebracht:

$$\text{Uit te rijden mest-N} = \text{uitgescheiden mest} + \text{voerrest-N} - (\text{NH}_3\text{-N}_{\text{stal+opslag}} + \text{afgevoerde mest}) \pm \text{voorraadswijziging.}$$

Daarbij wordt de voerrest-N (kg N /ha) becijferd op 2 tot 5%, afhankelijk van de voersoort (Tabel 1.1), van de totale hoeveelheid voer-N (kg N / ha) die aan het vee is aangeboden, volgens:

$$\begin{aligned} \text{Voerrest-N} = & 0.05 \times (\text{N-opname in de vorm van geconserveerd gras en snijmaïs} / (1 - 0.05)) + \\ & 0.03 \times (\text{N-opname in de vorm van overig zelf geteeld ruwvoer en natte bijproducten} / (1 - 0.03)) \\ & + 0.02 \times (\text{N-opname in de vorm van krachtvoerders, mengvoer en melkproducten} / (1 - 0.02)), \end{aligned}$$

met N-opname uit de diverse voedermiddelen op basis van gegevens van het onderdeel BEX (hoofdstuk 2).

KringloopWijzer-deelnemers geven vervolgens aan wat de 'stalmest' gift (kg N/ha) op grasland (Aan2_{grasland}), op maïsland (Aan2_{maïs}), op het land met overige ruwvoerders (Aan2_{overigruwvoer}) en op het bouwland met marktbaar akkerbouwgewassen (Aan2_{marktakkerbouw}) is, en wel zodanig dat:

$$\text{Uit te rijden mest-N (kg)} = ((\text{GO} \times \text{Aan2}_{\text{grasland}}) + (\text{SO} \times \text{Aan2}_{\text{maïs}}) + (\text{ORO} \times \text{Aan2}_{\text{overigruwvoer}}) + (\text{AMO} \times \text{Aan2}_{\text{marktakkerbouw}})), \text{ met}$$

GO = totale oppervlakte grasland (ha), SO = totale oppervlakte maïsland, ORO = totale oppervlakte overige ruwvoerders en AMO = totale oppervlakte marktbaar akkerbouwgewassen. In plaats van specifieke opgaven van de bovengenoemde vier bestemmingen van mestvrachten ('oppervlakten x giften per ha') kan vanzelfsprekend vanuit de op het bedrijf uit te rijden hoeveelheid mest-N en drie van de vier opgegeven vrachten, ook de vierde vracht berekend worden. Door die vierde vracht door de bijbehorende oppervlakte te delen, kan ook de gift op die vierde bestemming berekend worden.

De huidige versie van de KringloopWijzer maakt voor de berekening van het N-bodemoverschot geen onderscheid tussen het deel van het grasland en het bouwland in continueelt en het deel in wisselbouw. Als daarvoor in toekomstige versie wel gekozen wordt, zijn aanvullende gegevens nodig:

- Het verschil in 'stalmest' gift (kg N/ha grasland) tussen grasland in continueelt en wisselbouw (ESG, positief als gift bij wisselbouw > gift bij continueelt),
- Het verschil in 'stalmest' gift (kg N/ha bouwland) tussen bouwland in continueelt en wisselbouw (ESB, positief als gift op continueelt > gift bij wisselbouw),
- Het verschil in kunstmestgift (kg N/ha grasland) tussen grasland in continueelt en wisselbouw (EKG, positief als gift bij wisselbouw > gift bij continueelt),
- Het verschil in kunstmestgift (kg N/ha bouwland) tussen bouwland in continueelt en wisselbouw (EKB, positief als gift op continueelt > gift bij wisselbouw),

- Totale bedrijfsoppervlakte (TO, ha), de totale oppervlakte grasland (GO, ha), de oppervlakte grasland in wisselbouw (WGO, ha) en de oppervlakte bouwland in wisselbouw (WBO, ha), kunnen de totale oppervlakte bouwland (BO, ha) en de 'stalmest'- en kunstmestgift worden uitgerekend op continu grasland, continu bouwland, grasland in wisselbouw en bouwland in wisselbouw volgens:

$$\begin{aligned} \text{Aan2 op gras in wisselbouw} &= ((GO \times \text{Aan2}_{\text{grasland}}) + ((GO - WGO) \times \text{ESG}))/GO \\ \text{Aan2 op gras in continueelt} &= \text{Aan2 op gras in wisselbouw} - \text{ESG} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Aan2 op bouwland in wisselbouw} &= ((BO \times \text{Aan2}_{\text{bouwland}}) - ((BO - WBO) \times \text{ESB}))/BO \\ \text{Aan2 op bouwland in continueelt} &= \text{Aan2 op bouwland in wisselbouw} + \text{ESB}, \end{aligned}$$

waarbij $BO = TO - GO$ en

$$\text{Aan2}_{\text{bouwland}} = ((SO \times \text{Aan2}_{\text{maïs}}) + (ORO \times \text{Aan2}_{\text{overigruwvoer}}) + (AMO \times \text{Aan2}_{\text{marktakkerbouw}})) / (SO + ORO + AMO),$$

Verder geldt:

$$\begin{aligned} \text{Aan3 op gras in wisselbouw} &= ((GO \times \text{Aan3}_{\text{grasland}}) + ((GO - WGO) \times \text{EKG}))/GO \\ \text{Aan3 op gras in continueelt} &= \text{Aan3 op gras in wisselbouw} - \text{EKG} \\ \text{Aan3 op bouwland in wisselbouw} &= ((BO \times \text{Aan3}_{\text{bouwland}}) - ((BO - WBO) \times \text{EKB}))/BO \\ \text{Aan3 op bouwland in continueelt} &= \text{Aan3 op bouwland in wisselbouw} + \text{EKB} \end{aligned}$$

waarbij $BO = TO - GO$ en

$$\text{Aan3}_{\text{bouwland}} = ((SO \times \text{Aan3}_{\text{maïs}}) + (ORO \times \text{Aan3}_{\text{overigruwvoer}}) + (AMO \times \text{Aan3}_{\text{marktakkerbouw}})) / (SO + ORO + AMO)$$

In het bovenstaande lijkt te worden aangenomen dat er binnen het bouwland niet meer dan drie 'soorten' bestemmingen zijn (maïs, overig ruwvoer en marktbaar akkerbouwgewassen) en dat de KringloopWijzer dus slechts gegevens over de mestgift, de kunstmestgift en de oppervlakte van die drie bestemmingen nodig heeft. In werkelijkheid bestaat er in de huidige versie van de KringloopWijzer echter de mogelijkheid om de genoemde gegevens te verstrekken voor drie soorten maïsteelt (snijmaïs, MKS, CCM), drie soorten overige ruwvoergewassen (GPS van graan, luzerne, veldbonen, GPS) en ruim tien soorten marktbaar akkerbouwgewassen (zie Tabel 4.2). Op basis hiervan wordt een areaal-gewogen gemiddelde berekend.

De term Aan4 (N-binding door vlinderbloemigen, kg N per ha) wordt voor wat betreft de bijdrage van klaver in grasland geschat als het product van de geschatte hoeveelheid gegroeide drogestof (voor aftrek van veldverliezen) in de vorm van klaver (als % klaveraandeel in geogoste hoeveelheid gras plus klaver) en een veronderstelde binding van 45 kg N per ton drogestof in de vorm van klaver (Elgersma & Hassink, 1997; Schils, 2002). De hoeveelheid gegroeide drogestof in de vorm van grasklaver wordt gedefinieerd als het product van de kg DS per kg N in het gewas en de som van dat wat netto geoogst wordt en dat wat als veldverlies achtergebleven is: ton DS/ kg N \times ($Af1_{\text{maaisgras}} + Af1_{\text{weide}} + Af3_{\text{maaisgras}} + Af3_{\text{weide}}$). Hierbij moet nog wel worden opgemerkt dat het hiervoor genoemde 'klaveraandeel' niet gelijk staat aan de visueel geschatte 'klaverbezetting' (percentage bedekking) in gras-klaverbestanden. De relatie tussen beide bedraagt globaal: klaveraandeel/klaverbezetting = 0,82 (Schils *et al.*, 2001).

Voor wat betreft veldbonen en luzerne wordt de bijdrage aan de N-binding geschat op, respectievelijk, 100 en 300 kg N per hectare per jaar. Voor vlinderbloemige groenbemesters wordt een forfaitaire bijdrage van 60 kg N per hectare per jaar aangehouden, aannemende dat vlinderbloemigen 20 kg N per ton drogestof binden en vlinderbloemige groenbemesters 3 ton drogestof per hectare produceren (Schröder *et al.*, 1997; Schröder *et al.*, 2003).

De term Aan5 (N depositie) bedraagt gemiddeld circa 30 kg N per ha per jaar (Anonymus, 2009) maar varieert van minder dan 20 (delen van noord en noordwest Nederland) tot meer dan 50 (delen van oost en zuid Nederland) kg N per ha per jaar. Regionale specificering vindt plaats op basis van gebiedspecifieke gegevens over N-depositie (Anonymus, 2013).

De term Aan6 (cumulatieve nalevering van beweidings-, maai- en oogstverliezen van voorgaande jaren) wordt voor het grasland ($Aan6_{\text{grasland}}$, kg N/ha) gedefinieerd als de som van de beweidings- en maaiverliezen ($Af3_{\text{maigras}} + Af3_{\text{weide}}$, kg N/ha), voor maïsland ($Aan6_{\text{maïsland}}$, kg N/ha) en overig ruwvoerland ($Aan6_{\text{overigruwvoer}}$, kg N/ha) als de oogstverliezen van die gewasgroepen. De beweidingsverliezen worden gesteld op 15-20% van de N-opbrengst van weidesnedes (zie Tabel 1.1) en de maaiverliezen van gras en luzerne ('maaien, schudden, wiersen, laden') op 5% van de N-opbrengst van maaisnedes. De oogstverliezen van maïsland ('hakselen, laden') worden gesteld op 2% van de N-opbrengst. Voor andere ruwvoergewassen dan gras, luzerne en maïs, en voor marktbaar akkerbouwgewassen worden vooralsnog geen oogstverliezen verondersteld.

Elders in deze paragraaf wordt toegelicht hoe bovenstaande N-opbrengsten worden afgeleid. Formeel is het bovenstaande uitgangspunt dat Aan6 gelijk is aan de oogst-, maai- en beweidingsverliezen niet correct omdat in het kader van BEA plus (paragraaf 3.2.11) wordt aangenomen dat een deel van genoemde verliezen plaatsvindt in de vorm van ammoniak. In theorie moeten deze ammoniakverliezen in mindering gebracht worden op Aan6. Omdat het een kruispost betreft en de term geen deel uitmaakt van de teller en noemer van benuttingsberekeningen, is het effect op KringloopWijzer-uitkomsten nihil.

De term Aan7 (gewasresten) worden voor grasland ($Aan7_{\text{grasland}}$) gesteld op 75 kg N/ha (Velthof & Oenema, 2001). Aangenomen wordt dat tegenover deze aanvoerpost in blijvend grasland jaarlijks een even grote afvoer staat (zie term afvoerterm $Af4$, later in deze paragraaf). Voor maïsland (snijmaïs, MKS en CCM) ($Aan7_{\text{maïsland}}$) wordt de waarde van deze jaarlijkse aanvoerpost, voor zover het wortels en stoppels betreft, op 15 kg N/ha gesteld (Schröder *et al.*, 2016). Overigens staat tegenover deze aanvoerpost, ongeacht de waarde, bij continue teelt van maïs een even grote afvoerpost ($Af4$). Bij de nalevering vanuit beweidings-, maai- en oogstverliezen ($Aan6$) en gewasresten ($Aan7$) wordt bij grasland en maïsland (snijmaïs, MKS en CCM) aangenomen dat deze N-aanvoerposten ten goede komen aan de gewassen van waaruit ze afkomstig zijn. Dat dat in een wisselbouwsituatie niet in iedere fase van de rotatie het geval is, wordt vooralsnog genegeerd.

Als het restplant-materiaal van MKS of CCM niet wordt afgevoerd van het veld, bestaat de gewasrest uit meer dan alleen wortels en stoppels. Daarvoor worden (verstek)waarden aangenomen zoals vermeld in Tabel 4.2. De gewasresten van de niet-maïs ruwvoedergewassen en marktbaar akkerbouwgewassen (waarvan, zoals aangegeven, wordt aangenomen dat ze geen oogstverliezen kennen en alleen gewasresten in de vorm van wortels en stoppels en eventueel achtergelaten bijproducten, worden gecijferd zoals aangegeven in Tabel 4.2. De waarden zijn afkomstig uit het Handboek Bodem en Bemesting (www.handboekbodemenbemesting.nl). Voor de grote akkerbouwgewassen zijn de N- en P_2O_5 -gehalten recentelijk geactualiseerd (De Ruijter *et al.*, 2020). Ook bij de gewassen geldt dat tegenover de aanvoer een even grote afvoer staat. In de KringloopWijzer wordt in eerste instantie niet de grootte van de aanvoerterm ($Aan7$) gewas specifiek berekend maar de afvoerterm ($Af4$). De afvoer is namelijk gewas specifiek te maken terwijl de aanvoerterm niet bepaald wordt door het gewas zelf maar door het (de) gewas(sen) die er aan voorafgaan. Omdat niet bekend is wat de gewasopvolging precies is, wordt een areaalgewogen gemiddelde waarde van $Af4$ berekend waarna de waarde van $Aan7$ vervolgens voor alle niet-maïs ruwvoedergewassen en marktbaar akkerbouwgewassen tezamen aan die gemiddelde waarde van $Af4$ gelijkgesteld wordt.

Tabel 4.2 Gehalten in hoofdproduct en bijproduct bij gegeven drogestofgehalte (kg per ton vers) van diverse akkerbouwmatige ruwvoedergewassen en marktbaar akkerbouwgewassen, alsmede de geschatte hoeveelheden N als gewasresten achterblijven in de vorm van (niet-afgevoerde en daarom ongewogen) bijproducten (kg per ha) en in de vorm van (o.b.v. hoofdopbrengst geschatte) wortel- en stoppelresten (kg N per ha), (Schröder et al., 2015; De Ruijter et al., 2020; www.handboekbodembemesting.nl).

Gewas	Hoofdproduct			Bijproduct			Gewasrest		
	DS	N	P ₂ O ₅	DS	N	P ₂ O ₅	Bij-product	Wortels en stoppels ¹	
								Min, Max	Factor
GPS-granen	550	8,9	3,8	-	-	-	-	10, 30	0,25
Luzerne	160	5,8	1,5	-	-	-	-	10, 225	0,55
Rode klaver	160	5,8	1,4	-	-	-	-	10, 225	0,55
Bieten	230	1,1	0,7	160	3,4	0,7	34,5	10, 30	1,06
Maïs (MKS, CCM)	550	9,3	4,4	840	2,2	0,5	18,8	15, 15	n.v.t.
Graangewassen (gebaseerd op wintertarwe)	850	16,6	7	875	3,7	1,2	18,8	10, 70	0,62
Zaadgewassen-overig (gebaseerd op koolzaad)	840	35	15,9	840	6	3	4	10, 30	0,25
Graszaad	830	21	10,2	830	7,2	3,7	3	10, 40	1,27
Peulvruchten (gebaseerd op veldbonen)	840	40	13,6	840	21	4,6	3	10, 30	0,17
Aardappelen	240	3,3	0,9	-	-	-	-	10, 60	0,36
Pootgoed	180	2,5	1,1	-	-	-	-	10, 100	1,6
Uien en bloembollen	125	1,8	0,8	-	-	-	-	10, 20	0,17
Bladgroenten (gem van sla en kool)	75	2	0,7	-	-	-	-	10, 50	0,81
Niet-bladgroenten (gem van peen en witlof)	105	1,9	1	85	3	0,9	10	10, 30	0,22
Overig	1000	5	1,0	-	-	-	-	10, 20	0,3
Onbemest vanggewas							40		
Niet-vlinderbloemige groenbemester							50		
Vlinderbloemige groenbemester							60		

1 Volgens: N in wortels en stoppels = MIN(Max, (MAX(Min, (factor x N in hoofdproduct))))

De waarde die aan de term Aan8 (vanggewassen en groenbemesters) wordt toegekend bedraagt 40 kg N/ha voor (onbemeste) vanggewassen (met name geteeld na maïs), 50 kg N/ha voor niet-vlinderbloemige (bemeste) groenbemesters en 60 kg N/ha voor (onbemeste) vlinderbloemige groenbemesters.

De waarde die aan de term Aan9 (veenmineralisatie) wordt toegekend bedraagt 235 kg N per ha (Kuikman et al., 2005) voor. Als slechts een deel van het bedrijf uit veengrond bestaat, wordt de veenmineralisatie evenredig gereduceerd.

De term Aan10 heeft betrekking op de aanvoer van N op bouwland uit gescheurd grasland. Dat betekent dat Aan10 = 0 bij grasland in continueelt, grasland in wisselbouw en bouwland in continueelt. Bij bouwland in wisselbouw wordt Aan10 gelijk gesteld aan het product van de duur van voorafgaande graslandfase en een jaarlijkse zodeopbouw van 75 kg N per ha (Velthof & Oenema, 2001) met een maximum van 300 kg N per ha, gedeeld door de duur van de bouwlandfase:

$$\text{Aan10 bij wisselbouw van bouwland} = (\text{MIN}(300, (75 \times \text{duur graslandfase})) / (\text{duur bouwlandfase}))$$

De term Aan11 heeft betrekking op de aanvoer van stikstof en fosfaat door excretie van grazende ganzen en wordt geschat als de totale excretie van de ganzen (N_{egT} , P_{egT}) vermenigvuldigd met het deel hiervan dat op de begraasde percelen zal zijn uitgescheiden. Dit deel wordt geschat op basis van het gedrag van de ganzen. De ganzen vliegen met een lege maag vanuit rustgebieden (op water) naar de te begrazen percelen en beginnen direct te grazen. Twee uur na het aanvliegen, komt de excretie op gang. Het grazen gaat door totdat de dieren naar een rustgebied terugvliegen. In dat rustgebied wordt het laatst opgenomen voer, na vertering, nog uitgescheiden. Een richtgetal voor zowel de begrazingstijd per dag als de excretie is 10 uur. Maar de excretie loopt 2 uur achter op het opnemen. Opname op de begraasde percelen duurt dus 10 uur en excretie op de begraasde percelen vindt dagelijks dus plaats gedurende 8 uur. Het deel van de totale excretie die op het begraasde perceel wordt uitgescheiden kan dus geschat worden op 0,8. De totale excretie wordt afgeleid van de balans tussen opname en uitscheiding zoals die is vastgesteld in houderijsystemen. Hierbij zijn de waarden gebruikt voor de diergroep die het meest representatief is voor ganzen in het wild: ouderdieren van eenden. De uitscheiding van stikstof voor deze diergroep bedraagt 84% van de opname, voor fosfaat is dit 80% (De Buisonjé *et al.*, 2009).

De grasopname (als drogestof) door ganzen wordt, boven een bepaalde schadedrempel, bepaald door taxatie. Omrekening van opname droge stof naar N- en P-opname (NOP_{gans}) geschiedt via het N- en P-gehalte in weidegras (zie onderdeel BEX). De ganzenmest-excreties N_{egT} en P_{egT} worden vervolgens berekend als:

$$N_{egT} = N\text{-opname} * 84\% * 0,8$$

$$P_{egT} = P\text{-opname} * 80\% * 0,8$$

Afvoerposten

Elders in deze paragraaf wordt toegelicht hoe de term Af1 (geoogst van eigen land, inclusief vraat door ganzen) wordt berekend.

De term Af2 (ammoniakverliezen bij beweiding, uit mest en kunstmest, uit gewassen te velde) wordt ontleend aan het onderdeel BEA (hoofdstuk 3). De term Af3 (beweidings-, maai- en oogstverliezen) is een kruispost die gelijk is aan term Aan6. Het is een kruispost in de zin dat de waarde van Aan6 gebaseerd is op de berekende waarde van Af3. De redenering hierbij is dat de aanvoerpost alleen in stand gehouden kan worden door een vergelijkbare (jaarlijkse) investering in de bodemvoorraad, vergelijkbaar met de kruisposten Aan0 en Af0. Vanuit dezelfde gedachtegang is de term Af4 (gewasresten) gelijk is aan Aan7. De term Af5 (vanggewassen) is, zoals hierboven uitgewerkt, gesteld op 40-60 kg N per ha en is alleen aan de orde bij bouwland.

De term Af6 (opbouw kunstweide) heeft betrekking op de vorming van een nieuwe zode onder grasland in wisselbouw (een zogenaamde kunstweide) dat na een bouwlandperiode wordt ingezaaid. Deze term bedraagt 75 kg N per ha per jaar voor de gehele duur van de graslandfase met een maximum van 300 kg N per ha. Dat betekent dat als de graslandfase langer duurt dan 4 jaar, aangenomen wordt dat daarna jaarlijks evenveel N uit wortels en stoppels wordt afgebroken als jaarlijks aan wortels en stoppels worden toegevoegd.

Geoogst van eigen land

De term Af1 (geoogst van eigen land via 'bek' of 'over de dam' (dus na aftrek van beweidings-, maai- en oogstverliezen maar voor aftrek van conserverings- en vervoederingsverliezen), of geoogst om het bedrijf via het erf te verlaten als een te verkopen bouwlandgewas, kg N/ha), wordt als volgt berekend. Voor de gewassen die op het bedrijf zelf gebruikt worden ('ruwvoer') wordt Af1 berekend op basis van de bij het onderdeel BEP opgegeven hoeveelheid opgenomen ruwvoer (na omrekening op basis van N/P verhoudingen) in de vorm van weidegras (NOP_{weide} , kg N), kuilgras of via stalvoeding vers vervoerd gras ($NOP_{maigras}$, kg N), maïskuil ($NOP_{maïskuil}$, kg N) en vraat door ganzen (NOP_{gans} , kg N; voor de berekening, zie voorgaande tekst in deze paragraaf). Hierbij geldt voor de afvoer in de vorm van weidegras ($Af1_{weide}$) en de beweidingsverliezen ($Af3_{weide}$):

$$Af1_{weide} = (NOP_{weide} + NOP_{gans}) / GO,$$

met GO (ha) = totale graslandoppervlakte.

De gegroeide (bovengronds, exclusief stoppel) hoeveelheid gras in de vorm van weidegras (kg N/ha) ($Af1_{weide} + Af3_{weide}$), is gelijk aan:

$$Af1_{weide} + Af3_{weide} = Af1_{weide} \times (100/(100-\text{beweidingsverlies}))$$

met beweidingsverliezen in procenten, volgens Tabel 1.1.

Bij vervoeding van vers gras en kuilgras is de berekening van wat gegroeid is op basis van wat geacht wordt te zijn opgenomen, ingewikkelder omdat dan naast veldverliezen ook vervoederingsverliezen en, eventueel, conserveringsverliezen zullen optreden. Bovendien moet de aankoop en voorraadvorming van ruwvoer verrekend worden.

Voor de opgenomen hoeveelheid gemaaid gras (stalvoeding en kuil) (kg N) van eigen land ($NOP_{\text{maaigras_eigenland}}$) geldt:

$$NOP_{\text{maaigras_eigenland}} = (NOP_{\text{maaigras}} - NOP_{\text{maaigras_aangekocht}})$$

waarbij NOP_{maaigras} de totale hoeveelheid opgenomen vers gevoerd en ingekuild gras is van zowel aangekocht als op eigen land geteeld gras, en $NOP_{\text{maaigras_aangekocht}}$ de in het desbetreffende jaar opgenomen gras (stalvoeding en kuil) uit aankocht gras is (na correctie voor voorraadwijzigingen en vervoederingsverliezen van dat aangekochte gras):

$$NOP_{\text{maaigras_aangekocht}} = (((\text{aangekochte vers gras N en kuilgras N} \times (100 - \text{conserveringsverlies}))/100) - \Delta N_{\text{graskuil}}) \times (100 - \text{vervoederingsverlies})/100$$

Het conserveringsverlies (in procenten volgens Tabel 1.1) verrekent dat ook aangekochte graskuil aan conserveringsverliezen blootstaat. De term $\Delta N_{\text{graskuil}}$ duidt op wijzigingen in de voorraad graskuil (positieve waarden wijzen op toename) in de voorbije 12 maanden. Het vervoederingsverlies (in procenten volgens Tabel 1.1) verrekent dat ook bij aangekocht vers gras of kuilgras vervoederingsverliezen optreden.

Uit $NOP_{\text{maaigras_eigenland}}$ wordt vervolgens de aangeboden hoeveelheid vers gras en kuilgras (kg N) van eigen land ($NAAN_{\text{maaigras_eigenland}}$) berekend:

$$NAAN_{\text{maaigras_eigenland}} = NOP_{\text{maaigras_eigenland}} / (100 - \text{vervoederingsverlies})/100$$

Vervolgens geldt voor de geogste hoeveelheid gemaaid gras N (kg N) van eigen land ($NDAM_{\text{maaigras}}$):

$$NDAM_{\text{maaigras}} = NAAN_{\text{maaigras_eigenland}} / ((100 - \text{conserveringsverlies})/100), \text{ waarbij verrekend dient te worden dat niet alle gras dat gemaaid wordt noodzakelijkerwijs ook geconserveerd hoeft te zijn geweest (nl. ingeval van stalvoeding).}$$

Hieruit valt $Af1_{\text{maaigras}}$ af te leiden als:

$$Af1_{\text{maaigras}} = NDAM_{\text{maaigras}} / GO$$

Tenslotte is de (bovengronds, exclusief stoppel) gegroeide hoeveelheid gras in de vorm van vers gras (t.b.v. stalvoeding) of kuilgras (kg N/ha) van eigen land ($Af1_{\text{maaigras}} + Af3_{\text{maaigras}}$), gelijk aan:

$$Af1_{\text{maaigras}} + Af3_{\text{maaigras}} = Af1_{\text{maaigras}} \times (100/(100 - \text{maaiiverlies}))$$

De bovenstaande berekening van AF1 voor grasland wordt afzonderlijk uitgevoerd voor productiegasland en natuurgasland.

Op vergelijkbare wijze geldt voor de maïskuil:

Voor de opgenomen hoeveelheid maïs (kg N) van eigen land ($NOP_{\text{maïs_eigenland}}$) geldt:

$$NOP_{\text{maïs_eigenland}} = (NOP_{\text{maïs}} - NOP_{\text{maïs_aangekocht}})$$

waarbij $NOP_{\text{maïs}}$ de totale hoeveelheid opgenomen maïs is van zowel aangekocht als op eigen land geteelde maïs (snijmaïs, MKS en CCM), en $NOP_{\text{maïs_aangekocht}}$ de in het desbetreffende jaar opgenomen maïs uit aangekochte maïs is (na correctie voor voorraadwijzigingen en vervoederingsverliezen van die aangekochte maïs):

$$NOP_{\text{maïs_aangekocht}} = (((\text{aangekochte maïs N} \times (100 - \text{conserveringsverlies})/100) - \Delta N_{\text{maïskuil}}) \times (100 - \text{vervoederingsverlies})/100)$$

Het conserveringsverlies (in procenten volgens Tabel 1.1) verrekent dat ook aangekochte maïskuil aan conserveringsverliezen blootstaat. De term $\Delta N_{\text{maïskuil}}$ duidt op wijzigingen in de voorraad maïskuil (positieve waarden wijzen op toename) in de voorbije 12 maanden. Het vervoederingsverlies (in procenten volgens Tabel 1.1) verrekent dat ook bij aangekochte maïs vervoederingsverliezen optreden.

Uit $NOP_{\text{maïs_eigenland}}$ wordt vervolgens de aangeboden hoeveelheid maïs (kg N) van eigen land ($NAAN_{\text{maïs_eigenland}}$) berekend:

$$NAAN_{\text{maïs_eigenland}} = NOP_{\text{maïs_eigenland}} / (100 - \text{vervoederingsverlies})/100$$

Vervolgens geldt voor de geogoste hoeveelheid maïs N (kg N) van eigen land ($NDAM_{\text{maïs}}$):

$$NDAM_{\text{maïs}} = NAAN_{\text{maïs_eigenland}} / ((100 - \text{conserveringsverlies})/100).$$

Hieruit valt $Af1_{\text{maïs}}$ af te leiden als:

$$Af1_{\text{maïs}} = NDAM_{\text{maïs}} / SO,$$

met SO = totale oppervlakte (ha) maïsland (snijmaïs, MKS en CCM)_{maïs}. Tenslotte is de (bovengronds, exclusief stoppel) gegroeide hoeveelheid maïs (kg N/ha) van eigen land ($Af1_{\text{maïs}} + Af3_{\text{maïs}}$), gelijk aan:

$$Af1_{\text{maïs}} + Af3_{\text{maïs}} = Af1_{\text{maïs}} \times (100 / (100 - \text{oogstverlies})) \text{ met oogstverlies (\%)} \text{ als vermeld in Tabel 1.1.}$$

Op vergelijkbare wijze geldt voor het overige ruwvoer:

Voor de opgenomen hoeveelheid overig ruwvoer (kg N) van eigen land ($NOP_{\text{overigruwvoer eigenland}}$) geldt:

$$NOP_{\text{overigruwvoer eigenland}} = (NOP_{\text{overigruwvoer}} - NOP_{\text{overigruwvoer_aangekocht}})$$

waarbij $NOP_{\text{overigruwvoer}}$ de totale hoeveelheid opgenomen ruwvoer is van zowel aangekocht als op eigen land geteeld ruwvoer, en $NOP_{\text{overigruwvoer_aangekocht}}$ de in het desbetreffende jaar opgenomen ruwvoer uit aangekochte ruwvoer is (na correctie voor voorraadwijzigingen en vervoederingsverliezen van dat aangekochte ruwvoer):

$$NOP_{\text{overigruwvoer_aangekocht}} = (((N \text{ in aangekocht overig ruwvoer} \times (100 - \text{conserveringsverlies})/100) - \Delta N_{\text{kuil van overig ruwvoer}}) \times (100 - \text{vervoederingsverlies})/100)$$

Het conserveringsverlies (in procenten volgens Tabel 1.1) verrekent dat ook aangekocht overig ruwvoer aan conserveringsverliezen blootstaat. De term $\Delta N_{\text{kuil van overig ruwvoer}}$ duidt op wijzigingen in de voorraad van dit soort kuilvoer (positieve waarden wijzen op toename) in de voorbije 12 maanden. Het vervoederingsverlies (in procenten volgens Tabel 1.1) verrekent dat ook bij aangekocht ruwvoer vervoederingsverliezen optreden.

Uit $NOP_{\text{overigruwvoer_eigenland}}$ wordt vervolgens de aangeboden hoeveelheid overig ruwvoer (kg N) van eigen land ($NAAN_{\text{overigruwvoer_eigenland}}$) berekend:

$$NAAN_{\text{overigruwvoer_eigenland}} = NOP_{\text{overigruwvoer_eigenland}} / (100 - \text{vervoederingsverlies})/100$$

Vervolgens geldt voor de geogste hoeveelheid overig ruwvoer N (kg N) van eigen land ($NDAM_{\text{overigruwvoer}}$):

$$NDAM_{\text{overigruwvoer}} = NAAN_{\text{overigruwvoer_eigenland}} / ((100 - \text{conserveringsverlies})/100).$$

Hieruit valt $Af1_{\text{overigruwvoer}}$ af te leiden als:

$$Af1_{\text{overigruwvoer}} = NDAM_{\text{overigruwvoer}} / \text{ORO},$$

Tenslotte is de (bovengronds, exclusief stoppel) gegroeide hoeveelheid overig ruwvoer (kg N/ha) van eigen land ($Af1_{\text{overigruwvoer}} + Af3_{\text{overigruwvoer}}$), gelijk aan:

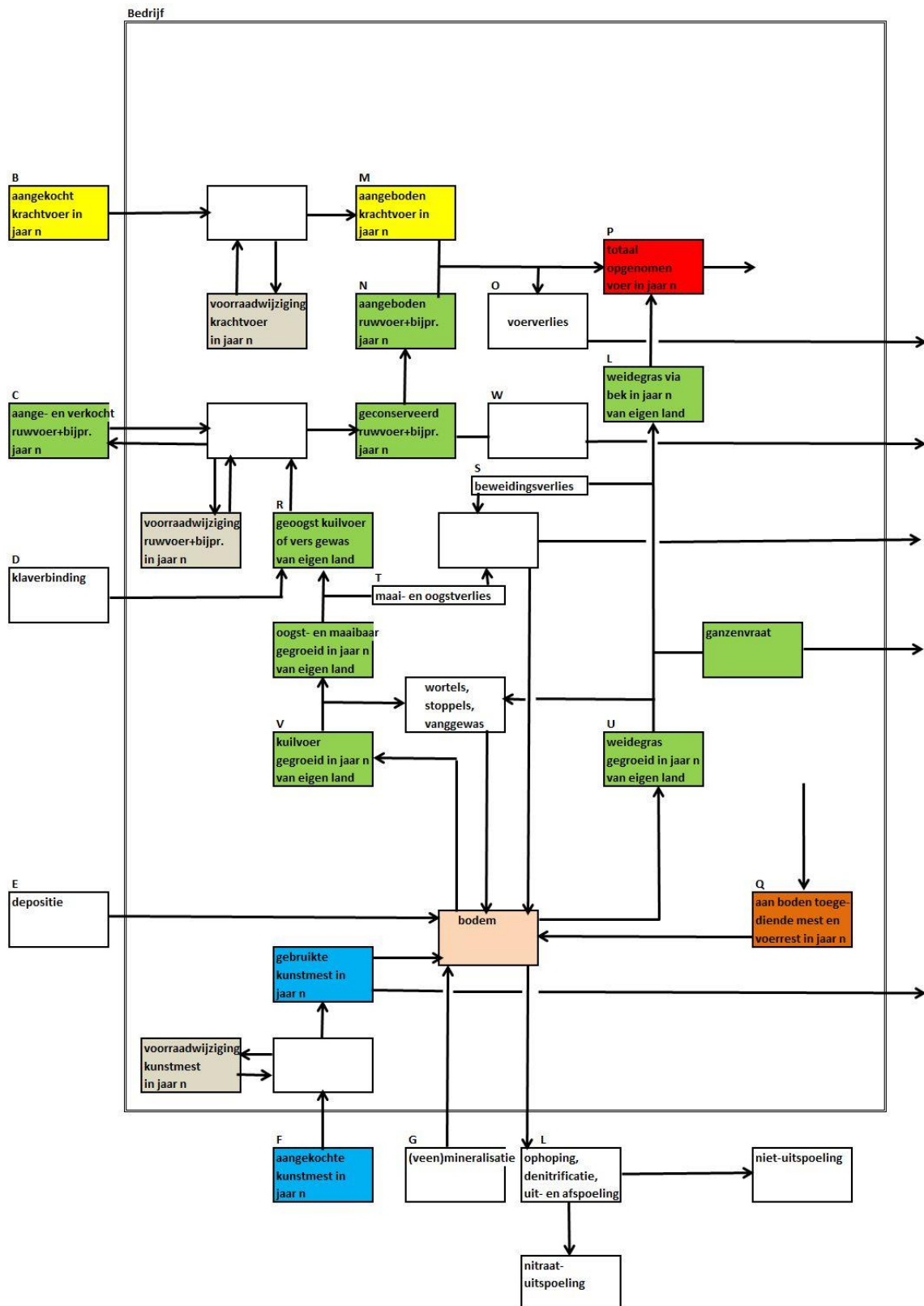
$$Af1_{\text{overigruwvoer}} + Af3_{\text{overigruwvoer}} = Af1_{\text{overigruwvoer}} \times (100/(100 - \text{oogstverlies})) \text{ met oogstverlies (\%)} \text{ als vermeld in Tabel 1.1.}$$

De huidige KringloopWijzer kan ook omgaan met melkveebedrijven die een tak akkerbouw hebben waarvan de oogst vermarkt wordt. Daartoe moet de N-afvoer van marktbaar producten ($Af1_{\text{marktakkerbouw}}$, kg N/ha) berekend worden. Dit gebeurt door het opvragen van het aantal hectares van de in Tabel 4.3 genoemde akkerbouwgewassen en de gemiddelde opbrengst van die gewassen in het desbetreffende jaar. Tenslotte wordt de N-afvoer berekend door de opbrengsten te vermenigvuldigen met gewasspecifieke verstekwaarden zoals vermeld in Tabel 4.2. Voor akkerbouwgewassen die niet in de tabel voorkomen, wordt aangenomen dat deze een verstekafvoer van 150 kg N/ha hebben. Dit cijfer is gebaseerd op de gemiddelde forfaitaire afvoer van een bouwplan dat bestaat uit 25% wintertarwe, 25% consumptieaardappelen, 25% suikerbieten en vijf maal 5% van de gewassen zomergerst, zomertarwe, graszaad, korrelmaïs en zaaiuien, elk met veronderstelde gemiddelde opbrengsten zoals vermeld door het CBS voor de periode 2009-2013 waarbij alleen de hoofdproducten geacht worden te zijn afgevoerd. Aldus:

$$Af1_{\text{marktakkerbouw}} \text{ (kg N/ha)} = (\sum_1^n BOn \times ((YHn \times CNHn) + (YBn \times CNBn))) / \text{AMO},$$

Met BOn = oppervlakte bouwland met gewas n (ha), YHn = opbrengst van hoofdproduct van gewas n (ton vers/ha), YBn = opbrengst van afgevoerd bijproduct van gewas n (ton vers/ha), $CNHn$ = N gehalte van hoofdproduct (kg N/ton vers), $CNBn$ = N gehalte van bijproduct (kg N/ton vers) en AMO = totale oppervlakte (ha) aan oppervlakte van marktbaar akkerbouwgewassen.

Figuur 4.1 geeft een samenvattend stroomschema. Dit stroomschema beperkt zich tot de teelten die op het bedrijf zelf worden verwerkt door het vee (weidegras, kuilgras, maïs en overig ruwvoer) of onverhoopt worden gegeten door ganzen. De volledige afvoer ($Af1$) dient op sommige bedrijven ook nog aangevuld te worden met de nutriënten die volgens opgave in de vorm van akkerbouwteelten worden afgevoerd.



Figuur 4.1 Nutriëntenstromen betrokken bij de berekening van het bodem-N overschot (en eventueel nitraatconcentratie in ontvangend water) op basis van de geschatte voer-N opname voor gespecialiseerde melkveebedrijven zonder akkerbouwtaak.

Voor/nateelten

Soms wordt voorafgaand aan de maïs of na de oogst van een vroeg geogst gewas (zoals graan) nog één of enkele sneden gras geogst. Ook kan het zijn dat na de maïs gras wordt gezaaid als vanggewas en in het daaropvolgende voorjaar nog een snede wordt geogst. Ook kan er een tweede akkerbouwteelt plaatsvinden (bijvoorbeeld een slateelt na wintertarwe).

Deze voor- en nateelten vinden plaats op percelen waarop doorgaans een ander gewas als hoofdteelt is opgegeven bij de gecombineerde opgave. In de K LW werden de opbrengsten van deze voor- en nateelten tot nu toe toegerekend aan het areaal hoofdgewas dat bij de gecombineerde opgave is opgegeven. Wanneer de voor- en nateelten in een andere gewasgroep vallen dan die bij de gecombineerde opgave (grasland, snijmaïs, akkerbouw) geeft dit afwijkingen bij de berekening van bepaalde kengetallen. Bij bijvoorbeeld gras als voorteelt voor snijmaïs wordt de drogestof-, N- en P₂O₅-opbrengst van de voorteelt toegerekend aan het areaal grasland (volgens gecombineerde opgave). Hierdoor wordt de drogestof-, N- en P₂O₅-opbrengst van de graslandpercelen overschat en die van het maïspaneel waarop de voor/nagewassen zijn geteeld onderschat. Hierdoor gaan ook de N- en P₂O₅-overschotten op gewasniveau afwijken van de werkelijke situatie. Overigens wordt de berekening van de N- en P₂O₅-overschotten op bedrijfsniveau hierdoor niet beïnvloed. Daarnaast zijn er ook kengetallen, zoals nitraatuitspoeling en de lachgasemissie, die berekend worden op basis van de N-overschotten op gewasniveau. In dat geval gaat ook de bedrijfswaarde afwijken.

Vanaf de 2021-versie van de K LW is het mogelijk opbrengsten van voor- en nateelten apart in te voeren bij de hoofdgewasgroepen grasland, snijmaïs en akkerbouw. De invoer is hierop afgestemd en het extra geogste gewas zal onderdeel gaan uitmaken van de hoofdteelt van het betreffende perceel. Ook de bemesting met organische mest en kunstmest kan apart worden opgegeven. De opbrengsten per gewas, maar ook de overschotten per gewas, zullen hierdoor beter overeenkomen met de werkelijkheid.

Benutting

Het hiervoor besprokene heeft betrekking op de (on)balans van N-aanvoer en N-afvoer van de bodembalans. De N-benutting in dit deel van de kringloop (N-benutting_{bodem}) is gelijk aan de fractie van de N-aanvoer (volgens de binnen de KringloopWijzer gehanteerde conventie na aftrek van ammoniakverliezen bij beweiding en toediening van (kunst)mest) die tot benutbare N-afvoer leidt (afvoer 'via bek of dam en/of erf', inclusief vraat door ganzen). Daarbij dienen verder keuzes gemaakt te worden aangaande het al dan niet opnemen van kruisposten (N_{min} voorjaar, beweidings-, maai- en oogstverliezen, gewasresten, vanggewassen, vastlegging van N in en vrijkomen van N uit grasland in wisselbouw) in teller en noemer. Dat geldt ook voor de wijze waarop met de termen Aan5 (N-depositie) en Af2 (ammoniakverliezen) moet worden omgegaan: op een hoger schaalniveau zijn ook dit kruisposten omdat er zonder ammoniakemissie geen ammoniakdepositie kan bestaan.

Daar staat tegenover dat de N-aanvoer via depositie niet onder invloed staat van een individuele KringloopWijzer-deelnemer en één en ander zich niet uitsluitend binnen de bedrijfsgrenzen afspeelt. Dat geldt indirect ook voor Aan9 (veenmineralisatie). Deze term is weliswaar niet zonder meer beïnvloedbaar door een individuele KringloopWijzer-deelnemer maar is net als depositie, tot op zekere hoogte wel een gevolg gezamenlijk genomen landbouwkundige beslissingen. Dit alles overwegende definieert de KringloopWijzer de N-benutting in het compartiment bodem als:

$$N\text{-benutting}_{\text{bodem}} = (Af1 + Af3) / (Aan1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 + 9 + 11 - Af2)$$

4.2.1.2 Berekening N-uitspoeling

De hoeveelheid uitgespoelde N wordt berekend via het N-bodemoverschot. De factor die die het N-bodemoverschot (kg N/ha) met de N-concentratie (mg N/l) verbindt, is opgebouwd uit een zogenaamde uitspoelfractie (UF (kg N/kg N)), het deel van het N-bodemoverschot dat daadwerkelijk uitspoelt en niet 'onderweg' wordt omgezet in gasvormige verbindingen zoals N₂, N₂O en NO_x) en het neerslagoverschot (NO (mm = 10000 x liter/ha), dat wil zeggen de hoeveelheid water waarin de uitgespoelde N wordt opgelost), volgens:

$$N\text{-concentratie (mg N/l)} = N\text{-bodemoverschot (kg N/ha)} \times UF \text{ (kg N/kg N)} / (100 \times NO \text{ (mm)})$$

Uit het LMM blijkt dat UF en NO afhankelijk zijn van het grondgebruik (grasland, bouwland) en van de grondsoort (Tabel 4.3). Voorts geeft de desbetreffende tabel aan dat er tussen jaren aanmerkelijke verschillen bestaan in de waarden van de uitspoelfractie en het neerslagoverschot. De waarden voor UF en NO zijn afgeleid van de relaties tussen het N-bodemoverschot en het gemeten nitraatgehalte, zoals die tussen beide gevonden wordt bij deelnemers aan het LMM, het Landelijke Meetnet effecten

Mestbeleid, van RIVM en WEcR-Wageningen UR
(http://www.rivm.nl/Onderwerpen/L/Landelijk_Meetnet_effecten_Mestbeleid).

De hoeveelheid uitgespoelde N (N-bodemoverschot * UF) wordt mede gebruikt voor de berekening van de indirecte N₂O-emissies (zie paragraaf 4.2.2.1).

Ten behoeve van BEN worden de N-bodemoverschotten van al het grasland, het maïsland, het land waarop overige ruwvoerders geteeld worden en het land waarop marktbaar akkerbouwgewassen geteeld worden, in eerste instantie afzonderlijk berekend. Op basis van de procentuele verdeling over de diverse grondsoorten van het grasland en bouwland (maïsland, overige ruwvoerders, marktbaar akkerbouwgewassen) worden de gewogen gemiddelde grondsoortspecifieke UF en het NO van het grasland en het bouwlandland afzonderlijk berekend en vervolgens de bijbehorende N-concentratie. Tenslotte wordt de areaal-gewogen gemiddelde N-concentratie van het bedrijf als geheel berekend.

Tabel 4.3 Uitspoelfractie UF en neerslagoverschot NO (Fraters et al., 2012).

Grondsoort	Uitspoelfractie (95% b.t.b.h.i)		Neerslagoverschot (10% en 90% percentiel)	
	Grasland	Bouwland	Grasland	Bouwland**
Veen	0,05 (0,04-0,06)	0,12 (0,09-0,14)*	320 (264-379)	381 (314-432)*
Klei	0,11 (0,09-0,13)	0,34 (0,25-0,43)	311 (247-375)	353 (294-420)
Nat zand (Gt IV)	0,19 (0,16-0,22)	0,39 (0,35-0,42)	274 (221-319)	358 (304-405)
Matig droog zand (Gt VI)	0,29 (0,25-0,33)	0,59 (0,53-0,64)	280 (226-346)	332 (297-387)
Droog zand (Gt VII)	0,37 (0,32-0,42)	0,75 (0,68-0,81)	298 (245-362)	332 (295-392)

* Niet opgegeven in Fraters et al. (2012) maar geschat vanuit de verhouding van de waarden voor bouwland en gras bij de andere grondsoorten.

** Volgens Schröder et al. (2007) is het neerslagoverschot van snijmaïsland, afhankelijk van de grondsoort, maximaal 5% groter of kleiner dan dat van het overige bouwland; dit onderscheid is in de KringloopWijzer niet langer gemaakt.

4.2.2 Emissie van N₂O uit de bodem

In deze paragraaf wordt een beschrijving gegeven van de berekeningswijze van de gemiddelde jaarlijkse N₂O emissie uit de bodem van een landbouwbedrijf in Nederland. Deze emissie wordt in eerste instantie berekend in kg N₂O-N per bedrijf. De bodememissies vormen de grootste post (circa 80%) in de totale N₂O emissie die afkomstig is van een melkveebedrijf (blijkens ongepubliceerde resultaten van Nederlandse bedrijven in het project 'Dairyman'). De overige bronnen van N₂O emissie van het bedrijf, te weten die uit mestopslagen, worden in paragraaf 4.2.3 behandeld.

Voor het berekenen van N₂O emissies uit de bodem worden de algemeen geaccepteerde 'Tier 1' rekenregels van het IPCC (2006) gebruikt. Waar mogelijk zijn de emissiefactoren van het eenvoudige 'Tier 1' schema van het IPCC vervangen door Nederlandse emissiefactoren die gespecificeerd zijn voor landgebruik en grondsoort door Velthof & Mosquera (2011) op basis van de meest recente proeven in Nederland (zie Tabel 4.4). Daarnaast zijn de berekeningen ook afgestemd op de specifieke bedrijfssituatie zoals aangegeven door de KringloopWijzer deelnemer (bedrijfsspecifieke N-stromen).

De berekende N₂O emissies hebben betrekking op de door de mens veroorzaakte emissie ('human-derived'). Samen met de zogenaamde achtergrondemissie ('background emission') vormen zij de totale N₂O bodememissies van een bedrijf.

De rekenmethode van het IPCC schat de N₂O bodememissie als een fractie van een N-input in/naar de bodem. De totale berekeningsmethodiek bestaat dus uit het kwantificeren van de relevante N-stromen op het bedrijf en de bijbehorende emissiefactoren.

Bij de N₂O-bodememissies wordt onderscheid gemaakt in directe en indirecte bodememissies. Directe emissies vinden plaats op het bedrijf. Indirecte emissies hebben betrekking op emissies die niet binnen het bedrijf optreden maar wel een direct gevolg zijn van uit het bedrijf vervluchtigde en uit- en afgespoelde N.

4.2.2.1 Directe bodememissies

Voor de berekening van de directe N₂O bodememissies uit het bedrijf worden de volgende N-stromen onderscheiden: kunstmest ('cf', chemical fertilizer, vergelijking Eq 4.1), organische mest ('of', organic fertilizer, vergelijking Eq 4.2), N-uitscheiding in de wei ('an', urine and dung excreted by animals, vergelijking Eq 4.3), netto N-input in de bodem afkomstig van N-fixatie door vlinderbloemigen ('cl', N fixation by 'clovers', vergelijking Eq 4.4), N-input door gewasresten ('cr', crop residues, vergelijking Eq 4.5), netto afname van organische bodem-N op minerale gronden ('om', organic matter depletion on mineral soils, vergelijking Eq 4.6) en netto afname van organische bodem-N door ontwatering van veengronden ('pt', organic matter depletion on peat soils, vergelijking Eq 4.7). Voor wat betreft de term 'N-uitscheiding in de wei' geldt dat deze bestaat uit weidemest uitgescheiden door het vee (Aan1) vermeerderd met de N die daaraan is toegevoegd in de vorm van ganzenmest (Aan11). Iedere stroom (behalve in vergelijking Eq 4.7) dient apart gekwantificeerd te worden voor het grasland- en het bouwlanddeel van het bedrijfsareaal en voor de fractie van het bedrijf dat uit minerale grond dan wel uit veengrond bestaat omdat de emissiefactoren verschillend zijn (in totaal maximaal 4 categorieën, zie Tabel 4.4). Indien de verdeling van beide landgebruikstypen (grasland en bouwland) over minerale grond en veengrond niet bekend is, wordt de dominante grondsoort van het bedrijf gekozen. Voor elke N-stroom, elk landgebruikstype en, daarbinnen, continueelten dan wel teelten in wisselbouw, wordt een N₂O emissie berekend (zie ook Tabel 4.4):

De N-stromen die samenhangen met de bemesting (vergelijkingen Eq 4.1 en 4.2) en met de totale N-excretie in de wei (mest en urine; vergelijking Eq 4.3), zijn geënt op informatie die eerder gebruikt is voor de berekening van de N-concentratie in water in het kader van BEN.

$$N_2O-Nem(cf) = EF(cf) * Ninp(cf) \quad (Eq 4.1)$$

met:

$$Ninp(cf) \text{ op gras} = Aan3_{\text{grasland}} \times GO$$

$$Ninp(cf) \text{ op bouwland} = Aan3_{\text{bouwland}} \times BO,$$

met $Aan3_{\text{bouwland}}$ = areaalgewogen gemiddelde van $Aan3_{\text{maïsland}}$, $Aan3_{\text{overigruwvoer}}$ en $Aan3_{\text{marktakkerbouw}}$ en

$EF(cf)$ volgens Tabel 4.4.

$$N_2O-Nem(of) = EF(of) * Ninp(of) \quad (Eq 4.2)$$

met:

$$Ninp(of) \text{ op gras} = Aan2_{\text{grasland}} \times GO$$

$$Ninp(of) \text{ op bouwland} = Aan2_{\text{bouwland}} \times BO,$$

met $Aan2_{\text{bouwland}}$ = areaalgewogen gemiddelde van $Aan2_{\text{maïsland}}$, $Aan2_{\text{overigruwvoer}}$ en $Aan2_{\text{marktakkerbouw}}$ en

$EF(of)$ volgens Tabel 4.4.

$$N_2O-Nem(an) = EF(an) * Ninp(an) \quad (Eq 4.3)$$

met:

$$Ninp(an) = (Aan1 + Aan11) \times GO, \text{ en}$$

$EF(an)$ volgens Tabel 4.4.

Bij de N-stroom die samenhangt met N-fixatie door vlinderbloemigen (vergelijking Eq 4.6) gaat het niet om de totale N-fixatie, maar om het deel dat via gewasresten van de vlinderbloemige in de bodem terecht komt. IPCC neemt namelijk aan dat bij het proces van fixatie geen N₂O geproduceerd wordt, waardoor er geen directe N₂O emissie plaatsvindt van het deel dat geoogst wordt. In BEN wordt een schatting gemaakt van de totale N-fixatie op het bedrijf op basis van de oppervlakte grasland en het aandeel witte klaver daarin en de oppervlakte luzerne en veldbonen. De N-inhoud van de gewasrest van witte klaver wordt geschat als $Aan4_{klaver} \times 0,33$. De N-inhoud van de gewasresten van luzerne en veldboon worden geschat als $Af4_{luzerne}$ en $Af4_{veldboon}$ volgens Tabel 4.2. Voor de N₂O-emissie dient wel onderscheid gemaakt te worden tussen minerale grond en veengrond (Tabel 4.4). De berekening verloopt als volgt:

$$N_2O-Nem(cl) = EF(cl) * Ninp(cl) \quad (Eq\ 4.4)$$

met:

$Ninp(cl) = (Aan4 \times GO \times 0,33) + (Af4_{luzerne} \times LO) + (Af4_{veldboon} \times VO)$ waarbij GO, LO en VO betrekking hebben op, respectievelijk, de oppervlakten (ha) grasland, luzerne en veldboon,

en $EF(cl)$ volgens Tabel 4.4 met gewogen waarden op basis van aandelen minerale grond en veengrond.

In de IPCC 'Tier 1' rekenmethodologie vormt de N die in de bodem terecht komt via gewasresten op het veld ook een bron voor N₂O emissie (vergelijking Eq 4.5). IPCC hanteert daarbij een aangepaste definitie van gewasresten; naast de wortel- en stoppelresten van het bouwland ($Af4$), omvatten gewasresten ook beweidings-, maai- en oogstverliezen van grasland en bouwland ($Af3$), alsmede groenbemesters/vanggewassen geteeld na bouwland-hoofddeelten. Voor de N₂O emissie die gekoppeld is aan gewasresten in de vorm van de wortel- en stoppelresten van grasland hanteert IPCC (2006) een andere berekeningsmethodiek. IPCC (2006) stelt namelijk dat *'The nitrogen residue from perennial forage crops is only accounted for during periodic pasture renewal, i.e. not necessarily on an annual basis as is the case with annual crops'*. Dit betekent dat het gemiddelde aantal hectares grasland dat jaarlijks vernieuwd wordt, beschikbaar dient te zijn. Het gaat daarbij zowel om grasland dat opnieuw wordt ingezaaid op gescheurd grasland als om grasland dat wordt ingezaaid op bouwland. Voor gras in wisselbouw wordt uitgegaan dat er 75 kg N per ha per jaar wordt vastgelegd (met een maximum van 300 kg N per ha) dat vrijkomt tijdens de akkerbouwfase. Deze hoeveelheid is inclusief toename van bodem N tijdens de grasland fase. Voor gras dat opnieuw ingezaaid wordt op gescheurd grasland wordt de hoeveelheid N in de graszode (alleen de N in het gras, d.w.z. de wortels en stoppels, tijdens graslandvernieuwing) geschat op gemiddeld 190 kg N per ha (Van Dijk *et al.*, 1996; Conijn & Taube, 2004; Conijn 2004).

Op grond van het bovenstaande wordt de N₂O emissie uit gewasresten geschat als:

$$N_2O-Nem(cr) = EF(cr) * Ninp(cr) \quad (Eq\ 4.5)$$

met:

$Ninp(cr) = GO \times Aan6_{grasland} + SO \times Af3_{maïslan} + ORO \times Af3_{overigruwvoer}$

$+ BO \times Af4_{bouwland} + SO \times Af5_{maïslan} + (BO-SO) \times Af5_{niet-maïslan}$

$+ (fractie\ van\ (GO-WGO)/GO\ die\ gemiddeld\ jaarlijks\ wordt\ geherinzaaid\ op\ gescheurd\ grasland \times 190) + WGO_{<5} \times 75$

Met:

GO, BO, SO, ORO, WGO, WGO<4 = oppervlakten van, respectievelijk, alle grasland, alle bouwland, maïslan (snijmaï, CCM, MKS), overige akkerbouwmatige ruwvoerders, grasland in wisselbouw en grasland in wisselbouw met een maximale leeftijd van 4 jaar, en

$Aan6_{grasland} = Af3_{maïgras} + Af3_{weide}$, en

$Af4_{\text{bouwland}}$ = areaalgewogen gemiddelde van de gewasspecifieke gewasresten volgens Tabel 2.3.3, en

$Af5_{\text{niet-maisland}}$ = areaalgewogen gemiddelde N-inhoud van groenbemesters op bouwland exclusief maïsland in de vorm van braak ($Af5 = 0$), niet-vlinderbloemige groenbemester ($Af5 = 50$) en vlinderbloemige groenbemester ($Af5 = 60$), en

EF(cr) volgens Tabel 4.4 met gewogen waarden op basis van aandelen minerale grond en veengrond.

De laatste twee bronnen van directe N_2O emissie vanuit de bodem hangen samen met een daling in de voorraad organisch gebonden N in de bodem (vergelijking Eq 4.6). Bij minerale bodems kunnen de volgende situaties voorkomen: (a) in continu grasland (met/zonder graslandvernieuwing) en in continu bouwland kan een geleidelijke daling per jaar plaatsvinden en (b) tijdens de bouwlandfase na het scheuren van grasland in wisselbouwsystemen zal een daling plaatsvinden. Dalingen zoals bedoeld onder a) worden in BEN vooralsnog niet gekwantificeerd. Dalingen zoals bedoeld onder b) zijn al geschat met behulp van vergelijking Eq 4.5 door de jaarlijkse ophoping in gras en bodem van 75 kg N per ha grasland in wisselbouw. Deze N komt weer vrij met de totale extra mineralisatie (kg N per ha per cyclus) die optreedt tijdens de bouwlandfase door afbraak van de graszode en de bodemorganische stof (zie paragraaf 4.2.1.1).

In Nederland zorgt ontwatering van veengronden ten behoeve van melkveebedrijven voor een geleidelijke daling van de bodem en extra afbraak van de aanwezige bodemorganische stof. Voor de kwantificering van de extra N-input worden Nederlandse gegevens gebruikt (zie Tabel 4.4) waaronder een jaarlijkse veenmineralisatie van 235 kg N/ha. De N_2O emissie die verbonden is aan de veenmineralisatie, wordt als volgt geschat:

$$N_2O\text{-Nem}(pt) = EF(pt) * N_{inp}(pt) \quad (\text{Eq 4.6})$$

met:

$$N_{inp}(pt) = TO \times \text{fractie veengrond in totale bedrijfsoppervlakte} \times 235,$$

en $EF(pt) = 0,02$ (zie Tabel 4.4).

Voor het berekenen van de totale directe N_2O bedrijfsemissie worden de verschillende emissies van vergelijkingen Eq 4.1 tot en met Eq 4.6 gesommeerd (in kg N_2O -N per jaar) en worden tenslotte de bodememissies onder onbemeste omstandigheden opgeteld. Het IPCC (2006) meldt hierover: '*Natural N_2O emissions on managed land are assumed to be equal to emissions on unmanaged land. These latter emissions are very low. Therefore, nearly all emissions on managed land are considered anthropogenic. Estimates using the IPCC methodology are of the same magnitude as total measured emissions from managed land. The so-called 'background' emissions estimated by Bouwman (1996) (i.e., approx. 1 kg N_2O -N/ha/yr under zero fertiliser N addition) are not 'natural' emissions but are mostly due to contributions of N from crop residue. These emissions are anthropogenic and accounted for in the IPCC methodology.*

Voor de bouwland heeft het IPCC de jaarlijkse input van gewasresten meegenomen (vergelijking Eq 4.5) waarmee de emissie uit voornoemd onbemest bouwland is inbegrepen, maar voor grasland is dit nog niet gedaan. Als gevolg daarvan zijn de emissies van onbemest grasland nog niet meegenomen. Er worden twee situaties onderscheiden:

- a. De emissie van onbemest grasland ($N_2O_{em}(\text{backgr_grassl_m})$) op minerale gronden wordt geschat op gemiddeld 1 kg N_2O -N per ha per jaar (Velthof *et al.*, 1996) en wordt vermenigvuldigd met het aantal hectares grasland op het bedrijf:

$$N_2O_{em}(\text{backgr_grassl_m}) = GO \times (1 - \text{fractie veengrond binnen TO}) \times 1 \quad (\text{Eq 4.7})$$

- b. De emissie van onbemest grasland op veengronden ($N_2O_{em}(\text{backgr_grassl_p})$) wordt geschat op gemiddeld 5,3 kg N_2O-N per ha per jaar (Velthof *et al.*, 1996). Echter, er is al rekening gehouden met $235 \times 0,02 = 4,7$ kg N_2O-N emissie per ha veengrond als gevolg van extra mineralisatie op ontwaterde veengronden (zie vergelijking Eq 4.8 en Tabel 4.4). Correctie hiervoor levert:

$$N_2O_{em}(\text{backgr_grassl_p}) = GO \times (\text{fractie veengrond binnen GO}) \times (5,3 - 4,7) \quad (\text{Eq 4.8})$$

Deze 'extra' N_2O emissies worden toegevoegd aan de emissies van vergelijkingen Eq 4.1 tot en met Eq 4.6. Door vermenigvuldiging met 44/28 wordt de totale directe N_2O bedrijfsemissie verkregen in kg N_2O per jaar.

Tabel 4.4 De bodem-gerelateerde N inputs en N_2O emissiefactoren. Waarden behorend bij Cf en Of zijn gebaseerd op Velthof & Mosquera (2011), waarden behorend bij An zijn afkomstig van Velthof *et al.* (1996), andere waarden zijn verondersteld gelijk te zijn aan die bij Cf en Of of zijn afkomstig van andere literatuur bronnen.

Inputs (kg N j ⁻¹) ^{a)}	Code	Omschrijving	Emissiefactoren (EF) ^{b)} (g N_2O-N (g N input) ⁻¹)	
			IPCC (2006)	Waarden in BEN ^{k)}
Vervluchtiging ('off-farm')	Vol	Totaal bedrijfsverlies door vervluchtiging	0,01	0,01 (van IPCC)
Uitspoeling ('off-farm')	Lea	Totaal bedrijfsverlies door uitspoeling	0,0075	0,0075 (van IPCC)
Kunstmest	Cf	Toegediende kunstmest-N	0,01	Grasland: 0,008 – 0,03 ^{c)} Akkerland: 0,008 – 0,03 ^{c,d)}
Organische mest	Of	Toegediende organische bemesting ^{e)}	0,01	Grasland: 0,003 – 0,01 ^{c)} Akkerland: 0,013 – 0,02 ^{c)}
Uitscheiding in het veld	An	Excretie in het veld (mest plus urine)	0,02	Grasland: 0,024 – 0,061 ^{c)}
Netto biologisch-gefixeerde N	Cl	Gefixeerde N in de gewasresten van vlinderbloemigen	0,01	Mengcultuur ^{f)} : 0,003 – 0,01 ^{c,g)} Monocultuur: 0,013 – 0,02 ^{c,g)}
Gewas-/grasresten	Cr	Totale input via gewas-/grasresten	0,01	Grasland: 0,003 – 0,01 ^{c,g)} Akkerland: 0,013 – 0,02 ^{c,g)}
Input via bodem-organische stof-afname	Om	Netto afname van bodemorganische N op minerale gronden	0,01	Gras-gras ^{h)} : 0,003 ^{g)} Perm., akker: 0,013 ^{g)} Gras-akker: 0,008 ⁱ⁾
Extra mineralisatie in veengronden	Pt	Afname van bodemorganische N op veengronden	8 kg N_2O-N ha ⁻¹ j ⁻¹	4,7 kg N_2O-N ha ⁻¹ j ⁻¹ ^{j)}

^{a)} Inputs worden per landgebruikstype (grasland of akker) en indien mogelijk per grondsoort bepaald.

^{b)} EF's zijn gebaseerd op totale inputs inclusief eventuele ammoniakvervluchtiging in het veld.

^{c)} Eerste waarde geldt voor minerale gronden, tweede waarde voor organische gronden.

^{d)} Waarde is verondersteld gelijk te zijn aan die van grasland.

^{e)} Waarde geldt voor emissie-arme toediening (met betrekking tot ammoniakvervluchtiging).

^{f)} Mengcultuur geldt voor gras-klover mengsels, monocultuur geldt voor akkerbouwmatige teelt van vlinderbloemigen.

^{g)} Waarden zijn verondersteld gelijk te zijn aan die van organische mesttoediening op grasland of akkerland.

^{h)} Gras-gras heeft betrekking op permanent grasland of herinzaai van grasland; perm. akker geldt voor permanente akkerbouw en gras-akker voor akkerbouw na grasland (wisselbouw).

ⁱ⁾ Waarden zijn geschat door het gemiddelde te nemen van de waarden bij organische mesttoediening op grasland en akkerland.

^{j)} Waarde is gebaseerd op een netto afname van 235 kg N ha⁻¹ j⁻¹ door oxidatie van bodemorganische stof en een emissiefactor van 0,02 (bron: NL protocol voor rapportage van N_2O emissies (NIR, 2014), gebaseerd op Kuikman *et al.* (2005).

^{k)} De waarden vallen binnen het onzekerheidsgebied zoals gepubliceerd door het IPCC: 0,007 – 0,06 voor excretie in het veld, 0,003 – 0,03 voor andere inputs en 2 – 24 voor N_2O-N emissie van gecultiveerde organische gronden in de gematigde klimaatzone.

4.2.2.2 Indirecte N₂O-emissies

Zoals hiervoor aangegeven zijn de zogenaamde indirecte N₂O emissies het gevolg van vervluchtiging ('vol', volatilization) en uit- en afspoeling ('lea', leaching) van N en worden zij berekend volgens vergelijkingen Eq 4.9 en 4.10 (zie Tabel 4.4 voor de verklaring van de termen/codes en de waarden voor de emissiefactoren):

$$N_2O-Nem(vol) = EF(vol) * Nloss(vol) \quad (Eq\ 4.9)$$

met $Nloss(vol)$ = totale NH₃-N verlies in het veld volgens BEA in kg NH₃-N.

$$N_2O-Nem(lea) = EF(lea) * Nloss(lea) \quad (Eq\ 4.10)$$

met $Nloss(lea)$ = N-bodemoverschot x UF (volgens BEN).

Aangezien de bodemomstandigheden buiten het bedrijf (relatief) onbekend zijn, worden in de vergelijkingen Eq 4.1 en Eq 4.2 emissiefactoren gebruikt die het IPCC heeft opgesteld (Tier 1) in combinatie met het bedrijfsspecifieke (totale) verlies aan N via vervluchtiging en uitspoeling. De betreffende N-stromen worden in BEA en BEN bepaald.

De totale indirecte N₂O-N-emissie is gelijk aan de som van Eq. 4.9 en Eq. 4.10. Door vermenigvuldiging met 44/28 wordt de totale indirecte N₂O-bedrijfsemissie verkregen in kg N₂O per jaar.

4.2.3 Emissie van N₂O uit stal en mestopslagen

4.2.3.1 Melkvee

In deze paragraaf wordt een beschrijving gegeven van de berekeningswijze van de gemiddelde jaarlijkse N₂O emissie uit de mestopslagen van een melkveebedrijf in Nederland. Deze emissie wordt in eerste instantie berekend in kg N₂O-N per bedrijf. Daarbij worden de volgende mestmanagementsystemen onderscheiden:

- Dunne 'stalmest' in opslag (drijfmest).
- Vaste 'stalmest' in opslag (vaste mest).

Drijfmest wordt geacht te worden opgeslagen in een mestkelder onder de stallen en in mestopslagen buiten de stal. Vaste mest wordt geacht te worden opgeslagen in de stal (bijvoorbeeld potstallen) en in een buitenopslag (mestvaalt).

De berekeningswijze in het kader van BEN is grotendeels gebaseerd op de nationale monitoringprotocollen. Deze protocollen beschrijven de methoden en werkprocessen voor het vaststellen van de emissies, inclusief activiteitendata en emissiefactoren. Deze zijn gepubliceerd door het Ministerie van Infrastructuur en Milieu (IenM). Dit protocol valt onder IPCC categorie 4B11 en 4B12: N₂O mestmanagement (www.agentschapnl.nl/programmas-regelingen/monitoring-protocollen). Dit protocol beperkt zich tot de N₂O-emissie uit mest die in de stal wordt geproduceerd, vervolgens tijdelijk wordt opgeslagen en/of be-/verwerkt en vervolgens afgevoerd. De lachgasemissie als gevolg van de productie van mest in de weide is behandeld in de voorgaande paragraaf 4.2.2.1.

De emissie van N₂O uit dierlijke mest tijdens opslag en behandeling is afhankelijk van het N- en C-gehalte van de mest, de bewaarduur van de mest in de opslag en de behandelwijze. Tijdens de opslag wordt de mest vaak zuurstofarm, waardoor de nitrificatie wordt geremd en denitrificatie laag blijft. Nitrificatie is het proces waarbij ammonium (NH₄⁺) onder zuurstofrijke omstandigheden door bacteriën wordt omgezet tot nitraat. Lachgas kan hierbij als bijproduct worden gevormd, met name indien de nitrificatie wordt geremd door zuurstofgebrek. Voor nitrificatie is geen organische stof nodig. Denitrificatie is het proces waarbij bacteriën onder zuurstofloze omstandigheden nitraat (NO₃⁻) omzetten in de gasvormige stikstofverbinding N₂, met als bijproduct N₂O. Organische stof wordt hierbij als energiebron gebruikt. De N₂O-emissie uit vaste mest is hoger dan de emissie uit dunne mest, omdat in dunne mest nauwelijks nitrificatie optreedt als gevolg van tekort aan zuurstof.

De emissie van N₂O uit dierlijke mest wordt als volgt berekend:

$$N_2O_{(Dmm)} = \left[\sum_S \left[\sum_T (N_{excretie_T} * MS_{(T,S)}) \right] * EF_{(S)} \right] * \frac{44}{28}$$

N₂O_(Dmm) : N₂O-emissie van mestmanagementsystemen in kg.

N_{excretie(T)} : Totale N-excretie per diercategorie T in kg (met T = melkvee, jongvee of (totaal)overige graasdieren). Deze N-excretie wordt afgeleid uit BEX (zie hoofdstuk 2), maar niet verminderd met de gasvormige N-verliezen uit stal en opslag en ook niet gecorrigeerd voor aan- en afgevoerde mest. Volgens IPCC conventies heeft de N₂O-emissie uit mestopslagen namelijk alleen betrekking op de op het bedrijf zelf geproduceerde mest.

MS_(T,S) : fractie van totale N-excretie per diercategorie T volgens mestmanagementsysteem S

EF(S) : emissiefactor voor het gedefinieerde mestmanagement systeem S in kg N₂O-N/kg N uitgescheiden mest.

44/28 : omrekenfactor van kg N₂O-N naar kg N₂O

S : mestmanagementsystemen: systeem voor dunne mest en systeem voor vaste mest.

De hoeveelheid N in mest betreft de bruto hoeveelheid N in mest, d.w.z. niet verminderd met de gasvormige N-verliezen uit stal en opslag. Deze methodiek komt overeen met de IPCC methode (IPCC, 2006). Dat betekent dat de totale hoeveelheid geproduceerde mest-N wordt vermenigvuldigd met de emissiefactor zonder aftrek van ammoniak en overige gasvormige N-verliezen.

Het vaststellen van de hoeveelheid geproduceerde mest wordt volgens de 'Tier 3' methode (dat wil zeggen: land-specifiek) uitgevoerd. Ook voor de emissiefactoren worden land-specifieke ('Tier 3') waarden toegepast. De berekeningen vindt plaats volgens het Nationaal Emissie Model Ammoniak (NEMA; Velthof *et al.*, 2012; Van Bruggen *et al.*, 2021). Naast NH₃ schat het model ook de emissies van N₂O, NO en N₂ uit stallen en opslagen (Tabellen 3.2 en 3.3).

Voor de emissiefactoren wordt gebruikt gemaakt van de default waarden van IPCC (2006) (Tabel 4.5).

Tabel 4.5 Emissiefactoren (EF_S) per mestmanagementsysteem in kg N₂O-N / kg N uitgescheiden mest.

Mestmanagementsysteem	Emissiefactoren in kg N ₂ O-N / kg N uitgescheiden mest in de stal
Dunne mest	0,002
Vaste mest	0,005

Bron: IPCC, 2006.

4.2.3.2 Overige graasdieren

Voor de 'overige graasdieren' wordt de forfaitaire netto mest-N productie (Tabel 3.6) eerst, net als bij de berekening van de TAN-productie, omgerekend naar de bruto mest-N productie op basis van de verhouding netto/bruto (Tabel 3.1). Vervolgens wordt met behulp van de N₂O-N emissiefactoren (Tabel 4.6) berekend hoeveel N₂O-N gevormd wordt.

Tabel 4.6 Emissiefactoren (EFs) per diercategorie in kg N₂O-N / kg N uitgescheiden mest.

Diercategorie	Emissiefactoren in kg N ₂ O-N / kg N Uitgescheiden mest in de stal	
	Dunne mest	Vaste mest
Fokstieren > 1 jaar (cat. 104)	0,002	0,005
Weide- en zoogkoeien (cat. 120)	0,002	0,005
Startkalveren, rosé- of roodvlees (cat. 115)	0,002	0,005
Rosékalveren, 3 mnd - slacht (cat. 116)	0,002	0,005
Rosékalveren, 2 wkn - slacht (cat. 117)	0,002	0,005
Roodvleesstieren, 3 mnd - slacht (cat. 122)	0,002	0,005
Fokschapen (cat. 550)	0,005	0,005
Vleeschapen, < 4 mnd (cat. 551)	0,005	0,005
Overige schapen, > 4 mnd (cat. 552)	0,005	0,005
Melkgeiten (cat. 600)	0,01	0,01
Opfok- en vleesgeiten, < 4 mnd (cat. 601)	0,01	0,01
Opfok- en vleesgeiten, > 4 mnd (cat. 602)	0,01	0,01
Pony's (cat. 941)	0,005	0,005
Paarden (cat. 943)	0,005	0,005

4.2.3.3 'Staldieren'

Voor de categorie 'staldieren', worden forfaitaire, niet van de rantsoensamenstelling afhankelijke lachgas-emissies aangehouden. Deze zijn afhankelijk van de diersoort en het staltype, volgens:

$$\text{Emissie lachgas (kg N}_2\text{O)} = \text{gad} \times \text{lachgas (kg N}_2\text{O-N per dier)} \times 44/28$$

waarbij:

gad = gemiddeld aantal aanwezige dieren (afkomstig uit de invoergegevens)

lachgas = emissie in kg N per dier (Tabel 4.7)

Tabel 4.7 Bruto N excretie (kg N per dierplaats) en emissiefactoren van N₂O-N (EF_{N₂O}) en van de overige gasvormige N-verliezen (anders dan NH₃ (EF_{nietNH₃})) in kg N per 100 kg bruto N-excretie voor drijfmest (DM) en voor vaste mest (VM).

Diergroep_oms	Bruto N-excretie (kg N per dierplaats)	EF _{nietNH₃} , DM	EF _{nietNH₃} , VM	EF _{N₂O} , DM	EF _{N₂O} , VM
Kraamzeugen	29,8	2,4	3,5	0,2	0,5
Guste en dragende zeugen	20,7	2,4	3,5	0,2	0,5
Gespeende biggen	2,2	2,4	3,5	0,2	0,5
Vleesvarkens	11,6	2,4	3,5	0,2	0,5
Leghennen	0,76	1,2	0,7	0,1	0,1
Vleeskuikens	0,43	1,2	0,7	0,1	0,1
Witvleeskalveren	14,3	2,4	3,5	0,2	0,5

4.2.3.4 Emissie van N₂O bij mestscheiding

Bij het scheiden van de mest vindt ook emissie van N₂O plaats. Deze verliezen ontstaan bij het opslaan van de dikke fractie. De NEMA geeft alleen totaal verliezen, incl. de verliezen tijdens de opslag van de drijfmest voorafgaand aan de scheiding. Deze bedraagt 0,5% van de ingaande N uit drijfmest. Een deel van deze emissie is in de KLW al ingerekend bij de berekening van de stalopslag, namelijk 0,2% van de N in drijfmest (Tabel 4.5). Om dubbeltellingen te voorkomen moet deze hoeveelheid in mindering worden gebracht op het bovengenoemde percentage van 0,5%. In tabel 4.8 staan de extra N₂O-verliezen voor het scheiden van mest weergegeven.

Tabel 4.8 Extra N₂O-verliezen bij het scheiden van drijfmest en de opslag van de dunne en dikke fractie (afgeleid van NEMA) in kg N₂O-N / kg N.

Ingaande drijfmest	Emissiefactoren in kg N ₂ O-N / kg N ingaaende drijfmest
Graasdieren	0,003
Staldieren	0,003

4.2.3.5 Indirecte N₂O-emissies

Indirecte N₂O-emissies ontstaan als gevolg van verluchtigingsverliezen (NH₃-N- en NO_x-N) uit stal en mestopslag en worden als volgt berekend:

$$N_2O-N_{em} (vol) = EF(vol) * N_{loss} (vol)$$

met N_{loss} (vol) = totale NH₃-N verlies uit stal en opslag volgens BEA in kg NH₃-N en totale NO_x-N-verlies. Voor de emissiefactor EF(vol) wordt uitgegaan van dezelfde waarde zoals gebruikt bij de indirecte N₂O-emissies uit de bodem door NH₃-N-verluchtiging (zie paragraaf 4.2.2.2).

4.2.4 Overige gasvormige N-verliezen, anders dan NH₃-N en N₂O-N

In het voorgaande is aangegeven waar en hoeveel N als ammoniak, als nitraat en als lachgas verloren gaan. Het resterende verschil tussen aangevoerde en afgevoerde N wordt toegeschreven aan voorraadswijzigingen op het erf ((kunst)mest, voer, veestapel) en in de bodem (met name organische N) en andere gasvormige verliezen dan NH₃-N en N₂O-N. Aangenomen wordt dat deze 'resterende gasvormige N-verliezen', niet alleen optreden vanuit de bodem maar voor een klein deel ook vanuit stal en mestopslagen en vanuit kuilen. Het betreft verliezen in de vorm van N₂ en NO_x.

In Figuur 1.3 wordt de post 'geconserveerd ruwvoer en bijproducten' onderscheiden. Het is de som van het geogoste ruwvoer, het saldo van verkocht ruwvoer en aangekocht ruwvoer (positieve waarde als meer verkocht dan gekocht wordt) en bijproducten (gecorrigeerd voor voorraadswijzigingen). De resterende gasvormige N-verliezen uit deze kuilen worden becijferd op 3, 1 en 1,5% van, respectievelijk, ingekuild gras, maïs (snijmaïs, MKS en CCM) en aanvullend ruwvoer waaronder natte bijproducten (Tabel 1.1).

De resterende gasvormige N-verliezen uit stal en opslag worden becijferd als het verschil tussen 'overige gasvormige N-verliezen volgens Tabellen 3.6 (overige graasdieren) en Tabel 3.9 (staldieren) (daar ter berekening van de niet-ammoniak verliezen) en de lachgasverliezen volgens Tabel 4.6 (overige graasdieren) en Tabel 4.7 (staldieren), waarbij de verliezen steeds betrokken worden op de som van de bruto uitgescheiden hoeveelheid 'stalrest', de afgevoerde mest en aangevoerde mest (gecorrigeerd voor voorraadswijzigingen).

4.3 Kanttekeningen bij BEN

Besloten is om de KringloopWijzer niet pas dan te introduceren als elk denkbaar type bedrijf en, daarbinnen, elke N-stroom kan worden doorgerekend. De KringloopWijzer is nog niet geschikt voor:

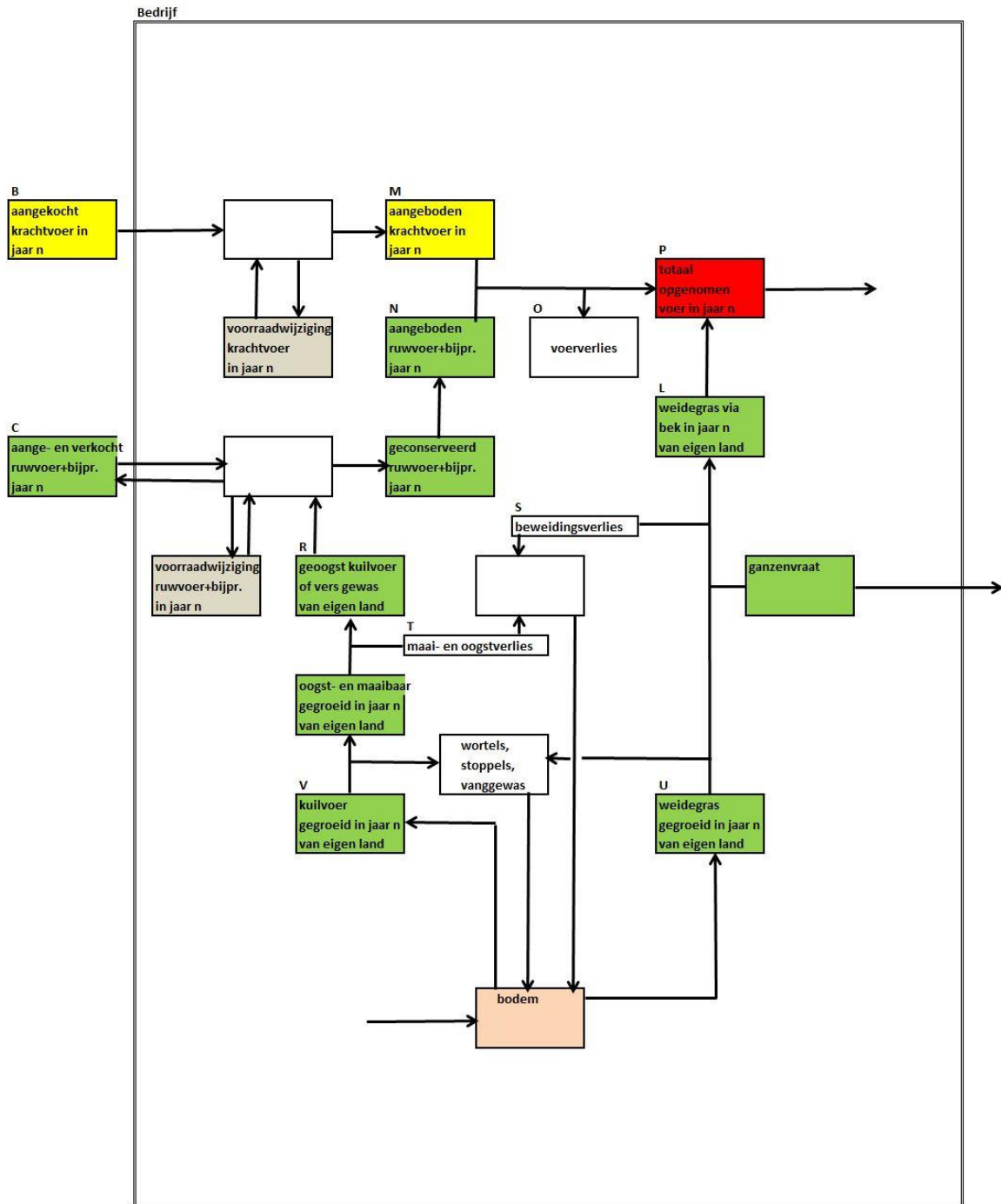
- Het nauwkeurig evalueren van de gewasspecifieke N-benuttingen binnen de grasland- en bouwlandfase van wisselbouwsystemen omdat bij de N-opbrengsten geen onderscheid gemaakt wordt tussen wisselbouw en continue teelt en de afvoertermen beweidings-, maai- en oogstverliezen nog niet exact aan de correcte volgteelten als aanvoerterm worden toegewezen,
- De mineralisatie vanuit veengrond op grasland wordt in de KringloopWijzer op 235 kg N per ha per jaar gesteld. Dit getal is ontleend aan Kuikman *et al.* (2005). Bij eerdere publicaties is dezelfde mineralisatie onder verwijzing naar Van Kekem (2004) becijferd op 160 kg N per ha per jaar. Aanbevolen wordt om nader onderzoek te doen naar welk van beide getallen het best van toepassing is,

-
- Wat betreft nitraatuitspoeling wordt opgemerkt dat de relatie tussen het berekende N-overschot en de nitraat-N concentratie in het bovenste grondwater of nabije oppervlaktewater ontleend is aan waarnemingen op zeer veel bedrijven en gedurende vele jaren. Van deze waarnemingen is vervolgens het gemiddelde bepaald. Zelfs binnen eenzelfde grondsoort (veen, klei, zand), ontwateringsklasse (nat, droog) en wijze van grondgebruik (grasland, bouwland) bestaat echter een zeer grote spreiding tussen bedrijven en tussen jaren. Die spreiding is het gevolg van het feit dat de termen mineralisatie en vastlegging niet ieder jaar in evenwicht zijn, neerslagoverschotten variëren en ook denitrificatie van meer factoren afhankelijk is dan hier genoemd. Vanuit dat oogpunt is het discutabel om bedrijfsprestaties op basis van slechts één of enkele jaren te beoordelen en dienen de voorspelde nitraatconcentraties dan ook te worden geïnterpreteerd als een indicatie van de nitraatconcentratie bij gemiddelde omstandigheden voor de betreffende grondsoort, ontwateringsklasse en grondgebruik,
 - Wat betreft de emissies van N₂O vanuit de bodem, dient ook nog het volgende te worden opgemerkt. Deze emissies variëren zeer sterk in ruimte en tijd, waardoor vaak veel metingen nodig zijn. De totale jaarlijkse emissie wordt gewoonlijk bepaald op basis van een beperkt aantal meetperiodes (bijv. een deel van de dag en een aantal dagen in het jaar) en door interpolatie wordt de totale emissie van het hele jaar geschat. Er is mede daardoor veel onzekerheid en ruimte voor verbetering van de rekenmethode en de bepaling van de emissiefactoren en andere parameters. In 2013 zijn (inter)nationale experts uitgenodigd om te praten over verbeteringen en alternatieve methoden (workshop op 7-03-2013 in Wageningen. De methodologie die in BEN gevolgd wordt (gebaseerd op 'Tier 1' van het IPCC (2006)), vormt een basis waarin toekomstige verbeteringen gemakkelijk kunnen worden opgenomen, al dan niet in overleg met de internationale experts. Op grond van een beperkte literatuurstudie lijken met name de volgende aspecten in aanmerking te komen voor toekomstige aanpassingen:
 - N₂O emissie van onbemeste velden.
In de database van Velthof & Mosquera (2011) is een groot aantal proeven aanwezig voor een nieuwe bepaling van de emissie van onbemeste velden.
 - Effect van gemiddelde bodemvochtcondities.
Er zijn grote effecten te verwachten van de gemiddelde bodemvochtcondities van minerale gronden en veengronden. Door literatuuronderzoek is onder meer een relatie afgeleid tussen de gemiddelde grondwaterstand en de N₂O emissie uit veengronden in Nederland, die in een volgende versie van BEN zou kunnen worden gebruikt. Dit vergroot vanzelfsprekend wel de inputbehoefte van BEN.
 - Graslandvernieuwing.
Uit proeven komt naar voren dat bij graslandvernieuwing ook de emissiefactoren van de toegediende meststof veranderen ten opzichte van de situatie zonder vernieuwing. Door bestudering van meer literatuur kunnen aangepaste emissiefactoren beter bepaald worden.
 - Verandering organische stofgehalte.
BEN houdt rekening met de extra N₂O-productie die het gevolg is van veenmineralisatie, maar negeert de N₂O-productie die op zou treden als op een minerale grond het organische stofgehalte van de bodem daalt. In toekomstige versie van BEN zou daarmee rekening gehouden moeten worden.
 - Balansmethode.
Een alternatieve berekeningsmethode gaat uit van het idee dat de N₂O emissie beter te beschrijven is als een fractie van de totale denitrificatie of van het bodem-N overschot. In de literatuur zijn voorbeelden gevonden die deze methode gebruiken. Echter, meer literatuuronderzoek en overleg met de experts is nodig om betrouwbare emissiefactoren te bepalen voor deze methode.

5 BEP: bedrijfsspecifieke P-stromen

5.1 Inleiding

BEP heeft tot doel te becijferen hoeveel P (P_2O_5) van het land wordt afgevoerd via weidende dieren ('via de bek'), oogstproducten van gewassen ('via de dam') en eventueel meevretende ganzen. Met dat kengetal wordt inzichtelijk gemaakt hoeveel P in de vorm van mest en/of kunstmest aangevoerd moet worden om aanvoer en afvoer met elkaar in evenwicht te laten zijn.



Figuur 5.1 Nutriëntenstromen betrokken bij de berekening van de hoeveelheid door machines en dieren geogste P van eigen land op een melkveebedrijf zonder neventak akkerbouw.

5.2 Berekeningswijze

In het kader van BEX wordt op basis van veestapelsamenstelling en productie de totale VEM-behoefte van de melkveestapel op het bedrijf berekend. Daarbij wordt een opsplitsing gemaakt tussen aangekochte voeders (krachtvoer, aangekocht ruwvoer), en zelf geteelde ruwvoerders (weidegras, kuilgras, maïskuil (snijmaïs, MKS en CCM), luzerne, veldboon, GPS). Door elk van deze voeders met hun bedrijfsspecifieke P/VEM verhouding te vermenigvuldigen, wordt berekend hoeveel P (kg P₂O₅) uit eigen voer is opgenomen en 'via bek of dam' is geogst. Figuur 5.1 verduidelijkt een en ander.

$$P \text{ opname uit eigen voer} = \text{totale P opname} - P \text{ opname uit aangekocht voer}, \quad (\text{Eq 5.1})$$

$$\begin{aligned} \text{met: } P \text{ opname uit eigen voer} &= P \text{ in ruwvoer geogst via bek of dam} - \\ P \text{ voerrest}_{\text{eigenvoer}}, & \quad (\text{Eq 5.2}) \\ \leftrightarrow P \text{ in ruwvoer geogst via bek of dam} &= P \text{ opname uit eigen voer} + P \text{ voerrest}_{\text{eigenvoer}} \end{aligned}$$

en:

$$P \text{ opname uit aangekocht voer} =$$

$$P \text{ in aangekocht voer} - P \text{ voorraadvorming} - P \text{ voerrest}_{\text{aangekochtvoer}} \quad (\text{Eq 5.3})$$

Hierbij wordt aangenomen dat het vervoederingsverlies 2 tot 5% bedraagt, afhankelijk van de aard van het voer (Tabel 1.1), en de voerrest vervolgens becijferd wordt als:

$$\begin{aligned} \text{Voyerrest-P} &= 0.05 \times (P\text{-opname in de vorm van geconserveerd gras en snijmaïs} / \\ &(1 - 0.05)) + 0.03 \times (P\text{-opname in de vorm van overig zelf geteeld ruwvoer en natte} \\ &\text{bijproducten} / (1 - 0.03)) + 0.02 \times (P\text{-opname in de vorm van krachtvoerders, mengvoer en} \\ &\text{melkproducten} / (1 - 0.02)) \quad (\text{Eq 5.4}) \end{aligned}$$

Verder wordt aangenomen dat bij de conservering van aangekocht of zelf geteeld ruwvoer geen P verloren gaat. De som van de P in ruwvoer geogst via bek of dam en P in aangekocht voer, komt terecht in hetzij voorraden, hetzij de mest van het melkvee, hetzij de voerrest van het melkvee, dan wel in de melk en het vlees van melkvee:

$$P \text{ in ruwvoer geogst via bek of dam} + P \text{ in aangekocht voer gecorrigeerd voor voorraadswijzigingen} =$$

$$P \text{ in mest (inclusief voerrest)} + P \text{ in melk en vlees van melkvee} \quad (\text{Eq 5.5})$$

De hoeveelheid P in ruwvoer geogst via bek of dam wordt gecorrigeerd voor opgave/invoer van voorraadswijzigingen en aangekocht voer. Aangezien via de BEX-berekening een modelafwijking ontstaat, wordt de voorraadswijziging en aangekocht voer gecorrigeerd met een zogenaamde 'ruwvoerfactor'. Deze factor komt overeen met de verhouding tussen P opname uit graskuil en maïskuil volgens de BEX-module, en de P-opname uit eigen graskuil en maïskuil volgens opgave. Die opgave is gelijk aan P voorraadvorming in graskuil en maïskuil vermeerderd met aangelegde voorraad graskuil en maïskuil. Het gevolg van deze correctie is ook dat de hoeveelheid P in ruwvoer geogst via bek of dam (alleen de aandelen graskuil en maïskuil) wijzigen. In formule vorm:

$$\text{factor_aankoop_mutatie} = (\text{BEX_Popn_gksm_mlk} + \text{BEX_Popn_gksm_ovg}) / (\text{Voorraad_Pverbr_gksm} * (1 - \text{PcVoerverliesRuwvoer}/100))$$

$$\text{factor_aankoop_mutatie} = \text{Factor voor de verhouding tussen de opgegeven P-aanvoer en P-voorradmutatie in de vorm van graskuil en snijmaïs en de P-opname volgens BEX}$$

$$\text{BEX_Popn_gksm_mlk} = P\text{-opname melkvee uit graskuil en snijmaïs}$$

$$\text{BEX_Popn_gksm_ovg} = P\text{-opname overige graasdieren uit graskuil en snijmaïs}$$

$$\text{Voorraad_Pverbr_gksm} = P\text{-verbruik berekend uit opgegeven voorraden (begin+aanleg-eind)}$$

$P_{\text{VoerverliesRuwvoer}} = \text{Percentage vervoederingsverlies ruwvoer}$

Hierbij wordt aangenomen dat, anders dan bij N, geen betekenisvolle verliezen van P via de lucht plaatsvinden. Verder geldt dat de aanvoer naar de bodem en de afvoer vanuit de bodem in evenwicht zijn als:

P in kunstmest toegediend aan land voor ruwvoerteelt + P in aangekocht voer voor de melkveestapel gecorrigeerd voor voorraadswijzigingen = P in melk en vlees van melkvee ↔

P in aangekocht voer voor de melkveestapel gecorrigeerd voor voorraadswijzigingen = P in melk en vlees van melkvee – P in kunstmest toegediend aan land voor ruwvoerteelt. (Eq 5.6)

Substitutie van vergelijking Eq 5.6 in Eq 5.5 geeft:

P in ruwvoer geogst via bek of dam + (P in melk en vlees van melkvee) – P in kunstmest toegediend aan land voor ruwvoerteelt =

P in mest van melkvee (inclusief voerrest) + (P in melk en vlees van melkvee) ↔

P in mest van melkvee (inclusief voerrest) + P in kunstmest toegediend aan land voor ruwvoerteelt = P in ruwvoer geogst via bek of dam (Eq 5.7)

Dat betekent dat van evenwichtsbemesting voor wat betreft het land bestemd voor de teelt van het ruwvoer sprake is als de P aanvoer via (kunst)mest voor toediening aan land voor ruwvoerteelt in overeenstemming is met hetgeen via bek of dam aan P in de vorm van ruwvoer geogst is.

Op basis van de verhouding van de hoeveelheid aangelegde voorraden van eigen gras (productiegrasland en natuurgrasland afzonderlijk) en maïs (aanleg grasproducten, opname weidegras, aanleg maïskuilen (snijmaïs, MKS en CCM), aanleg overige ruwvoerkuiten (luzerne, veldbonen, GPS); zie BEX) wordt een afgeleide P -opbrengst van het grasland (productiegrasland en natuurgrasland afzonderlijk), het maïsland en overige ruwvoerders bepaald. Voor de hoeveelheid P van grasland (P_{grasland}) geldt:

$P_{\text{grasland geogst via bek of dam}} = P$ in ruwvoer geogst via bek of dam / ($P_{\text{maai gras}} + P_{\text{weide}} + P_{\text{maïskuil}} + P_{\text{overig kuiten}}$) * ($P_{\text{maai gras}} + P_{\text{weide}}$) (Eq 5.8)

met:

$P_{\text{maai gras}}$ = de hoeveelheid P in aangelegde eigen graskuil of vers vervoerd,

P_{weide} = de hoeveelheid P opgenomen in weidegras inclusief vraat door ganzen (zie onderdeel BEN),

$P_{\text{maïskuil}}$ = de hoeveelheid P in aangelegde eigen maïskuil, en

$P_{\text{overig kuiten}}$ = de hoeveelheid P in aangelegde kuiten van eigen overige ruwvoerders.

Voor de hoeveelheid P van maïsland maïs geldt dan ($P_{\text{maïsland}}$):

$P_{\text{maïsland geogst via dam}} = P$ in ruwvoer geogst via bek of dam / ($P_{\text{maai gras}} + P_{\text{weide}} + P_{\text{maïskuil}} + P_{\text{overig kuiten}}$) * ($P_{\text{maïskuil}}$) (Eq 5.9)

Voor de hoeveelheid P van overige ruwvoerders van eigen land geldt dan ($P_{\text{overig kuiten}}$):

$P_{\text{overig kuiten geogst via dam}} = P$ in ruwvoer geogst via bek of dam / ($P_{\text{maai gras}} + P_{\text{weide}} + P_{\text{maïskuil}} + P_{\text{overig kuiten}}$) * ($P_{\text{overig kuiten}}$) (Eq 5.10)

Om op melkveebedrijven met een akkerbouwtak en/of een 'staldier'-tak te kunnen bepalen of de aanvoer van mest-P en kunstmest-P in balans is met de afvoer van P in de vorm van melk en vlees van melkvee en van marktbaar akkerbouwproducten, dient de via BEX berekende hoeveelheid rundveemest (weidemest, 'stalmest') vermeerderd te worden met de netto hoeveelheid mest-P afkomstig uit de 'staldier'-tak en dient de P-afvoer met marktbaar akkerbouwgewassen in rekening gebracht te worden. Dat laatste gebeurt door het opvragen van het aantal hectares van de in Tabel 4.3 genoemde akkerbouwgewassen en de gemiddelde opbrengst van die gewassen in het desbetreffende jaar. Vervolgens wordt de P-afvoer berekend door de opbrengsten te vermenigvuldigen met gewas-specifieke verstekwaarden zoals vermeld in Tabel 4.3. Voor akkerbouwgewassen die niet in de tabel voorkomen, wordt aangenomen dat deze een verstekafvoer van 60 kg P₂O₅ /ha hebben. Dit cijfer is gebaseerd op de gemiddelde forfaitaire afvoer van een bouwplan dat bestaat uit 25% wintertarwe, 25% consumptieaardappelen, 25% suikerbieten en vijf maal 5% van de gewassen zomergerst, zomertarwe, graszaad, korrelmaïs en zaaiuien, elk met veronderstelde gemiddelde opbrengsten zoals vermeld door het CBS voor de periode 2009-2013 waarbij alleen de hoofdproducten geacht worden te zijn afgevoerd. Aldus:

$$P_2O_5\text{-afvoer van de akkerbouwtak (kg P}_2O_5) = \sum_1^n (BOn \times ((YHn \times CPHn) + (YBn \times CPBn))),$$

Met BOn = oppervlakte bouwland met gewas n (ha), YHn = opbrengst van hoofdproduct van gewas n (ton vers/ha), YBn = opbrengst van afgevoerd bijproduct van gewas n (ton vers/ha), CPHn = P₂O₅ gehalte van hoofproduct (kg P₂O₅/ton vers) en CPBn = P₂O₅ gehalte van bijproduct (kg P₂O₅/ton vers).

In de BEN (paragraaf 4.2.1.1) is reeds aangegeven dat vanaf de 2021-versie van de KLV het mogelijk is de bemesting en de opbrengsten van voor- en nateelten apart in te voeren bij de hoofdgewasgroepen grasland, snijmaïs en akkerbouw. De P₂O₅-opbrengsten per gewas, maar ook de P₂O₅-overschotten per gewas, zullen hierdoor beter overeenkomen met de werkelijkheid.

5.3 Kanttekeningen bij BEP

Eerder onderzoek (Oenema *et al.*, 2011) geeft aan dat er een goede overeenstemming bestaat tussen de aldus berekende P-oogst op basis van geschatte P-opname uit ruwvoer van eigen bodem en de daadwerkelijk geoogste hoeveelheid P. De overeenstemming tussen beide wordt vanzelfsprekend beter wanneer de berekende P-oogst volgens BEP gebaseerd wordt op meerdere jaren.

De gehanteerde cijfers voor veldverliezen (beweidingsverlies, maaiverlies, oogstverlies), conserveringsverliezen en vervoederingsverliezen zijn afkomstig uit onderzoek in het verleden. Het valt sterk te overwegen om deze cijfers te updaten. De nauwkeurigheid van de schatting van de P-oogst volgens BEP is ook gediend met een nauwkeuriger bepaling van de kuildichtheden. Hiernaar loopt op dit moment dan ook onderzoek.

De betrouwbaarheid van de BEP wordt minder naarmate de neventak akkerbouw groter is. De P-afvoer in de vorm van marktbaar akkerbouwgewassen wordt namelijk gebaseerd op gemiddelde forfaitaire mestproductie en gehalten. De werkelijke waarden zullen hiervan afwijken.

6 BEC: bedrijfsspecifieke koolstofstromen en emissies van CO₂ equivalenten

6.1 Inleiding

Het onderdeel BEC van de KringloopWijzer heeft onder meer tot doel om te schatten hoeveel methaan (CH₄) en koolzuur (CO₂) vrijkomen bij de productie van melk en vlees. Dat is van belang omdat beide, net als lachgas (N₂O), zogenaamde broeikasgassen zijn. De N₂O-emissies staan beschreven in de BEN (hoofdstuk 4). Hierbij gaat het om de emissies die op het melkveebedrijf zelf optreden als de emissies die optreden bij de productie en transport van producten die van buiten worden aangevoerd, zoals voer, kunstmest, e.d.

De BEC module becijfert niet alleen de koolstof (C) die betrokken is bij de productie van broeikasgassen CH₄ en CO₂, maar berekent ook de aanvoer van effectieve organische stof (EOS) naar de bodem (zie paragraaf 6.5). Dit is de aangevoerde organische stof die een jaar na toediening nog aanwezig is en een bijdrage levert aan de humusvorming in de bodem. Als de aanvoer hoger is dan de jaarlijkse afbraak neemt het organische stofgehalte toe en wordt er dus extra C in de bodem opgeslagen. Deze extra opslag zou in principe in mindering kunnen worden gebracht op de berekende broeikasgasemissies. Omgekeerd zal bij een negatieve balans het organische stofgehalte van de bodem dalen en er dus extra CO₂ vrijkomen. De KLV maakt echter (nog) geen schatting van de bodem-C-balans, omdat deze nog onvoldoende nauwkeurig kan worden berekend. De bodem-C-balans wordt dus ook (nog) niet meegenomen bij de kwantificering van de broeikasgasemissies.

6.1.1 Waar komen welke emissies tot stand?

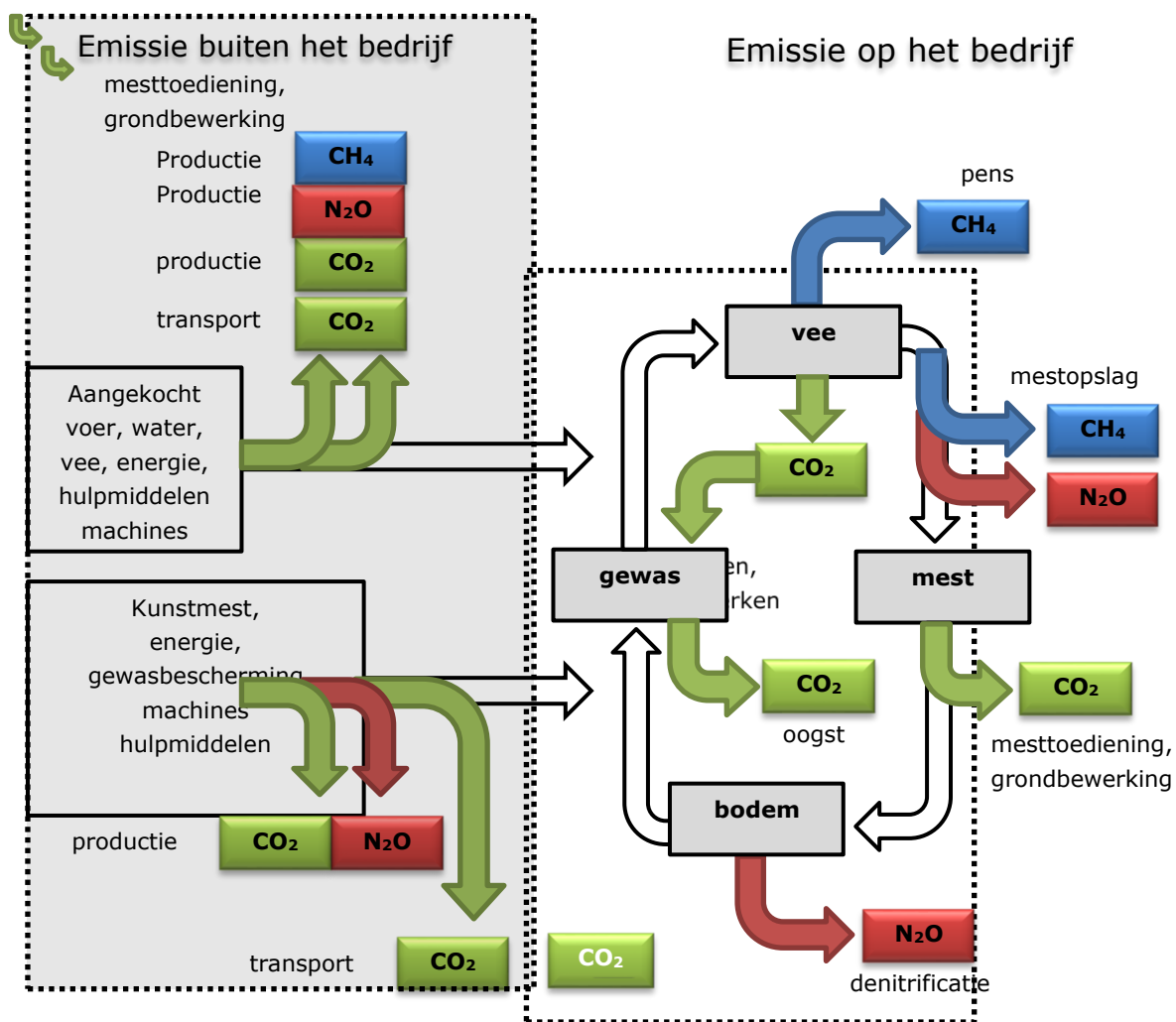
Figuur 6.1 geeft een schematisch beeld op welke plaatsen broeikasgasemissies optreden.

CH₄ komt vrij bij de spijsvertering van met name meermagigen en uit mest. Ook bij de aankoop van voer van buiten kunnen grondstoffen betrokken zijn waarbij methaan ontstaat bij de teelt of de verwerking. Dat is bijvoorbeeld het geval bij rijstproducten en palmpitschroot.

CO₂ speelt om te beginnen een rol op landbouwbedrijven bij het gebruik en, eventueel, de opwekking van energie. Bij het verbruik van fossiele energie komt namelijk CO₂ vrij en bij vermijding van het gebruik van fossiele energie wordt het vrijkomen van CO₂ juist beperkt. Energieverbruik treedt, bijvoorbeeld, op bij de productie van melk. Dit betreft energie voor, bijvoorbeeld, koelen, verwarmen en het gebruik van machines op veld en erf. Dat energiegebruik kan plaatsvinden in de vorm van brandstoffen (diesel, gas, propaan, stookolie) of in de vorm van elektriciteit. Van die brandstoffen kan gas in principe meer of minder op het bedrijf zelf zijn 'gemaakt' of van buiten betrokken worden en, bij aanvoer van buiten, gebaseerd zijn op fossiele dan wel vernieuwbare bronnen. Voor de productie van melk zijn naast het energiegebruik op het eigen bedrijf ook vaak grondstoffen gebruikt, waaronder meststoffen en van buiten het bedrijf aangevoerd (kracht)voer. Voor de productie daarvan is, zij het buiten het bedrijf, ook weer (fossiele of vernieuwbare) energie gebruikt. Daarnaast is nog rekening gehouden met de productie en transport van wat kleinere aanvoerbronnen zoals waterverbruik, aankoop van dieren, aanvoer van strooisel, gebruik van gewasbeschermingsmiddelen en plastic.

N₂O, tenslotte, ontstaat bij alle processen waar N wordt gebruikt. Op de betreffende rekenregels wordt uitgebreid ingegaan in hoofdstuk 4.

Bij de berekening van de broeikasgasemissies zijn de staldieren (o.a. varkens, kippen) buiten beschouwing gelaten omdat hiervan maar een deel van de gegevens beschikbaar zijn. Van de aanvoer van, bijvoorbeeld, voer voor deze diertak is niets bekend in de KringloopWijzer.



Figuur 6.1 Vereenvoudigd schema van emissies van broeikasgassen op het melkveebedrijf.

6.2 Richtlijnen voor berekening emissies

In 2018 zijn door de Europese Commissie belangrijke spelregels vastgesteld voor het berekenen van de emissie van broeikasgassen van aangevoerde producten. De regels zijn gebaseerd op de Levens Cyclus Analyse (LCA). Ze gaan over de emissies die horen bij alle inputs en processen die in de gehele productieketen nodig zijn om het product te maken. Daarmee wijkt de BEC berekening af van de andere berekeningen omdat de BEX, BEA, BEN en BEP zich beperken tot hetgeen er op het primaire bedrijf gebeurt.

De ketenbenadering van de BEC betekent dat, naast de emissies op het bedrijf zelf, ook voor de volgende onderdelen de emissies berekend moeten worden:

- De productie en transport van alle inputs op het bedrijf, zoals aangekocht voer, energie (brandstoffen, elektriciteit), water, kunstmest, gewasbeschermingsmiddelen, hulpmiddelen (o.a. strooisel, afdekplastic), mechanisatie en vee;
- Diesel en machinegebruik door loonwerkers;
- De landgebruiksverandering die gepaard gaat met de teelt van veevoergewassen buiten het bedrijf.

De spelregels zijn allemaal beschreven in zogeheten Product Environmental Footprint Category Rules (PEFCR) voor aparte producten. Ze geven onder meer voorschriften over:

- Welke categorieën wel en niet moeten worden meegenomen;
- Het gebruik van primaire data (van het bedrijf zelf) en geven aan wanneer secundaire data (statistische data) zijn toegestaan;
- De omrekening van methaan en lachgas naar CO₂-equivalenten. Deze worden toegelicht in paragraaf 6.2.1;
- Het meenemen van emissies van landgebruiksverandering (Land Use Change) bij de productie van gewassen. Dit wordt verder toegelicht in paragraaf 6.2.2;
- De verdeling van de emissies over melk en levend gewicht op het melkveebedrijf. Dit wordt toegelicht in paragraaf 6.2.3;
- De berekening van de emissies van methaan, lachgas en kooldioxide sluiten aan op IPCC regels voor met name methaan en lachgas maar laten ruimte voor het gebruiken van nationale emissiefactoren. De emissie berekeningen worden in de verschillende onderdelen van dit rapport beschreven;
- De rapportage van de emissies. De PEFCR onderscheidt de volgende categorieën: a) emissies van fossiele bronnen; b) emissies van biogene bronnen en c) landgebruik en landgebruiksverandering. Overigens maakt de KringloopWijzer deze onderverdeling nog niet.

Alle achtergrondinformatie is te vinden in PEFCR (2018a, b, c).

6.2.1 Omrekening van methaan en lachgas naar CO₂-equivalenten

Omwille van de optelbaarheid van de verschillende gassen wordt het broeikaseffect van CH₄ en N₂O daarbij omgezet naar CO₂-equivalenten: 1 kg CH₄ die afkomstig is van biologische processen komt overeen met 34 kg CO₂, 1 kg CH₄ afkomstig van fossiele brandstof komt overeen met 36,75 kg CO₂ en 1 kg N₂O komt overeen met 298 kg CO₂ (PEFCR, 2018a).

6.2.2 Berekening van de emissie van landgebruiksverandering

De PEFCR Guidance geeft hierover duidelijke voorschriften. De berekening leunt sterk op de methode zoals deze is ontwikkeld in de PAS2050:2011 (BSI, 2011) en in het supplement is doorontwikkeld (PAS2050-1:2011; BSI, 2012). De PAS berekening baseert zich op haar beurt weer op rekenmethoden die in de IPCC rapportage zijn gebruikt. De IPCC berekent de totale emissies door landgebruiksverandering, de PAS2050 berekent hoe deze worden toegewezen aan gewassen per land. De berekening van deze emissies (Blonk, 2019) is ingebouwd in een rekenprogramma dat onderdeel is van FeedPrint/Agrifootprint (Vellinga *et al.*, 2013).

De PEFCR schrijft voor dat deze rekenwijze alleen mag worden overschreven als er uitdrukkelijk certificaten aanwezig zijn die aantonen dat (bijvoorbeeld) soja geteeld is op locaties waar landgebruiksverandering niet meer aan de orde is. Bij ontbreken van certificaten moet de standaard werkwijze worden gevolgd.

6.2.3 Allocatie van emissies naar melk en verkoop van dieren

Allocatie van emissies gebeurt in processen waar meerdere producten ontstaan. De LCA-voorschriften en de PEFCR geven aan dat allocatie vermeden moet worden als dat kan. Daarom gebeurt de berekening in de KringloopWijzer in twee stappen:

Stap 1

In deze stap worden alleen de emissies ingerekend voor de melkveetak. De emissies die duidelijk apart berekend en/of gemeten kunnen worden, worden gescheiden naar melkvee (inclusief jongvee) en overige graasdieren+akkerbouw. Dat betekent dat, bijvoorbeeld, alleen de energie en het voer worden meegenomen die door het melkvee verbruikt worden en dat, als bijvoorbeeld de helft van het gewonnen snijmais wordt afgevoerd, dan slechts de helft van de emissies meetellen die met de teelt van snijmais samenhangen.

Stap 2

In deze stap moeten de overgebleven emissies behorend bij het melkvee worden toegedeeld aan de productie van melk (geleverd en zelf-zuivel) en gewicht van de afgevoerde levende dieren. Hiervoor wordt een formule (IDF, 2015) gebruikt:

Allocatiefactor melk = $1 - 6,04 * \text{Productie_Levend gewicht} / \text{Productie_FPCM}$, met:

Productie_Levend gewicht = afvoer van kg dieren (alleen levende dieren) en
Productie_FPCM = productie van kg meetmelk [kg melk *
(0,2534+0,1226*Vet%+0,0776*Eiwit%)] (IDF, 2015),

En:

Allocatiefactor vlees = 1 - Allocatiefactor melk

De CO₂-emissie in g CO₂-eq per kg FPCM kan nu als volgt worden berekend:

CO₂-emissie melk = kg CO₂-equivalenten-emissie melkvee/1000 * Allocatiefactor melk /
Productie FPCM

6.3 Berekeningswijze CH₄-emissies

6.3.1 Emissie bij pensfermentatie uit dieren (enterisch methaan)

De KringloopWijzer beperkt zich voor wat betreft enterische methaanemissies voornamelijk tot meeromvattende ('graasdieren'). De methaanemissie die het gevolg is van fermentatie in het maagdarmkanaal vertegenwoordigt op melkveebedrijven circa 75-80% van de totale methaanemissie. De rest is afkomstig uit de mestopslag. Bij de berekening wordt onderscheid gemaakt tussen melkvee (inclusief jongvee) en overige graasdieren.

6.3.1.1 Melkvee (inclusief jongvee)

De emissie uit de pens wordt bij melkvee berekend volgens het meest nauwkeurige niveau dat de IPCC toestaat, het Tier 3 niveau. Deze Tier 3 methode biedt de meeste nauwkeurigheid én de meeste sturingsmogelijkheden om de methaanemissie te verlagen. De Tier 3 methode is gebaseerd op het feit dat de methaanemissie uit de pens niet alleen afhangt van het niveau van pensfermentatie (lees: kg voer die is opgenomen en gefermenteerd), maar ook van het specifieke type voedermiddel dat opgenomen wordt en van de fermentatieomstandigheden in de pens (zuurgraad). Afhankelijk van de nutriëntensamenstelling en de zuurgraad in de pens varieert de verhouding tussen de fermentatieproducten die in de pens ontstaan: azijnzuur, propionzuur, boterzuur en overige vluchtige vetzuren. Met verschuivingen in de verhouding van deze fermentatieproducten varieert ook de hoeveelheid waterstof die in de pens geproduceerd wordt uit gefermenteerd voer. Omdat er nagenoeg geen waterstof verdwijnt uit de pens (experimenteel vastgesteld <1%) wordt aangenomen dat alle waterstof wordt omgezet in methaan.

In de Tier 3 methode wordt met behulp van een dynamisch mechanistisch simulatiemodel geschat wat de emissiefactor (EF) van elk van de verschillende voedermiddelen (of een totaal rantsoen) is op basis van de chemische samenstelling en de verteringskenmerken van het specifieke voedermiddel. Deze factor (in g CH₄ per kg DS voer) wordt vervolgens toegepast om de methaanemissie te berekenen. Hieronder wordt de berekening zoals toegepast in de KringloopWijzer beschreven. Deze is gebaseerd op Šebek *et al.* (2020).

Bij de EF-waarden voor de verschillende voedermiddelen wordt rekening gehouden met het aandeel van snijmaïs in het ruwvoerdeel (=vers gras, grasproducten en snijmaïsproducten) van het rantsoen (op basis van kg DS). Het totaal van alle EF-waarden van alle voedermiddelen worden in dit rapport EF-lijsten genoemd. Omdat er gedifferentieerd wordt naar het aandeel snijmaïs in het ruwvoerdeel van het rantsoen, zijn er EF-lijsten afgeleid voor rantsoenen met verschillende aandelen snijmaïs (0%,

40% en 80%) in het ruwvoerdeel van het rantsoen (zie Bijlage 4). Een goede schatting van de enterische methaanemissie voor ieder melkveerantsoen met een aandeel snijmaïs tussen de 0% en 80% kan gebeuren via interpolatie met de drie EF-lijsten voor de rantsoenen met 0%, 40% en 80% snijmaïs in het ruwvoer. Deze benadering voldoet ook voor het oudere jongvee dat ruwvoer opneemt. Daarmee past het bij de benadering van de KringloopWijzer (KLW) om voor rantsoenen op veestapelniveau te rekenen.

De berekening verloopt als volgt. Eerst wordt het aandeel snijmaïs in het ruwvoerdeel van het rantsoen berekend (% van de droge stof opname):

$$\text{SOM kg ds uit ruwvoerders} = \text{totale hoeveelheid droge stof uit ruwvoerders}$$
$$\% \text{snijmaïs in ruwvoer} = 100 * (\text{kg DS snijmaïs} / \text{SOM kg ds uit ruwvoerders})$$

Hierbij is ruwvoer gedefinieerd als de som van vers gras, graslandproducten en snijmaïsproducten.

Vervolgens wordt voor drie niveaus van het aandeel snijmaïsproducten in de totale drogestof voorziening uit ruwvoer van melkvee (0%, 40% en 80%), de methaan-emissie (g CH₄ per kg drogestof) voor het gehele rantsoen berekend. Dit betreft de som van de emissie van de afzonderlijke voercomponenten. Voor veel voeders betreft dit een vast getal per kg drogestof (Bijlage 4), maar voor geconserveerd gras en snijmaïsproducten wordt deze berekend o.b.v. de opgegeven voederwaarden (NDF, zetmeel of VEM, RE en RAS, g/kg) en voor mengvoer wordt deze aangeleverd door de voerleverancier of vaste waarden aangenomen. De hiervoor gebruikte formules worden verderop toegelicht.

Vervolgens dient de totale emissie, EF_CH₄_basis genaamd (g CH₄/kg ds), via interpolatie geschat te worden op basis van het aandeel snijmaïs in het ruwvoerdeel van het rantsoen:

- Indien het berekende % snijmaïs tussen 0% en 40% ligt dan interpoleren met de EF-lijsten 0% en 40%
- Indien het berekende % snijmaïs tussen 40% en 80% ligt dan interpoleren met de EF-lijsten 40% en 80%

Daarna dient voor het volwassen vee (dieren ouder dan 3 maand) een correctie aangebracht te worden voor het niveau waarop het vee gevoerd wordt (totale drogestof opname). Hierbij wordt uitgegaan van een gemiddelde verandering van de berekende methaanemissie per kg DS (op basis van EF-lijsten) van 0,21 g methaan per kg DS ten opzichte van de gemiddelde voeropname van 18,5 kg DS per dier per dag voor de gemiddelde Nederlandse melkkoe:

$$\text{EF_correctie (g CH}_4\text{/kg ds)} = 0,21 \times (\text{DS opname per dag} - 18,5).$$

Eerst wordt de dagelijkse DS-opname per diergroep bepaald. Voor kalveren zijn dit de dieren > 3 maand. Hierbij wordt de aanname gedaan dat deze dieren 85% van de totale DS-opname opnemen, gebaseerd op 85% van de VEM-behoefte.

$$\text{DSniv_mk} = \text{DSopn_mk} / \text{aantal koeien} / 365$$
$$\text{DSniv_pi} = \text{DSopn_pi} / \text{aantal pinken} / 365$$
$$\text{DSniv_ka} = \text{DSopn_ka} * 0.85 / \text{aantal kalveren} / (365*9/12)$$

Waarbij:

DSopn_mk : totale DS-opname koeien
DSopn_pi : totale DS-opname pinken
DSopn_ka : totale DS-opname kalveren

Dit leidt tot de volgende EF-factoren per diergroep:

$$\text{EF_mk (g CH}_4\text{/kg ds)} = \text{EF_CH}_4\text{_basis} - 0,21 \times (\text{DSniv_mk} - 18,5)$$
$$\text{EF_pi (g CH}_4\text{/kg ds)} = \text{EF_CH}_4\text{_basis} - 0,21 \times (\text{DSniv_pi} - 18,5)$$
$$\text{EF_ka (g CH}_4\text{/kg ds)} = \text{EF_CH}_4\text{_basis} - 0,21 \times (\text{DSniv_ka} - 18,5)$$

Vervolgens kan de EF factor per kg ds voeropname voor het volwassen vee worden berekend:

DSopn_ka1 = DSopn_ka * 0.15 (DS-opname kalveren <3 maand)

DSopn_ka2 = DSopn_ka * 0.85 (DS-opname kalveren >3 maand)

DSopn_volw = DSopn_mk + DSopn_pi + DSopn_ka2 (DS-opname volwassen vee)

DSopn_vee = DSopn_mk + DSopn_pi + DSopn_ka (DS-opname veestapel)

$$EF_volw = (EF_mk * DSopn_mk + EF_pi * DSopn_pi + EF_ka * DSopn_ka2) / DSopn_volw$$

Tenslotte dient nog de EF factor per kg ds voeropname voor jongvee van 0-3 maand te worden ingerekend. De methaanemissie van jongvee wijkt om twee redenen af van de methaanemissie van melkvee, namelijk voeropnameniveau en een andere emissie per kg DS als gevolg van een andere penswerking. Voor deze dieren wordt met een vaste EF_CH4 gerekend van 5,6 g CH4 per kg DS.

De methaanemissie factor van het rantsoen (CH4_EFrantsoen) per kg ds wordt via de EF factoren van volwassen vee en jonge kalveren berekend als:

$$EF_CH4_rantsoen \text{ (g CH}_4\text{/kg ds)} = (EF_volw * DSopn_volw + 5,6 * DSopn_ka1) / DSopn_vee$$

De CH4-emissie van de totale melkveestapel (CH4_rantsoen) wordt tenslotte berekend als:

$$CH4_rantsoen = EF_CH4_rantsoen \times DS \text{ opname melkveestapel}$$

Berekening EF voor geconserveerd gras en snijmaïs en mengvoeders

Zoals hierboven aangegeven zijn voor geconserveerde grasproducten en geconserveerde snijmaïs de EF-waarden afgeleid op basis van het NDF- en zetmeelgehalte of, indien deze onbekend zijn, op basis van het VEM-, RE- en RAS-gehalte. De hiervoor gebruikte regressieformules zijn hieronder weergegeven.

Geconserveerd gras, indien NDF bekend (g CH4 / kg DS):

EF0% = 19,5 + 0,03 * (NDF - 465)

EF40% = 19,5 + 0,03 * (NDF - 465)

EF80% = 21,0 + 0,03 * (NDF - 465)

Geconserveerd gras, indien NDF onbekend (g CH4 / kg DS):

EF0% = 36,87 - 0,01425 * VEM - 0,0020 * RE - 0,0354 * RAS

EF40% = 36,87 - 0,01425 * VEM - 0,0020 * RE - 0,0354 * RAS

EF80% = 38,37 - 0,01425 * VEM - 0,0020 * RE - 0,0354 * RAS

Minimum : VEM=579, RE=71, RAS=48, EF0=0,9*14,07, EF40=0,9*14,07, EF80=0,9*15,57

Maximum: VEM=1012, RE=265, RAS=337, EF0=1,1*25,17, EF40=1,1*25,17, EF80=1,1*26,67

Geconserveerd snijmaïs, indien NDF en zetmeel bekend (g CH4 / kg DS):

EF0%_NDF = 18,4 + 0,083 * (NDF - 374)

EF40%_NDF = 17,5 + 0,083 * (NDF - 374)

EF80%_NDF = 16,2 + 0,083 * (NDF - 374)

EF0%_ZET = 18,4 - 0,049 * (Zetmeel - 385)

EF40%_ZET = 17,5 - 0,049 * (Zetmeel - 385)

EF80%_ZET = 16,2 - 0,049 * (Zetmeel - 385)

EF0% = (EF0%_NDF + EF0%_ZET) / 2

EF40% = (EF40%_NDF + EF40%_ZET) / 2

EF80% = (EF80%_NDF + EF80%_ZET) / 2

Geconserveerde snijmaïs, indien NDF en/of zetmeel onbekend (g CH4/kg DS):

EF0% = 67,51 - 0,04978 * VEM

EF40% = 66,61 - 0,04978 * VEM

EF80% = 65,31 - 0,04978 * VEM

Minimum : VEM=807, EF0=0,9*13,57, EF40=0,9*12,67, EF80=0,9*11,37

Maximum: VEM=1063, EF0=1,1*26,83, EF40=1,1*25,93, EF80=1,1*24,63

De rekenregels voor geconserveerde grasproducten en snijmaïs zijn gebaseerd op de rekenregels in Wageningen Livestock Research rapport 986 (Šebek *et al.*, 2020). Hierin wordt de methaanemissie berekend op basis van het NDF-gehalte (geconserveerd gras) en NDF- en zetmeelgehalte (geconserveerde snijmaïs). Deze parameters gaven de beste relatie met de methaanemissie. Indien NDF en/of zetmeel onbekend zijn worden nog de afgeleide regressieformules gebruikt op basis van VEM, RE- en RAS-gehalte. Deze formules zijn weliswaar geschikt om de range in enterisch CH₄ weer te geven, maar zijn minder nauwkeurig dan de formules op basis van het NDF-gehalte. Ook sluiten de gebruikte verklarende variabelen niet goed aan bij de logica van het functioneren van de pens.

De afgeleide regressies (bij ontbrekende NDF en/of zetmeel waarden) zijn uitgevoerd op data van het project Koeien en Kansen van de jaren 2010 t/m 2016 waarvoor de CH₄ als EF0%, EF40% en EF80% is geschat volgens de in dit rapport voorgestelde rekenregels op basis van NDF. Vervolgens zijn met die dataset regressieanalyses uitgevoerd met CH₄ (g per kg DS) als de te verklaren variabele en het gehalte (in DS) van VEM, ruw eiwit en ruw as als de verklarende variabelen. Alle 3 de verklarende variabelen bleken significant bij te dragen.

Voor een aantal voedermiddelen worden de 3 EF-waarden voor methaan in principe aangeleverd door de mengvoerleverancier. Indien deze 3 EF-waarden niet aangeleverd zijn, wordt met 3 vaste EF-waarden gerekend (zie Tabel 6.1). Deze waarden zijn voor mengvoer gebaseerd op 3 samenstellingen en het gebruik van gemiddelde mengvoersoorten in 2018/2019.

Tabel 6.1 Gehanteerde vaste EF-CH₄-waarden indien deze niet door de mengvoerleverancier worden aangeleverd.

Voedermiddel	EF CH ₄ bij 0% sm (g/kg ds)	EF CH ₄ bij 40% sm (g/kg ds)	EF CH ₄ bij 80% sm (g/kg ds)
Mengvoer	20,21	19,83	20,52
Maïs korrel droog	21,16	19,69	17,83
Sojaschroot	21,11	20,50	22,36
Sojabonen schillen	23,34	22,95	23,56

6.3.1.2 Overige graasdieren

Voor andere graasdieren dan melkkoeien en bijbehorend jongvee wordt Tier 2 gebruikt. De Tier2 berekening voor de methaanemissie neemt aan dat een vast percentage van de opgenomen bruto energie verloren gaat in de vorm van CH₄. In de IPCC rekenregels is deze methaan conversie factor Y_M voor Noord West Europa vastgesteld op 6,5% voor melkveerantsoenen. Dit percentage wordt hier aangehouden.

De berekening verloopt als volgt.

De bruto energie opname kan zonder kennis van de verteerbaarheid van voeders het beste ingeschat worden door de opgenomen hoeveelheid voer in kg droge stof (DS) te vermenigvuldigen met de gemiddelde bruto energiewaarde van 18,45 MJ/kg DS. Deze conversie factor is relatief constant voor verschillende herkauwerrantsoenen en wordt ook erkend als default waarde door het IPCC (IPCC, 2006).

BE opname veestapel* = DS opname veestapel • 18,45

CH₄ emissie
(in kg CH₄) = $\frac{BE_{opname} \cdot Y_M}{55,65} \cdot 100$

* Let op: indien opname krachtvoeder wordt weergegeven per kg product, dan eerst omrekenen naar kg DS (vuistregel: kg DS = kg product x 0.88).

Gebruikte afkortingen

BE	= Bruto energie, in MJ
DS	= Droge stof opname van veestapel, in kg
Y _M	= Methaan conversie factor, hiervoor wordt 6,5% aangehouden
18,45 MJ/kg	= Gemiddelde bruto energie inhoud van een kg DS rundvee rantsoen
6,5%	= Methaan conversie factor voor jongvee in Noord West Europa (IPCC 2006)
55,65 MJ/kg	= Energie-inhoud van een kg CH ₄

Op basis van de DS opname (kg/jaar) en de IPCC methaan conversie factor Y_M van 6,5% van de bruto energie voor de verschillende categorieën rundvee, schapen en geiten zijn voor de op het melkveebedrijf aanwezige 'overige graasdieren' forfaits uitgerekend (in kg CH₄ per dier per jaar, Tabel 6.2).

Voor paarden en pony's zijn alleen IPCC Tier 1 emissies beschikbaar (IPCC, 2006) (Tabel 6.2). Bij Tier 1 is er geen aparte diergroep voor pony's. Deze is afgeleid op basis van het verschil in metabolisch gewicht tussen pony's en paarden:

$$\text{CH}_4\text{-emissie pony} = ((\text{lichaamsgewicht pony})^{0,75}/(\text{lichaamsgewicht paard})^{0,75}) * \text{CH}_4\text{-emissie paard}$$

Voor het lichaamsgewicht van pony's en paarden is uitgegaan van, respectievelijk, 350 kg en 550 kg.

Tabel 6.2 Methaanemissies van overige graasdieren.

Categorie	Kg DS/jr	YM	CH ₄ (kg/jr)	CH ₄ (kg CO ₂ -eq/jr)
Fokstieren, > 1 jaar (cat. 104)	3049	6,5%	65,7	2234
Weide- en zoogkoeien (cat. 120)	3433	6,5%	74	2516
Startkalveren, rosé- of roodvlees (cat. 115)	659	6,5%	14,2	483
Rosékalveren, 3 mnd - slacht (cat. 116)	2050	6,5%	44,2	1503
Rosékalveren, 2 wkn - slacht (cat. 117)	1561	6,5%	33,6	1142
Roodvleesstieren, 3 mnd - slacht (cat. 122)	2656	6,5%	57,2	1945
Fokschapen, incl. lammeren (cat. 550)	469	6,5%	10,1	343
Vleeschschapen, < 4 mnd (cat. 551)	62	6,5%	1,3	44
Overige schapen, > 4 mnd (cat. 552)	312	6,5%	6,7	228
Melkgeiten (cat. 600)	833	6,5%	17,9	609
Opfok- en vleesgeiten, < 4 mnd (cat. 601)	193	6,5%	4,2	143
Opfok- en vleesgeiten, > 4 mnd (cat. 602)	496	6,5%	10,7	364
Pony's (cat. 941)	1523	-	12,8	435
Paarden (cat. 943)	3053	-	18	612

6.3.2 Emissie van methaan uit mest

6.3.2.1 Uitgangspunten

De emissies van CH₄ uit mest in stal en opslag en in de weide onderscheiden de volgende twee broncategorieën:

- Melkvee en bijbehorende jongvee.
- Overige graasdieren.

De beschrijving van dit protocol is gebaseerd op de 'Tier 2' benadering van IPCC (2006) en wijkt af van de nationale monitoringprotocollen die methoden en werkprocessen voor het vaststellen van de emissies beschrijven. Deze zijn gepubliceerd door het Ministerie van Infrastructuur en Milieu (IenM). Het nationale protocol valt onder IPCC categorie 4B1 t/m 4B9 en 4B13: 12-029 mest CH₄ ([www.agentschapnl.nl/ programmas-regelingen/monitoring-protocollen](http://www.agentschapnl.nl/programmas-regelingen/monitoring-protocollen)).

De hier gevolgde methodiek voor de berekening van nationale CH₄-emissies wijkt af van IPCC doordat die uitgaan van emissiefactoren (EF) per kg mest per diercategorie en per mestmanagementsysteem in plaats van de jaarlijkse absolute hoeveelheden CH₄ per dier (in kg per dier per jaar).

CH₄-emissies uit dierlijke mest ontstaan door fermentatieprocessen die optreden in een anaerobe omgeving. Deze omstandigheid doet zich vooral voor bij opslag van dunne mest in mestkelders onder stallen en in mestopslagen buiten de stal. Bij vaste mest en weidemest zijn de condities veelal aerob en is de CH₄-productie relatief laag.

Rundveemest kan worden opgedeeld in dunne 'stalmest', vaste mest (dat wil zeggen: stalmest in engere zin) en weidemest. Doordat een deel van de melkkoeien in Nederland in de weideperiode in de zomer (deels) op stal wordt gehouden, met name tijdens het melken en 's nachts, wordt er in de weideperiode ook 'stalmest' geproduceerd.

Van de aanwezige geiten wordt verondersteld dat deze dieren het hele jaar op stal gehouden worden en vaste mest produceren. Schapen zijn weidende dieren met alleen in de lammertijd een stalperiode. In deze stalperiode wordt vaste mest geproduceerd. Bij paarden en pony's wordt een stal- en een weideperiode onderscheiden, waarbij in de stalperiode vaste mest wordt geproduceerd.

Dunne 'stalmest' wordt opgeslagen in de mestkelder onder de stallen en in mestopslagen buiten de stal. Vaste mest wordt opgeslagen in de stal en in een buitenopslag. In beide gevallen kan sprake zijn van anaerobe condities met als gevolg de emissie van CH₄. Deze emissie kan worden verminderd door anaerobe condities te voorkomen, bijvoorbeeld door beluchten of regelmatig omzetten. De hierbij optredende aerobe processen leiden echter wel tot een hogere emissie van ammoniak en lachgas. Op de totale mestproductie in Nederland is het aandeel vaste mest relatief gering.

Weidemest wordt in de weide geproduceerd tijdens de weidegang in de zomer. Vanwege de veelal aerobe condities is de CH₄-emissie uit weidemest veelal relatief laag. Naast de mate waarin sprake is van anaerobe omstandigheden is de vorming van CH₄ in de mest ook afhankelijk van andere condities waaronder opslag plaatsvindt, zoals de hoeveelheid reeds aanwezige mest (zogenaamd 'ent' of 'inoculum') en de opslagduur en -temperatuur. De mestkelder kan worden beschouwd als een zogeheten accumulatiesysteem: er is een constante voeding van de 'reactor' (= mestkelder) met mest en het mestvolume in de kelder neemt toe tot het moment dat de kelder wordt leeggereden ten behoeve van bemesting of tot het moment dat de mest wordt overgepompt naar de buitenopslag. De CH₄-emissie in een dergelijk systeem neemt toe naarmate de hoeveelheid (nog) aanwezige mest (= inoculatie) groter is, de mesttemperatuur hoger is en de verblijfduur langer is (Zeeman, 1994).

De CH₄-emissie uit mest is ook afhankelijk van de (chemische) samenstelling van de mest. Zo is de CH₄-emissie vooral afhankelijk van het organisch stofgehalte van de mest.

6.3.2.2 Berekeningswijze

De emissie van CH₄ uit dierlijke mest wordt als volgt berekend:

$$CH_{4Mest} = \sum_S [EF_{(T)} * N_{(T)}]$$

CH_{4Mest} : CH₄-emissie uit mest in kg

EF_(T) : emissiefactor voor elke gedefinieerde diercategorie T in kg CH₄ per dier

N_(T) : aantal dier per diercategorie T (melkvee, jongvee en (totaal) overige graasdieren)

De emissiefactor per dier wordt als volgt berekend:

$$EF_{(T)} = (VS_{(T)} * 365) * \left[B_{0(T)} * 0.67 * \sum_T \frac{MCF_S}{100} * MS_{(T,S)} \right]$$

Gebruikte afkortingen

EF_(T) : emissiefactor voor elke gedefinieerde diercategorie T in kg CH₄ per dier

VS_(T) : de productie van volatile solids ('vluchtige vaste stof') per diercategorie in kg drogestof per dier per dag

B₀ : maximale methaanproductie potentieel per diercategorie T in m³ CH₄ per kg uitgescheiden VS

0.67 : dichtheid methaan (kg / m³)

MCF_(S) : methaanconversiefactor per mestmanagementsysteem in procenten van B₀

MS_(T,S) : fractie van totale N-excretie van elke diercategorie T in mestmanagementsysteem S

B₀

De maximale CH₄-vorming wordt bepaald door de afbreekbaarheid van de organische bestanddelen in de mest. B₀ wordt uitgedrukt in m³. CH₄/kg VS en de (default)waarden zijn afgeleid uit NIR (2014) (Tabel 6.3).

MCF_(S)

De MCF geeft de mate aan waarin de hoeveelheid afbreekbare stof onder bepaalde condities ook daadwerkelijk wordt omgezet in CH₄. Als default geeft IPCC waarden voor MCF per diercategorie afhankelijk van de gemiddelde temperatuur in een regio (Tabel 6.3).

VS_(T)

VS staat voor volatile solids (vluchtige vaste bestanddelen). Deze is een optelsom van VS afkomstig uit excretie van urine en feces, en VS in voerresten en strooiselmateriaal die in de mest belanden. De hoeveelheid VS in de excretie is afhankelijk van het rantsoen. De berekening is als volgt (Zom & Groenestein, 2015):

VS met urine

De VS in urine betreft de hoeveelheid aanwezig ureum. Deze wordt berekend via de hoeveelheid TAN-stikstof (N) in de urine (Urine-N). Vrijwel alle TAN-N wordt uitgescheiden in de vorm van ureum (CH₄N₂O). Op basis van het atoomgewicht van stikstof en het molecuulgewicht van ureum wordt de uitscheiding van VS met urine (VS_{urine}) berekend als:

$$VS_{urine} \text{ (kg)} = \text{Urine-N} / 0.466 \text{ (}=(14*2)/(12+4*1+14*2+16)\text{)}$$

De urine-N excretie (kg N/jaar, TAN stikstof) wordt bepaald in de BEA.

VS met feces

De VS uitscheiding met de feces wordt berekend uit de opname van droge stof (kg DS) door de veestapel, het gehalte ruw as in de droge stof (RAS, g/kg DS), en de verteerbaarheid van de organische stof (VCOS, fractie van OS).

De droge stofopname en rantsoensamenstelling van de veestapel is via de BEX bepaald. Hierbij wordt met standaard droge stofgehalten gerekend afkomstig uit CVB-tabellen (Bijlage IV).

De gegevens van de voersoorten en bij grasproducten/snijmaïsproducten van het RAS-gehalte zijn afkomstig uit de invoer van de KringloopWijzer. De overige RAS-gehalten en de VCOS waarden zijn waarden afkomstig uit de CVB-tabellen (Bijlage IV). Op deze manier is per voedermiddel een droge stofopname, RAS-gehalte en VCOS-waarde verkregen.

Voor mengvoer is een schattingsformule gemaakt van de VCOS met daarin opgenomen de beschikbare informatie betreffende mengvoer in KLW (VEM, RE en P).

$$VCOS_{\text{mengvoer}} (\text{fractie van OS}) = (44,3 + 0,0489 \times VEM - 2,186 \times P + 0,1167 \times P^2) / 100$$

Gehalten aan VEM en P zijn in g per kg product.

Deze fomule is via regressieanalyse afgeleid op basis van VCOS-waarden en VEM- en P-gehalten van een groot aantal droge mengvoergrondstoffen uit de CVB-tabellen (Bijlage 7).

De netto organische stof opname van elk voedermiddel *i*, is berekend als:

$$OS_{\text{opname-}i} (\text{kg}) = DS_{\text{opname-}i} (\text{kg}) \times (1000 - RAS_i (\text{g/kg DS})) / 1000$$

De totale netto organische stof opname tot- OS_{opname} (kg), van het totale rantsoen met *n* voedermiddelen, is berekend als de som van de organische stof opnames van de individuele voedermiddelen:

$$\text{De tot-}OS_{\text{opname}} (\text{kg}) = \sum OS_{\text{opname-}1} (\text{kg}) + OS_{\text{opname-}2} (\text{kg}) + \dots + OS_{\text{opname-}i} (\text{kg}) (i = 1 \dots n)$$

De verteerbare organische stof opname van elk voedermiddel *i* is berekend als:

$$VOS_{\text{opname-}i} (\text{kg}) = OS_{\text{opname-}i} \times VCOS_i$$

De totale netto verteerbare organische stof opname tot- VOS_{opname} (kg), van het totale rantsoen met *n* voedermiddelen, is berekend als de som van de verteerbare organische stof opnames van de individuele voedermiddelen:

$$\text{De tot-}VOS_{\text{opname}} (\text{kg}) = \sum VOS_{\text{opname-}1} (\text{kg}) + VOS_{\text{opname-}2} (\text{kg}) + \dots + VOS_{\text{opname-}i} (\text{kg}) (i = 1 \dots n)$$

Totale VS excretie 'onder de staart'

De VS excretie 'onder de staart' (VS-excr) wordt berekend als:

$$VS\text{-excr} = \text{tot-}OS_{\text{opname}} (\text{kg}) - \text{tot-}VOS_{\text{opname}} (\text{kg}) + VS_{\text{urine}} (\text{kg})$$

VS uit voerverliezen

In de praktijk treden voerverliezen op, d.w.z. niet alle voer wordt door het dier opgenomen, er wordt ook voer 'geknoeid'. Er wordt vanuit gegaan dat alle voerverliezen bij de vaste mest terecht komt.

De bijdrage van voerverliezen aan de VS in de mest ($VS_{\text{voerverlies}}$) worden berekend als:

De netto organische stof opname van elk voedermiddel *i*, inclusief voerverlies ($OS\text{-}IVV_{\text{opname-}i}$) is berekend als:

$$OS\text{-}IVV_{\text{opname-}i} (\text{kg}) = DS\text{-}IVV_{\text{opname-}i} (\text{kg}) \times (1000 - RAS_i (\text{g/kg DS}))$$

De totale netto organische stof opname inclusief voerverlies tot-OS-IVV_{opname} (kg), van het totale rantsoen met n voedermiddelen, is berekend als de som van de organische stof opnames van de individuele voedermiddelen:

$$\text{De tot-OS-IVV}_{\text{opname}} \text{ (kg)} = \sum \text{OS-IVV}_{\text{opname-1}} \text{ (kg)} + \text{OS-IVV}_{\text{opname-2}} \text{ (kg)} + \dots + \text{OS-IVV}_{\text{opname-i}} \text{ (kg)} \\ (i = 1 \dots n)$$

De VS die via voerverlies aan de mest wordt toegerekend wordt berekend als:

$$\text{VS}_{\text{voerverlies}} = \text{tot-OS-IVV}_{\text{opname}} \text{ (kg)} - \text{tot-OS}_{\text{opname}} \text{ (kg)}.$$

VS uit strooisel

Stro als strooisel gaat naar de vaste mest en zaagsel en kalk gaat naar de drijfmest. Bij kalk is het uitgangspunt dat dit 0% organische stof bevat en bij overig strooisel is 90% van de droge stof organische stof is.

$$\text{VS}_{\text{strooisel}} = 0\% * \text{kg ds kalk} + 0.9 * \text{kg ds overig strooisel}$$

Totale VS excretie

De totale VS excretie inclusief voerverlies (VS-excrincl) wordt berekend als:

$$\text{VS-excrincl} = \text{VS-excr} + \text{VS}_{\text{voerverlies}} + \text{VS}_{\text{strooisel}}$$

Bovenstaande methodiek voor berekening van de VS in de mest wordt gebruikt voor melkkoeien en bijbehorend jongvee.

Voor de overige graasdieren is de volgende methode gehanteerd.

$$\text{VS} = \sum (\text{Nexcretie}_r * \text{Factor}), \text{ met:}$$

Nexcretie_(T) : totale N-excretie per diercategorie in kg per dag (melkvee, jongvee en (totaal) overige graasdieren). Deze N-excretie wordt afgeleid uit BEX (hoofdstuk 2), maar niet verminderd met de gasvormige N-verliezen uit stal en opslag.

Factor : omrekeningsfactor van N naar VS (OS/N-verhouding in mest, Tabel 6.3)

Tabel 6.3 Parameterwaarden voor de bepaling van de methaanemissiefactoren van mestmanagementsystemen. Voor uitleg van de parameters, zie bovenstaande tekst.

Diercategorie	B ₀	Factor OS/N*		MCF		
		Dunne mest	Vaste mest	Dunne mest	Vaste mest	Weidemest
Melkkoeien	0,22			17/3**	2,0	1
Jongvee	0,22			17/3**	2,0	1
Overige graasdieren***	0,20	15,6	25,8		1	

Bron: Lagerwerf *et al.*, 2019.

* OS/N wordt alleen gebruikt voor berekening VS van overige graasdieren.

** Onvergist/vergist.

*** IPCC onderscheidt meerdere diercategorieën, welke in parameter B₀ verschillen (b.v. geiten 0,18; schapen 0,19; paarden 0,3) In de KringloopWijzer zijn deze voorlopig onder één categorie gebracht met een B₀ waarde van 0,2.

6.3.2.3 Mestvergisting

In de KringloopWijzer kan opgegeven worden hoeveel drijfmest er extern en/of op het bedrijf vergist wordt. In de KLW gaan we ervan uit dat deze mest korter dan 30 dagen in de opslag heeft gezeten voordat deze de vergister ingaat, dientengevolge wordt voor deze hoeveelheid mest met een MCF (zie Tabel 6.3) gerekend van 3 in plaats van 17. Voor de methaanproductie tijdens het vergistingsproces is ervan uitgegaan dat deze 95% van de maximale methaanproductie (B₀) bedraagt, waarvan 4,3% (Hjort-Gregersen, 2014) via lekkage ontsnapt.

6.4 Berekeningswijze CO₂-emissies

In dit hoofdstuk wordt de berekening van de CO₂-emissies beschreven. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen directe emissies op het bedrijf (paragraaf 6.4.1) door vooral energieverbruik (brandstoffen en elektriciteit) bij de teelt, de bewerking en het voeren, emissies bij productie, onderhoud en transport van aangevoerde producten en vee (paragraaf 6.4.2).

Voor de productie van het eigen ruwvoer worden deels eigen gegevens gebruikt over inputs, die in KringloopWijzer worden opgevraagd. Dat betreft de productie en toediening van dierlijke mest en kunstmest.

In Bijlage 5 is een overzicht gegeven van alle emissie-coëfficiënten van koolstofdioxide (direct en indirect) door gebruik van verschillende producten en processen in de bedrijfsvoering van het melkveebedrijf.

6.4.1 CO₂ emissies op het bedrijf

6.4.1.1 Toediening van meststoffen (kalk en ureum)

Er zijn een aantal C-houdende producten die worden toegepast bij de teelt van gewassen. Het gaat dan om (Bron: IPCC Guidelines (2006); Fifth Assessment Report, 2014):

Ureum: $\text{kg Nureum} * \text{NURE_URE} * \text{EF_CO}_2\text{Nure}/1000 * 44/12$, met:

$\text{NURE_URE} = 60/28$: (Ureum = CH₄N₂O, dus 60/28)

$\text{EF_CO}_2\text{Nure} = 200$ (g CO₂/kg ureum)

Kalk: $(\text{kgKalk_Dolo} * \text{EF_CO}_2\text{Dolo}/1000 + \text{kgKalk_Lime} * \text{EF_CO}_2\text{Lime}/1000) * 44/12$, met:

$\text{EF_CO}_2\text{Lime} = 120$ (g CO₂-C / kg kalksteen)

$\text{EF_CO}_2\text{Dolo} = 130$ (g CO₂-C / kg dolomiet)

6.4.1.2 Energieverbruik en energieproductie

Het energieverbruik kan in de KLV worden opgegeven of normatief worden berekend. Per energiebron kan dit worden aangegeven. Indien het verbruik van een energiebron wordt opgegeven wordt het totale verbruik opgegeven alsmede de hoeveelheid voor overige takken dan "Graasdieren en voedergewassen". De KLV berekent vervolgens m.b.v. het normatieve verbruik (zie hieronder) welk aandeel van het verbruik moet worden toegerekend aan de melkproductie.

Het machinegebruik voor de teelt van gewassen en het voeren is gestandaardiseerd. Een gedetailleerde beschrijving wordt hieronder weergegeven.

Direct energieverbruik voerproductie, bewerking en voeren

Hieronder is per categorie van bewerkingen (grasland, bouwland en voeren) beschreven hoe het normatief brandstofverbruik is berekend.

Grasland activiteiten (normberekening)

Het aantal en de frequentie van handelingen verschilt per type graslandgebruik. Daarom wordt een onderscheid gemaakt tussen:

- Snede weiden
- Snede oogst vers gras (zomerstalvoeren)
- Snede oogst graskuil
- Snede oogst hooi
- Snede oogst grasdrogen van vers gras
- Snede oogst grasdrogen van voorgedroogd gras

Tabel 6.4 geeft aan welke activiteiten zich per type grasland voordoen en hoe vaak ze optreden.

Tabel 6.4 Frequentie van de activiteiten per snede grasland voor weiden, zomerstalvoeren, oogsten voor graskuil, oogsten voor hooi en oogsten voor grasdrogen (FeedPrint, 2018).

Activiteit	Snede Weiden	Snede oogst vers gras zomerstalvoeren	Snede oogst graskuil	Snede oogst hooi	Snede oogst vers gras extern drogen	Snede oogst voordr. gras extern drogen
Kunstmest	1	1	1	1	1	1
Bloten	0,5					
Maaien		1	1	1	1	1
Gras laden		1	1		1	1
Schudden			2	3		2
Wiersen			1	1		1
Aanrijden			1			
Grootpakpers				1		

De navolgende tabellen geven aan welke algemene activiteiten (Tabel 6.5) en welke aan zaaien gerelateerde activiteiten (Tabel 6.6) zich bij grasland voordoen.

Tabel 6.5 Frequentie van algemene activiteiten per ha grasland.

Activiteit	grasland, landwerk
Bekalken	0,25
Slepen	0,5
Rollen	0,5

Tabel 6.6 Frequentie van activiteiten per ha grasland voor herinzaai, doorzaai of voor wisselteelt met een akkerbouwgewas.

Activiteit	Herinzaai	Doorzaai	Wisselteelt
Sputten	1	1	
Onkruid bestrijden	1	1	
Ploegen	1		1
Eggen	2		2
Inzaaien	1		1

Sommige activiteiten zijn per snede uitgedrukt. Omdat het aantal sneden niet opgevraagd wordt, moet dat aantal geschat worden op basis van de jaaropbrengst. Dit gebeurt door uit te gaan van een bepaalde snedeopbrengst. Gehanteerde uitgangspunten hierbij zijn:

Bruto snedezwaarte vers gras = 1500 kg ds/ha
 Bruto snedezwaarte zomerstalvoeren = 1800 kg ds/ha
 Bruto snedezwaarte graskuil, hooi en drogen = 3000 kg ds/ha

De totale emissies als gevolg van brandstofverbruik bij het gebruik van machines worden dan berekend als de som van:

- de producten van de aantallen sneden en de emissies als gevolg van dieselgebruik per snede per afzonderlijke bewerking (Tabel 6.7),
- de producten van het aantal hectares en de frequenties per hectare voor kalk strooien, rollen en slepen en het diesilverbruik per bewerking (Tabel 6.7),
- de emissies voor (her-)inzaai en doorzaai. Het aantal hectares dat is doorgezaaid of opnieuw is ingezaaid (herinzaai van gras na gras en inzaai van gras na bouwland) wordt vermenigvuldigd met het diesilverbruik van de bij inzaai nodige bewerkingen (Tabel 6.7).

Tabel 6.7 Diesilverbruik per eenheid bewerking van grasland.

Activiteit	Eenheid	Diesel (kg)
Ploegen	Ha	23,1
Eggen	Ha	9,4
Inzaaien	Ha	4,3
Toedienen drijfmest	m ³	0,7
Toedienen vaste mest	Ton	1,3
Kunstmest strooien	Ha	2,4
Bekalken	Ha	2,4
Spuiten	Ha	2,5
Onkruid bestrijden	Ha	2,5
Bloten	Ha	4,2
Maaien	Ha	4,8
Zelfdrijvende oogstmachine	Ha	25,6
Schudden	Ha	3,2
Wiersen	Ha	2,9
Opraapwagen	Ha	5,3
Kleine pakken persen	Ha	5,7
Grootpakpersen	Ha	11,3
Aanrijden	Ha	2,5
Rollen	Ha	4,2
Slepen	Ha	4,2

Bouwland activiteiten (normberekening)

Voor alle bouwlandgewassen zijn activiteiten onderscheiden, die in hoofdlijnen neerkomen op zaaiklaar maken van het land (ploegen, zaaibed bereiding, zaaien, gewasbeheer (kunstmest, bestrijding ziekten en plagen), oogsten en na-oogst werkzaamheden. Voor deze teelten worden normatieve waarden voor het energieverbruik (diesel en elektriciteit) gehanteerd, zoals deze voor FeedPrint/Agrifootprint zijn berekend (Tabel 6.8).

Tabel 6.8 Diesel en elektriciteitsverbruik per ha akkerbouwgewas in de KringloopWijzer.

Gewas	Diesel (kg)	Elektriciteit (kWh)
Snijmaïs	95,9	0
GPS-granen	95,9	0
Luzerne	128,1	0
Rode klaver	128,0	0
Bieten	192,9	0,3
Maïs (CCM, MKS)	123,8	1,0
Graangewassen	114,8	0
Zaadgewassen-overig	112,2	0
Graszaad	114,8	0
Peulvruchten	86,2	0
Aardappelen	196,0	1,8
Pootgoed	196,0	1,8
Uien en bloembollen	196,0	1,8
Groenten, blad	128,1	0
Groenten, niet-blad	128,1	0
Overig akkerbouw	128,1	0

Activiteiten bij voeren (normberekening)

Als alle producten op het bedrijf aanwezig zijn, moeten ze nog worden gevoerd. Voor alle voedermiddelen, behalve mengvoer wordt energiegebruik berekend en daar horen weer emissies bij voor het directe brandstofgebruik en voor productie en onderhoud. Tabel 6.9 geeft het directe

energieverbruik per ton gevoerd product. Het voeren van mengvoer kost zo weinig energie, dat daarvoor geen apart energiegebruik wordt berekend.

Tabel 6.9 *Dieselvebruik voor voeren per ton product van de verschillende voedermiddelen. De dsgehalten die bij de verschillende voedermiddelen horen staan vermeld in Bijlage 4.*

Voeren	Diesel (kg)
Ruwvoer ¹ (ton product)	2,5
Overig ruwvoer ¹ (ton product)	3,9
Bijproducten ¹ (ton product)	2,4
Vers gras ¹ (ton product)	0,4

¹ De producten die bij de verschillende voedermiddelen horen staan in Bijlage 4.

Omzetten direct energieverbruik in CO₂

Het verbruik is opgegeven of, zoals hierboven beschreven, normatief berekend.

Om de CO₂ te berekenen moeten de totale hoeveelheden diesel en elektriciteit vermenigvuldigd worden met een EF-waarde. Voor deze EF-waarden wordt verwezen naar Bijlage 5. Hieraan voorafgaande moet het gebruik van diesel in kilogrammen worden omgezet in MJ's per kg (43.2 MJ/kg) en het gebruik van elektriciteit in kWh worden omgezet in MJ's per kWh (3.6 MJ/kWh).

$$\text{CO}_2 \text{ emissie} = \text{kg diesel} * \text{MJ_per kg Diesel} * (\text{EF_DieselVerbranding} + \text{EF_DieselProductie}) \\ + \text{kWh elek} * \text{MJ_per kWh Elec} * \text{EF_ElektriciteitProductie}$$

Overig directe energieverbruik

Om melk, vlees en gewassen te kunnen produceren wordt ook op nog andere wijzen energie verbruikt. De KringloopWijzer berekent het normatieve verbruik en brengt de omvang van de bijbehorende CO₂-verliezen eveneens in beeld. Daartoe houdt de KringloopWijzer rekening met:

- Verbruik van elektriciteit voor melken, koelen en verlichting.
- Verbruik van gas voor warm water en verwarming algemeen.
- Verbruik van propaan voor verwarming algemeen en water.
- Verbruik van stookolie voor verwarming water en algemeen verbruik.
- Verbruik van elektriciteit en diesel bij mest scheiden.
- Verbruik van elektriciteit bij mest vergisten.

Voor de omzetting van dit energieverbruik naar CO₂ wordt verwezen naar Bijlage 5.

Verbruik elektriciteit, aardgas, propaan, stookolie (normberekening)

Bij de normberekening worden de volgende rekenregels (KWIN, 2019-2020) gebruikt:

Koeling melk (elektriciteit): Afhankelijk van wel of geen voorcoeler en warmteterugwinningsinstallatie:

- Geen voorcoeler en geen warmteterugwinning: verbruik = 13,0 * melkleverantie/1000 (KWh).
- Geen voorcoeler en wel warmteterugwinning: verbruik = 14,0 * melkleverantie/1000 (KWh).
- Wel voorcoeler en geen warmteterugwinning: verbruik = 8,0 * melkleverantie/1000 (KWh).
- Wel voorcoeler en wel warmteterugwinning: verbruik = 10,0 * melkleverantie/1000 (KWh).

Melken (elektriciteit):

- Geen melkrobot: Verbruik = 500 * aantal melkstellen (KWh)
- Melkrobot eenbox: Verbruik = 10950 * aantal AMS-systemen (KWh)
- Melkrobot multibox: Verbruik = 21900 * aantal AMS-systemen (KWh)

Overige, waaronder verlichting (elektriciteit):

$$\text{Verbruik} = 1924 + 16.3 * \text{aantal koeien (KWh)}$$

Verwarming water (elektriciteit, gas, propaan of stookolie):

Eerst verbruik warm water berekenen in liters per dag:

- Melkrobot eenbox en hittereiniging: warmwater = 220 liter
- Melkrobot eenbox en circulatiereiniging: warmwater = 228 liter
- Melkrobot multibox en hittereiniging: warmwater = 325 liter
- Melkrobot multibox en circulatiereiniging: warmwater = 220 liter

Traditionele melkstal:

a: $(20 + \text{aantal melkstellen} * 5) * 0.8$

b: $(20 + \text{aantal melkstellen} * 5) * \text{aantal keren melken}$

c: $(a + b) * 0.40$ indien ruim gedimensioneerd

d: $(\text{aantal koeien} * 1.0) * \text{indien geen warmteterugwiningsinstallatie}$

e: $(45 + \text{aantal koeien} * 0.75) / 2$

Warmwater = a+b+c+d+e

Geen warmteterugwinning:

- Warmtebron is elektrisch: Verbruik elektriciteit = warmwater * 29.9644 (KWh)
- Warmtebron is gas: Verbruik gas = warmwater * 5.7631 (m3)
- Warmtebron is propaan: Verbruik propaan = warmwater * 7.3002 (ltr)
- Warmtebron is stookolie: Verbruik stookolie = warmwater * 5.0925 (ltr)

Wel warmteterugwinning:

- Warmtebron is elektrisch: Verbruik elektriciteit = warmwater * 12.7348 (KWh)
- Warmtebron is gas: Verbruik gas = warmwater * 3.6019 (m3)
- Warmtebron is propaan: Verbruik propaan = warmwater * 4.5627 (ltr)
- Warmtebron is stookolie: Verbruik stookolie = warmwater * 3.1828 (ltr)

Mest scheiden:

Bij scheiden van drijfmest is als uitgangspunt genomen dat graasdieren drijfmest elektrisch wordt gescheiden met een schroefpersfilter en staldieren met een mobiele scheider (dieselmotor).

- Graasdieren mest: Verbruik = 1.0 kWh elektriciteit per ton ingaande mest
- Staldieren mest: Verbruik = 0,8 liter diesel per ton ingaande mest

Mest vergisten:

Bij het vergisten van drijfmest is als uitgangspunt genomen dat vergist wordt met een monovergister. Hierbij wordt gebruik gemaakt van elektriciteit voor roeren, pompen, vijzelen etc. en warmte om de vergistingsreactor op de gewenste temperatuur te houden.

Het verbruik hierbij wordt geschat op 12 kWh per ton ingaande mest.

Overige graasdieren (elektriciteit en gas):

- Voor overige graasdieren is met een standaard verbruik gerekend, zie Tabel 6.10.

Tabel 6.10 Standaardverbruik van elektriciteit en gas voor overige graasdieren (Anonymus, 2019).

	elektriciteit (kWh/jr)	gas (m ³ /jr)
Fokstieren, > 1 jaar (cat. 104)	25	0
Weide- en zoogkoeien (cat. 120)	20,8	0
Startkalveren, rosé- of roodvlees (cat. 115)	23	9,2
Rosékalveren, 3 mnd - slacht (cat. 116)	11,3	0
Rosékalveren, 2 wkn - slacht (cat. 117)	14,6	2,9
Roodvleesstieren, 3 mnd - slacht (cat. 122)	25	0
Fokschapen, incl. lammeren (cat. 550)	3,3	0
Vleeschapen, < 4 mnd (cat. 551)	2,7	0
Overige schapen, > 4 mnd (cat. 552)	2,7	0
Melkgeiten (cat. 600)	20,8	0
Opfok- en vleesgeiten, < 4 mnd (cat. 601)	20,8	0
Opfok- en vleesgeiten, > 4 mnd (cat. 602)	20,8	0
Pony's (cat. 941)	41,7	0
Paarden (cat. 943)	41,7	0

Eigen elektriciteitsproductie

Het zelf produceren van energie kost ook CO₂. De gemiddelde EF is afhankelijk van de vorm van opwekking. Voor de EF-waarden wordt verwezen naar Bijlage 5.

Bij de invoer kan ook nog een overige vorm van opwekking worden opgegeven, zodat de gemiddelde EF per MJ gelijk wordt aan:

De gemiddelde EF per MJ wordt hierbij:

$$\begin{aligned} E_{\text{Felek_prod}} &= \text{fractie Bio} * 1,94 \\ &+ \text{fractie Wind} * 3,79 \\ &+ \text{fractie Zon} * 22,77 \\ &+ \text{fractie Overig} * \text{emissie-coëfficiënt 'overig'} \end{aligned}$$

met:

emissie-coëfficiënt 'overig' = gewogen gemiddelde van de wel-bekende vernieuwbare bronnen:

$$\frac{(\text{fractie Bio} * 1,94 + \text{fractie Wind} * 3,79 + \text{fractie Zon} * 22,77)}{(\text{fractie BIO} + \text{fractie Wind} + \text{fractie ZON})}$$

Indien eigen energie wordt geproduceerd en eventueel terug-geleverd aan het stroomnet, dient eerst uitgerekend te worden wat de levering van energie is geweest:

$$\begin{aligned} \text{EigenElek} &= \text{productie elektriciteit} - \text{terug levering elektriciteit} \\ \text{Levering} &= \text{Verbruik elektriciteit} - \text{EigenElek} \end{aligned}$$

Om de CO₂ per energiedrager te berekenen moeten de energiehoeveelheden vermenigvuldigd worden met de EF-waarden (zie Bijlage 5).

Bovenstaande emissies zijn exclusief transport naar het bedrijf.

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 \text{ elektriciteit: Levering in kWh} &* 3,6 * (\text{E}_{\text{Felek_grijs}} * \text{aandeel grijze stroom} + \\ &\text{E}_{\text{Felek_groen}} * \text{aandeel groene stroom}) \\ &+ \text{EigenElek in kWh} * 3,6 * \text{E}_{\text{Felek_prod}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 \text{ gas: Verbruik gas in m}^3 &* \text{aandeel normaal gas} * 31,65 * \text{EF}_{\text{gas_norm}} \\ &+ \text{Verbruik gas in m}^3 * \text{aandeel biogas} * 21,80 * \text{EF}_{\text{gas_bio}} \end{aligned}$$

$$\text{CO}_2 \text{ prop: Verbruik propaan in ltr} * 0,51 * 45,2 * \text{EF}_{\text{propaan}}$$

$$\text{CO}_2 \text{ olie: Verbruik stookolie in ltr} * 0,84 * 41,0 * \text{EF}_{\text{stookolie}}$$

6.4.2 Indirecte emissies bij aangevoerde producten

6.4.2.1 Kunstmatig voedrogen (extern)

Indien voer kunstmatig gedroogd wordt, moet deze energie meegeteld worden voor de CO₂ emissie, er wordt als het ware extra CO₂ aangevoerd. De KringloopWijzer onderscheidt nu kunstmatig gedroogd grasbrok en grasbalen van vers gras (gedroogd van 200 g/ds naar 920 g/ds), kunstmatig gedroogd grasbrok en grasbalen van voordroog gras (gedroogd van 450 g/ds naar 920 g/ds), kunstmatig gedroogde snijmaïs (gedroogd van 355 g/ds naar 910 g/ds), kunstmatig gedroogde luzerne en klaver (gedroogd van 300 g/ds naar 910 g/ds).

Voor het drogen en balen of brok maken, worden CO₂-emissies ingerekend volgens Tabel 6.11.

Tabel 6.11 Emissie van CO₂ bij het drogen van verschillende producten, emissiefactor (EF) in g CO₂-eq/ton ingaand product, exclusief transport naar drogerij en terug naar het bedrijf.

Drogen van	emissie-coëfficiënt	eenheid	Bron
Grasbaal, vers gras	399	kg CO ₂ -eq/ton ingaand	Feedprint, 2020
Grasbrok, vers gras	413	kg CO ₂ -eq/ton ingaand	Feedprint, 2020
Grasbaal, voordroog gras	263	kg CO ₂ -eq/ton ingaand	Feedprint, 2020
Grasbrok, voordroog gras	295	kg CO ₂ -eq/ton ingaand	Feedprint, 2020
Snijmaïs	351	kg CO ₂ -eq/ton ingaand	Feedprint, 2020
overige ruwvoer	379	kg CO ₂ -eq/ton ingaand	Feedprint, 2020

6.4.2.2 Productie en onderhoud werktuigen

Het maken en onderhoud van de trekkers de werktuigen die ingezet worden om het voer te produceren brengen ook CO₂ emissies met zich mee, de zogenaamde indirecte emissies. Deze emissies worden als aanvoerpost gezien en zijn afhankelijk van het aantal ha dat bewerkt moet worden.

Om de CO₂ te berekenen moeten de totale hoeveelheden indirecte energie vermenigvuldigd worden met een EF-waarde. Voor de EF-waarden wordt verwezen naar Bijlage 5.

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 \text{ indirect} = & \text{MJ electriciteit} * \text{EF_Elektriciteit indirect} + \\ & \text{MJ aardgas} * \text{EF_Aardgas} + \\ & \text{MJ kerosine} * \text{EF_Kerosine} + \\ & \text{MJ bruinkool} * \text{EF_Kolen} \end{aligned}$$

Grasland

In tabel 6.12 staat het indirecte energieverbruik per eenheid bewerking op grasland.

Tabel 6.12 Indirect energieverbruik per eenheid bewerking van grasland, voor de soorten elektriciteit, gas, kerosine en kolen.

Activiteit	Eenheid	Elektrisch, indirect (MJ)	Gas, indirect (MJ)	Kerosine, indirect (MJ)	Kolen, indirect (MJ)
Ploegen	Ha	12,5	8,3	13,4	1,4
Eggen	Ha	9,7	6,1	11,9	1,0
Inzaaien	Ha	7,4	5,0	7,7	0,9
Toedienen drijfmest	m ³	0,4	0,4	0,1	0,1
Toedienen vaste mest	ton	3,2	2,9	0,8	0,5
Kunstmest strooien	Ha	1,1	0,8	1,0	0,1
Bekalken	Ha	1,1	0,8	1,0	0,1
Spuiten	Ha	2,8	1,8	3,0	0,3
Onkruid bestrijden	Ha	2,8	1,8	3,0	0,3
Bloten	Ha	1,3	0,9	1,2	0,2
Maaien	Ha	2,4	1,7	2,2	0,3
Zelfdrijvende oogstmachine	Ha	131,7	88,6	137,3	15,1
Schudden	Ha	1,0	0,7	0,9	0,1
Wiersen	Ha	4,0	2,6	4,6	0,4
Opraapwagen	Ha	7,0	5,4	4,7	0,9
Kleine pakken persen	Ha	34,8	27,5	21,0	4,7
Grootpakpersen	Ha	26,7	17,1	30,9	2,9
Aanrijden	Ha	1,5	1,1	1,1	0,2
Rollen	Ha	2,9	1,9	3,1	0,3
Slepen	Ha	2,9	1,9	3,1	0,3

De berekening van de oppervlaktes (sneden) en hoeveelheid toegediende organische mest staat beschreven in paragraaf 6.4.1.2 hierboven.

Bouwland

In tabel 6.13 staat het indirecte energieverbruik per ha bouwland.

Tabel 6.13 Indirect energieverbruik per ha akkerbouwgewas voor de soorten elektriciteit, gas, kerosine en kolen.

Gewas	Elektriciteit, indirect (MJ)	Gas, indirect (MJ)	Kerosine, indirect (MJ)	Kolen, indirect (MJ)
Snijmaïs	124,2	82,4	133,8	14,1
GPS-granen	124,2	82,4	133,8	14,1
Luzerne	187,0	124,9	198,2	21,3
Rode klaver	187,0	124,9	198,2	21,3
Bieten	524,8	338,8	600,0	57,8
Maïs (CCM, MKS)	197,4	130,1	215,6	22,2
Graangewassen	176,9	116,7	193,2	19,9
Zaadgewassen-overig	155,7	102,8	169,5	17,6
Graszaad	176,9	116,7	193,2	19,9
Peulvruchten	118,3	78,5	127,5	13,4
Aardappelen	410,8	268,4	457,9	45,8
Pootgoed	410,8	268,4	457,9	45,8
Uien en bloembollen	410,8	268,4	457,9	45,8
Groenten, blad	187,0	124,9	198,2	21,3
Groenten, niet-blad	187,0	124,9	198,2	21,3
Overig akkerbouw	187,0	124,9	198,2	21,3

Voeren

In tabel 6.14 staat het indirecte energieverbruik voor het machineverbruik bij het voeren.

Tabel 6.14 Indirect energieverbruik voor voeren per ton product van de verschillende voedermiddelen. Het ds-gehalte die bij de verschillende voedermiddelen horen staan vermeld in Bijlage 4.

	Elektriciteit, indirect (MJ)	Gas, indirect (MJ)	Kerosine, indirect (MJ)	Kolen, indirect (MJ)
Ruwvoer ¹ (ton product)	2,0496	1,3976	2,0665	0,2386
overig ruwvoer ¹ (ton product)	4,2212	2,8162	4,488	0,4808
bijproducten ¹ (ton product)	8,2959	5,222	9,9837	0,8916
vers gras ¹ (ton product)	0,2626	0,1816	0,2553	0,031

¹ De producten die bij de verschillende voedermiddelen horen staan in Bijlage 4.

6.4.2.3 Aanvoer voedermiddelen

Omdat de KringloopWijzer zich primair richt op de benutting en verliezen van N, P en C binnen de grenzen van het bedrijf, zou de CO₂-emissie die volgt uit de productie van voer (kunstmest, veldwerk, transport, opslag en bewerking) buiten beeld blijven zodra dit voer niet binnen het bedrijf maar elders geteeld wordt. De bijdrage van deze vorm van indirecte emissies van aangekochte voedermiddelen wordt berekend met standaardwaarden voor emissies per kg product ontleend aan FeedPrint/Agrifootprint (FeedPrint, 2018) (zie ook Bijlage 4).

Uitzondering op bovenstaande is betreft mengvoer, korrelmaïs, sojaschroot en sojabonen schillen. Voor deze voedermiddelen wordt de CO₂-emissie (voor productie) in principe aangeleverd door de mengvoer leverancier gebaseerd op de samenstelling. Indien deze waarde niet aangeleverd is, wordt voor mengvoer de CO₂-emissie voor productie gebaseerd op het RE-gehalte.

Hiervoor zijn 3 waarden beschikbaar bij 3 verschillende RE-gehalte in mengvoer gebaseerd op samenstellingen van gemiddelde mengvoersoorten in 2018/2019. Er wordt geïnterpoleerd tussen deze 3 waarden obv het RE-gehalte per voerpartij:

- 141 g RE/kg = 816 g CO₂-eq/kg (standaard mengvoer)
- 222 g RE/kg = 1499 g CO₂-eq/kg (eiwitrijk mengvoer)
- 272 g RE/kg = 2136 g CO₂-eq/kg (extra eiwitrijk mengvoer)

Voor de overige 3 voedermiddelen wordt met een vaste waarde gerekend voor de productie indien de waarde niet is aangeleverd. Deze vaste waarden (exclusief transport en fijnmalen) bedragen:

- Korrelmaïs : 686 g CO₂-eq/kg
- Sojaschroot : 4424 g CO₂-eq/kg
- Sojabonenschillen : 2427 g CO₂-eq/kg

De CO₂-emissies in Bijlage 4 en mengvoer zijn inclusief landgebruiksverandering en transport tot aan de leverancier. De emissies voor transport naar de boerderij worden apart ingerekend.

Indien voer uit de beginvoorraad wordt verkocht, wordt de bijbehorende CO₂ van deze afgevoerde hoeveelheid van de aankoop afgehaald (=netto aankoop).

Verkocht voer in het rekenjaar zelf wordt al verrekend bij de voerproductie (scheiden van processen).

Voor het voeren van alle producten worden apart emissies berekend, afhankelijk van het type product.

6.4.2.4 Aanvoer kunstmest

Het verbruik van kunstmest moet vermenigvuldigd worden met de EF-waarde van de verschillende kunstmestsoorten (Bijlage 5). De emissies behorend bij de productie van kunstmest zijn ontleend aan Agrifootprint.

Voor organische mest worden alleen transportemissies ingerekend.

6.4.2.5 Aanvoer gewasbeschermingsmiddelen

Het verbruik aan gewasbeschermingsmiddelen in kg actieve stof (AS) wordt standaard ingerekend volgens Tabel 6.15.

Tabel 6.15 Standaardverbruik van gewasbeschermingsmiddelen (kg as/ha), bron: www.agrimatie.nl.

Soort	Landgebruik	Verbruik (kg as/ha)
Nematicide	grasland	0,02
Nematicide	bouwland	0
Herbicide	grasland	0,16
Herbicide	bouwland	1,15
Fungicide	grasland	0
Fungicide	bouwland	0,01
Overige	grasland	0
Overige	bouwland	0,01

Het verbruik van gewasbeschermingsmiddelen moet vermenigvuldigd worden met de EF-waarde van de verschillende gewasbeschermingsmiddelen (Bijlage 5).

6.4.2.6 Aanvoer strooisel

Het verbruik van strooisel moet vermenigvuldigd worden met de EF-waarde van de verschillende strooisel soorten (voor EF-waarden zie bijlage 5).

6.4.2.7 Aanvoer water

De KringloopWijzer rekent met 0,411 g CO₂-eq per liter en met 1,707 m³ water per ton melk (uit Agrimatie, 2018).

Voor overige graasdieren is met een standaard verbruik gerekend per dier, zie Tabel 6.16.

Tabel 6.16 Standaardverbruik van water voor overige graasdieren (Anonymus, 2019).

Overige grasdieren	Water (m ³ /jr)
Fokstieren, > 1 jaar (cat. 104)	13,8
Weide- en zoogkoeien (cat. 120)	11,3
Startkalveren, rosé- of roodvlees (cat. 115)	4,6
Rosékalveren, 3 mnd - slacht (cat. 116)	11,3
Rosékalveren, 2 wkn - slacht (cat. 117)	8,8
Roodvleesstieren, 3 mnd - slacht (cat. 122)	13,8
Fokschapen, incl. lammeren (cat. 550)	3,6
Vleeschapen, < 4 mnd (cat. 551)	2,9
Overige schapen, > 4 mnd (cat. 552)	2,9
Melkgeiten (cat. 600)	11,3
Opfok- en vleesgeiten, < 4 mnd (cat. 601)	11,3
Opfok- en vleesgeiten, > 4 mnd (cat. 602)	11,3
Pony's (cat. 941)	22,5
Paarden (cat. 943)	22,5

6.4.2.8 Aanvoer vee

In de KringloopWijzer wordt gerekend met aanvoer van vee in kg. Het gewicht van de aangevoerde dieren is afhankelijk van het ras en de gemiddelde leeftijd bij aanvoer. Per kg dier wordt vervolgens een hoeveelheid CO₂ ingerekend (zie Bijlage 5 voor EF-waarden).

6.4.2.9 Aanvoer afdek materiaal

Het verbruik aan afdek materiaal wordt berekend uit de hoeveelheid per ton ds van de aangelegde hoeveelheid grasproducten en snijmaïsproducten volgens Tabel 6.17.

Tabel 6.17 Verbruik van plastic als afdek materiaal bij de ruwvoersoorten graskuil en maïs (kg / ton DS), bron: Hospers et al., 2019.

Ruwvoersoort	Verbruik
Graskuil	0,95
Maïskuil	1,49

Het verbruik van afdek materiaal moet vermenigvuldigd worden met de EF-waarde van afdek materiaal. De EF-waarde van plastic is 3053 g CO₂-equivalenten per kg plastic, exclusief transport naar het bedrijf.

6.4.2.10 Transport

Alle producten hebben een footprint die berekend is tot een regionaal afleverpunt, dat wil zeggen een handel in brandstoffen of in kunstmest e.d. Al deze producten moeten dan nog met de truck naar het primaire bedrijf worden gebracht. In de berekeningen neemt de KringloopWijzer aan dat geen andere vormen van transport worden gebruikt dan vrachtwagens. Voor al deze producten worden forfaitaire afstanden van regionaal afleverpunt naar boerderij gehanteerd (Tabel 6.18). De CO₂-emissie die met dat vervoer verbonden is wordt begroot op 101 g CO₂ per ton per km.

Tabel 6.18 Forfaitaire transport afstanden (km) voor diverse producten.

Product	Forfaitaire afstand
Vers gras, grasproducten en snijmaïsproducten	50
Overig ruwvoer en natte bijproducten	100
Krachtvoerders en melkproducten	60
Afdekmaterialen	50
Diesel	300
Drogen	100
Gas	100
Gewasbeschermingsmiddelen	50
Kunstmest	100
Olie	100
Organische mest	100
Stro	50
Vee	250

6.5 Organische stof balans

Gewasresten en organische mest vormen de belangrijkste aanvoerposten van organische stof voor de bodem. De aanvoer via gewasresten becijfert de KringloopWijzer bij gras en maïs (snijmaïs, MKS en CCM) door nauw aan te sluiten bij termen die ook in de module BEN gebruikt worden. Voor wat betreft de aanvoer via gewasresten is bij andere dan genoemde gewassen gebruik gemaakt van gewas-specifieke effectieve organische stof bijdragen uit de literatuur.

Bij gras en maïs (exclusief eventuele restplant bij MKS en CCM) gaat BEN uit van een gewasrest (stoppel en wortel) van, respectievelijk, 75 en 15 kg N per ha. In een evenwichtssituatie (continueelt) wordt aangenomen dat jaarlijks eenzelfde hoeveelheid wordt afgebroken. Bij wisselbouw van beide gewassen wordt aangenomen dat onder nieuw grasland jaarlijks 75 kg N per ha extra wordt geïnvesteerd met een maximum van 300 kg N per ha, terwijl deze investering in de daarop volgende bouwlandperiode, ongeacht de duur daarvan, weer volledig wordt afgebroken. Net als BEN, maakt ook BEC vooralsnog geen zichtbaar onderscheid tussen de organische stofbalansen van het grasland en het bouwland. Ter berekening van de organische stof-bijdragen van de wortels en stoppels van gras- en maïs converteert de KringloopWijzer de N-inhoud naar effectieve organische stof. Om de effectieve organische stof te berekenen dient de aangevoerde organische stof volgens conventie gecorrigeerd te worden voor dat deel van de aanvoer dat al gedurende de eerste 12 maanden verademd wordt; alleen de organische stof die na die periode resteert, wordt effectieve organische stof genoemd. Tabel 6.19 geeft aan met welke omrekenfactoren ('HC-waarden') de KringloopWijzer rekent.

Tabel 6.19 Humificatiecoëfficiënten ('HC-waarden') van vers plantenmateriaal, gewasresten en organische meststoffen, de hoeveelheid organische stof per kg N-totaal in mest, en de forfaitaire bijdrage effectieve organische stof-bijdrage van verschillende meststoffen (www.handboekbodembemesting.nl)

Bron	HC ¹ (kg OS per kg OS toegediend)	OS/N	E.O.S ¹ -bijdrage	
			(per m ³) ²	(per kg N-totaal ²)
Vers plantmateriaal ³	0,25			
Gewasresten ⁴	0,30			
Graasdieren drijfmest, mestcode 14	0,70	17,8 ⁵	50	12
Graasdieren vaste mest, mestcode 10	0,70	20,1 ⁵	98	14
Weidemest graasdieren ⁶	0,70	17,8 ⁵	50	12
Staldieren drijfmest, mestcode 50	0,33	11,3 ⁵	27	4
Graasdieren vaste mest, mestcode 39	0,70	12,3 ⁵	84	4
Compost ⁷	0,90	30,1 ⁵	152	27
Graasdieren dunne fractie, mestcode 11	0,70	11,7 ⁵	29	8
Graasdieren dikke fractie, mestcode 13	0,70	24,1 ⁵	118	17
Kunstmestvervangers (spuiwater, mineralenconcentraat)	0,33	2,9 ⁸	7	1
Digestaat ⁹	0,90 ¹⁰	6,0 ⁵	30	5
Overig ⁶	0,70	17,8 ⁵	50	12

¹ HC: de humificatiecoëfficiënt is de fractie die een jaar na toediening nog effectief aanwezig is: 'E.O.S.'.

² O.b.v. Tabel 1.2.

³ Beweidings-, maai- en oogstverliezen, voerresten.

⁴ Wortels, stoppels, zode van gras, snijmaïs, MKS en CCM.

⁵ Den Boer *et al.*, 2012.

⁶ Als graasdieren drijfmest.

⁷ Gemiddelde GFT en groencompost.

⁸ Velthof, 2011.

⁹ Gemiddelde van rundvee en vleesvarkens en afbraak van Norg van 25-50%.

¹⁰ Als van compost, vanwege voorafgaande mineralisatie.

De aanvoerposten van de (effectieve) organische balans zijn weergegeven in Tabel 6.20. De organische stofbalans wordt daarbij in eerste instantie afzonderlijk berekend voor het grasland ('aan- en afvoerposten per hectare grasland') en voor het bouwland ('aan- en afvoerposten per hectare bouwland, waarbij het bouwland bestaat uit akkerbouwmatige ruwvoergewassen (snijmaïs, MKS, CCM, luzerne, veldbonen) en marktbaar akkerbouwgewassen (korrelmaïs, graangewassen, zaadgewassen, hakvruchten, etc.). Ook voor de organische stofbalans geldt dat pas in tweede instantie het gewogen gemiddelde van de afzonderlijke vormen van landgebruik wordt berekend. Bij uitdrukkingen 'per hectare' gaat het dus aanvankelijk niet om uitkomsten per hectare bedrijfsoppervlakte maar om uitkomsten per hectare van een bepaald landgebruik (grasland, bouwland).

De term OSAan1 (effectieve organische stof uit weidemest) is alleen op de graslandhectares van toepassing, waarbij geldt:

$$EOSAan1 = Aan1 \times OS/N_{mest} \times HC_{mest}, \text{ met:}$$

OS/N_{mest} en HC_{mest} : zie Tabel 2.5.20 voor graasdiermest

De term OSAan2 (effectieve organische stof uit 'stalmest') kan niet zonder meer ontleend worden aan de gewas- en wisselbouwspecifieke termen uit de BEN berekening indien Aan2 onder meer uit graasdiermest bestaat. In dat geval wordt mest (Aan2) immers gedefinieerd als de som van uitgescheiden mest en urine inclusief de voerrest-N. Omdat OS/N_{mest} niet hetzelfde is als OS/N_{voerrest} en ook HC_{mest} niet hetzelfde is als HC_{versgewas} dient eerst berekend te worden wat de bijdrage van de afzonderlijke twee componenten is. Daartoe wordt op basis van de invoergegevens van BEX het gewogen gemiddelde N-gehalte van de drogestof (DS) in het ingekuilde ruwvoer berekend (N%/ruwvoer, % N in DS). Aannemende dat 90% van de voer-DS uit organische stof bestaat, geldt dat:

$$OS/N_{\text{voerrest}} = (\text{kg OS per kg DS}) / (\text{kg N per kg DS}) = (90/100) / (\text{gewogen N-gehalte in kg per kg van ruwvoer, bijproducten en krachtvoer})$$

De effectieve organische stof die als 'stalmest' (OSAan2) wordt aangevoerd op grasland en op bouwland, met onderscheid tussen continue teelt en wisselbouw, wordt dan gelijk aan:

$$EOSAan2_{\text{pure_mest}} \text{ op grasland} = \text{Fractie 'echte' mest} \times \text{Aan2 op grasland} \times OS/N_{\text{mest}} \times HC_{\text{mest}}$$

$$EOSAan2_{\text{pure_mest}} \text{ op bouwland} = \text{Fractie 'echte' mest} \times \text{Aan2 op bouwland} \times OS/N_{\text{mest}} \times HC_{\text{mest}}$$

met Fractie 'echte' mest = ((Aan2 op bedrijfsgemiddeld niveau, kg N/ha – gewogen gemiddelde voerrest van alle gebruikte voedermiddelen, kg N/ha) / (Aan2 op bedrijfsgemiddeld niveau, kg N/ha))

Aan2 op bedrijfsgemiddeld niveau is daarbij de som van de als graasdiermest, de eventuele als niet-graasdiermest en de als compost gegeven N-totaal (kg N/ha), OS/N_{mest} en HC_{mest} zijn de op basis van de N-giften gewogen gemiddelde waarden van de gebruikte drie mestsoorten (Tabel 6.20). Aangenomen wordt dat er geen verschil is in aanvoer van effectieve organische stof tussen onvergiste en vergiste mest. Bij vergiste mest verandert de OS/N verhouding (wordt lager) en de HC (wordt hoger) zodanig dat de aanvoer van EOS gelijk is aan die met onvergiste mest.

De effectieve organische stof die als voerrest via de mest op het land terechtkomt ($OSAan2_{\text{voerrest}}$) wordt dan gelijk aan:

$$EOSAan2_{\text{voerrest}} \text{ op grasland} = (1 - \text{Fractie 'echte' mest}) \times \text{Aan2 op grasland} \times OS/N_{\text{voerrest}} \times HC_{\text{versgewas}}$$

$$EOSAan2_{\text{voerrest}} \text{ op bouwland} = (1 - \text{Fractie 'echte' mest}) \times \text{Aan2 op bouwland} \times OS/N_{\text{voerrest}} \times HC_{\text{versgewas}}$$

$HC_{\text{versgewas}} = 0,25$ en OS/N_{voerrest} gebaseerd op het gemiddeld N-gehalte van het ingekuilde ruwvoer

Voor wat betreft de organische stof bijdragen vanuit de beweidings-, maai- en oogstverliezen wordt uitgegaan van de HC 's zoals die voor verse gewassen gelden. Dit is een veréenvoudiging van de werkelijkheid omdat de verschillende gewassen in werkelijkheid in afbreekbaarheid zullen verschillen.

De effectieve organische stof die als beweidings- en maaiverliezen op het grasland terechtkomt ($EOSAan6_{\text{gras}}$) is gelijk aan:

$$EOSAan6_{\text{grasland}} = (\text{Aan6}_{\text{grasland}}) \times OS/N_{\text{teeltgras}} \times HC_{\text{versgewas}} \text{ met:}$$

$\text{Aan6}_{\text{grasland}} = 5\%$ tot 20% van de N-opbrengst (kg N/ha) van het grasland (afhankelijk van het graslandgebruik, zie Tabel 1.1), $OS/N_{\text{teeltgras}} = (\text{kg OS/kg DS}) / (\text{kg N/kg DS in gras van eigen land}) = (90/100) / (\text{kg N/kg DS in gras van eigen land})$, en $HC_{\text{versgewas}} = 0,25$.

De effectieve organische stof die via oogstverliezen op het bouwland terechtkomt, beperkt zich tot die op maïsland ($EOS_{\text{maïslandoogstverlies}}$) omdat aangenomen is dat bij de overige akkerbouwmatige ruwvoergewassen en marktbaar bouwlandgewassen geen oogstverliezen optreden, althans niet in aanvulling op de E.O.S.-bijdrage die sowieso aan deze gewassen wordt toegekend (zie verderop in deze paragraaf).

$$EOS_{\text{maïslandoogstverlies}} \text{ (kg per ha bouwland)} = SO/BO \times (\text{Aan6}_{\text{maïsland}}) \times OS/N_{\text{teeltmaïs}} \times HC_{\text{versgewas}} \text{ met:}$$

SO = oppervlakte maïsland, BO = oppervlakte bouwland, $\text{Aan6}_{\text{maïsland}} = 2\%$ (Tabel 1.1) van de N-opbrengst (kg N/ha) van de maïs (snijmaïs, MKS en CCM) van eigen land, $OS/N_{\text{teeltmaïs}} = (\text{kg OS/kg DS}) / (\text{kg N/kg DS in maïs van eigen land}) = (90/100) / (\text{kg N/kg DS in maïs van eigen land})$ en $HC_{\text{versgewas}} = 0,25$.

Voor wat betreft de organische stof bijdragen vanuit de gewasresten wordt uitgegaan van een iets lagere HC dan de HC van verse gewassen (Tabel 2.5.26) maar van OS/N verhoudingen die hetzelfde verondersteld worden als die van het verse gewas. Dit is een vereenvoudiging van de werkelijkheid omdat de gewasresten in werkelijkheid een ander N-gehalte (eiwitgehalte) zullen hebben. De effectieve organische stof die als gewasresten op het grasland terechtkomt (EOSAan7_{grasland}) is gelijk aan:

$$\text{EOSAan7}_{\text{grasland}} = (\text{Aan7}_{\text{grasland}}) \times \text{OS/N}_{\text{teeltgras}} \times \text{HC}_{\text{gewasrest}} \text{ met } \text{Aan7}_{\text{grasland}} = 75, \text{OS/N}_{\text{teeltgras}} = \text{kg OS per kg gras-N, en } \text{HC}_{\text{gewasrest}} = 0,30.$$

De effectieve organische stof die via gewasresten op het bouwland terechtkomt (EOS_{gewasrestbouwland}) is gelijk aan:

$$\text{EOS}_{\text{gewasrestbouwland}} = ((\text{SO} \times (\text{Aan7}_{\text{maïslan}}) \times \text{OS/N}_{\text{teeltmaï}} \times \text{HC}_{\text{gewasrest}}) + ((\text{BO}-\text{SO}) \times \text{EOS}_{\text{gewasrest_niet_maïslan}})) / \text{BO} \text{ met:}$$

SO = oppervlakte maïslan, Aan7_{maïslan} = 15, OS/N_{teeltmaï} = kg OS per kg maïs-N, HC_{gewasrest} = 0,30, BO = oppervlakte bouwland, en EOS_{gewasrest_niet_maïslan} = de areaalgewogen EOS bijdragen van de niet-maïs bouwlandgewassen en hun eventueel achtergelaten bijproducten (Tabel 6.21).

Bij de toevoegingen van effectieve organische stof in de vorm van beweidings- en maaiverliezen op grasland (EOSAan6_{grasland}), oogstverliezen op maïslan (EOS_{maïslan oogstverlies}), gewasresten op grasland (EOSAan7_{grasland}) en gewasresten op bouwland (EOS_{gewasrestbouwland}) wordt aangenomen dat deze toevoegingen ten goede komen aan de gewassen van waaruit ze afkomstig zijn. Dat dat in een wisselbouwsituatie niet in iedere fase van de rotatie het geval is, wordt hier genegeerd.

De waarde term EOSAan8 (effectieve organische stof in de vorm van vanggewassen en groenbemesters) heeft vanzelfsprekend alleen betrekking op de organische stofbalans van bouwland, en bedraagt:

$$\text{EOSAan8} = ((\text{SO} \times \text{FV} \times \text{Aan8}_{\text{maïslan}} \times \text{OS/N}_{\text{vanggewas}} \times \text{HC}_{\text{versgewas}}) + ((\text{BO}-\text{SO}) \times \text{FG} \times \text{EOS}_{\text{groenbemester}})) / \text{BO}, \text{ met:}$$

SO = oppervlakte maïslan, FV = fractie van het maïslan ingezaaid met een vanggewas, Aan8_{maïslan} = 40 kg N per ha, OS/N_{vanggewas} = 45, HC_{versgewas} = 0,25, BO = oppervlakte bouwland, FG = fractie van het niet-maïs bouwland waarop een groenbemester is ingezaaid, EOS_{groenbemester} = 1000 kg per ha (Tabel 6.21).

Tabel 6.20 Aanvoertermen ter bepaling van de aanvoer van de effectieve organische stof (kg/ha) met aanwijzing ('X') of de invoergegevens betrekking hebben op het bedrijf als geheel, op gewassen (grasland, bouwland), dan wel op gewassen met daarbij een onderscheid tussen het deel dat in wisselbouw en het deel dat in continueelt geteeld wordt.

Code	Term	Schaal invoer	
		Bedrijf	Grasland, Bouwland
EOSAan1	Weidemest		X
EOSAan2	'Stalmest', excl. voerresten ruwvoer		X
EOSAan2 _{voerrest}	Voyerresten		X
EOSAan6	Beweidings-, maai- en oogstverliezen		X
EOSAan7	Gewasresten		X
EOSAan8	Vanggewassen en groenbemesters		X

Tabel 6.21 Effectieve organische stof bijdrage (E.O.S., kg per hectare per jaar) van enkele akkerbouwgewassen en groenbemesters (bron: naar Timmer et al., 2004).

Gewas	Gewasrest	Bijproduct
GPS-granen	1640	-
Luzerne	1700	-
Rode klaver	1700	-
Bieten	375	900
Maïs	675*	1500****
Graangewassen	1640	990
Zaadgewassen-overig	975	660
Graszaad	1950**	1320
Peulvruchten	500	500
Aardappelen	855***	-
Pootgoed	955	-
Uien en bloembollen	300	-
Bladgroenten	1000	-
Niet-bladgroenten	700	150
Overig	1700	-
Groenbemester	1000	-

* In praktijk zal hier de bijdrage van het 'bijproduct' (stro) van 1350 kg per hectare bijkomen.

** Gemiddelde van diverse graszaadsoorten en inclusief stro.

*** Inclusief 100 kg per hectare in de vorm van kriel.

**** Geschat als product van 6000 kg drogestof per hectare, waarvan 90% organische stof en een humificatiecoëfficiënt van 25%.

De verbindingen waaruit de organische stof bestaat, bevatten naast C ook N en P. De verhouding tussen die drie varieert maar bedraagt globaal (C : N : P) 96 : 8 : 1 (Kirkby et al., 2011). Dat betekent dat er grenzen zijn aan de mate waarin organische stof gehalten kunnen (blijven) dalen zonder dat daarbij ook N en P vrijkomen, maar ook dat er bij (voortgaande) stijging van organische stof gehalten netto vastlegging van N en P optreedt. Die N en P zijn daarmee niet voor gewasgroei beschikbaar maar kunnen ook niet naar de omgeving verloren gaan. In die zin zijn de drie kringlopen net als via de samenstelling van gewassen, ook in de bodem aan elkaar gekoppeld. Omdat organische stof in de bodem voor ongeveer 58% uit C bestaat (Anonymus, 2014), komt een vastlegging van 1000 kg organische stof per ha (dat wil zeggen een stijging van het organische stofgehalte in een bodemlaag van 25 cm met circa 0,03 procentpunten) overeen met ongeveer 580 kg C (2127 CO₂), 48 kg N, en 6 kg P (14 kg P₂O₅).

6.6 Kanttekeningen bij BEC

- De CO₂ die vrijkomt als gevolg van een eventueel aanwezige tak 'staldieren' (varkens, kippen, vleeskalveren) verbruikte fossiele brandstof binnen het bedrijf of 'upstream' (via aangekocht voer), wordt in de KringloopWijzer nog niet meegenomen. Dat betekent dat de totale emissie van CO₂-equivalenten wordt onderschat bij aanwezigheid van 'staldieren'.
- De KringloopWijzer beperkt zich wat betreft N en P hoofdzakelijk tot verliezen en benuttingen binnen de grenzen van het bedrijf. Door emissies die buiten het bedrijf plaatsvinden niet in de beschouwing te betrekken, kan bij een vergelijking van bedrijven echter een scheef beeld ontstaan. Dit geldt met name voor emissies waarvoor niet de lokale milieubelasting relevant is (nitraat en ammonium, fosfaat, ammoniak), maar de mondiale belasting, te weten de emissie van CO₂-equivalenten. Daarom wordt de broeikasgasemissie die het gevolg is van een aantal productiemiddelen van buiten (kunstmest, aangekochte voedermiddelen, energie) ook door de KringloopWijzer in beeld gebracht.
- Wat betreft de (effectieve) organische stof balans dient nog het volgende te worden opgemerkt. Als vuistregel wordt wel aangenomen dat het saldo 1250-2500 kg effectieve organische stof per ha per jaar moet bedragen. Hieraan ligt het idee ten grondslag dat een liter bodem circa 1300 gram weegt, de bouwvoor 25-30 cm dik is, een bodem 2-3% min of meer stabiele organische stof bevat en hiervan jaarlijks circa 2% afbreekt (Kortleven, 1963). Omdat onder die vuistregel veel aannames liggen betekent dat ook dat een saldo lager dan 1250-2500 kg per ha niet per se wijst op een daling van het organische stof gehalte van de bodem. Evenzo wijst een saldo groter dan 1250-2500 kg per ha niet zonder meer op een stijging van het organische stofgehalte. Idealiter dient de benodigde aanvulling die nodig is om het organische stof gehalte op een zeker peil te houden niet op basis van genoemde vuistregel bepaald te worden, maar bedrijfsspecifiek te worden vastgesteld als functie van het gewenste gehalte. Deze behoefte kan vervolgens worden geconfronteerd met de realisatie van waaruit tenslotte kan worden afgeleid of het organische stof gehalte tot dalen dan wel tot stijgen neigt. De uitkomst hiervan kan een aanleiding zijn om de bodem (opnieuw) te bemonsteren. Ook dan is waakzaamheid geboden omdat een juiste bemonstering lastig is in verband met dichtheidsverandering van de bodem, bemonsteringsdiepte in relatie tot gewijzigde grondbewerkingsmethoden, en contaminatie van diepere bodemlagen met bodemmateriaal uit hoger gelegen lagen tijdens de monsternamen. Pas als herhaalde, meerjarige analyses systematisch in een bepaalde richting wijzen kan ook met zekerheid iets beweerd worden over het lot van N en P die aan de organische stof gebonden zijn.
- Voor wat betreft de bijdrage aan de organische stof voorziening per kg mest-N of per kubieke meter mest, worden slechts drie soorten mest onderscheiden. De gehanteerde waarden zijn voor wat betreft graasdiermest en niet-graasdiermest ontleend aan de karakteristieken van dunne mesten. Omdat vaste mesten per kg N en per kubieke meter veel meer C bevatten, onderschat de KringloopWijzer vooral nog de organische stof voorziening bij gebruik van vaste mest.

Literatuur

- Agri-footprint 4.0, Blonk Agri-footprint B.V., 2017a. *Agri-footprint 4.0 Part 1: Methodology and basic principles*. Blonk Agri-footprint B.V., Gouda, The Netherlands.
- Blonk Agri-footprint B.V., 2017b. *Agri-footprint 4.0 Part 2: Description of data*. Blonk Agri-footprint B.V., Gouda, The Netherlands.
- Anonymus, 2009. Milieubalans. Planbureau voor de Leefomgeving. Bilthoven, 248 pp.
- Anonymus, 2013. www.compendiumvoordeleefomgeving.nl/indicatoren/nl0189-Vermestende-depositie.html?i=14-66.
- Anonymus, 2014. <http://www.soilquality.org.au/factsheets/organic-carbon>.
- Anonymus, 2015a. Tabel 5 Forfaitaire stikstof- en fosfaatgehalten in dierlijke mest 2015-2017. <http://www.rvo.nl/onderwerpen/agrarisch-ondernemen/mest-en-grond/mest/tabellen-en-publicaties/tabellen-en-normen>.
- Anonymus, 2015b. <http://www.infomil.nl/onderwerpen/landbouwtuinbouw/ammoniak/rav/stalbeschrijvingen>.
- Anonymus, 2019. KWIN 2019-2020; Kwantitatieve Informatie Veehouderij. Wageningen UR, Wageningen.
- Bannink, A., W.J. Spek, J. Dijkstra & L. Sebek, 2018. A Tier 3 Method for Enteric Methane in Dairy Cows Applied for Fecal N Digestibility in the Ammonia Inventory. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, November 2018, 1-14 pp.
- P. Bikker, L.B. Šebek, C. van Bruggen & O. Oenema (2019). Stikstof- en fosfaatexcretie van gangbaar en biologisch gehouden landbouwhuisdieren. Herziening excretieforfaits Meststoffenwet 2019. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WUR, Wageningen. WOt-technical report 152. 87 blz.
- Blonk, 2019. <http://www.blonkconsultants.nl/portfolio-item/direct-land-use-change-tool/>
- Bouwman, A.F., 1996. Direct emission of nitrous oxide from agricultural soils. *Nutrient Cycling in Agro-ecosystems* 46 (1): 53-70.
- BSI, 2011. PAS 2050:2011. PUBLICLY AVAILABLE SPECIFICATION. Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services. British Standards Institution (BSI).
- Conijn, J.G., 2004. Nfate: a N flux model for grassland resowing and grass-arable rotations. In: A. Lüscher, B. Jeangros, W. Kessler, O. Huguenin, M. Lobsiger, N. Millar & D. Suter (eds.). *Land Use Systems in Grassland Dominated Regions. Proceedings of the 20th General Meeting of the European Grassland Federation, Grassland Science in Europe, Volume 9, Luzern, Switzerland, 21-24 June 2004*. 541-543.
- Conijn, J.G. & F. Taube (eds.), 2004. *Grassland resowing and grass-arable crop rotations. Consequences for performance and environment. Second workshop of the EGF-Working Group 'Grassland Resowing and Grass-arable Rotations', Kiel, Germany, 27-28 February 2003*. Wageningen, Plant Research International, report 80, 78 pp.
- CRV, 2015. *Jaarstatistieken 2014*. CRV, Arnhem, 55 pp.
- CRV, 2016. *Jaarstatistieken 2015*, CRV, Arnhem, 56 pp.
- CRV, 2017. *Jaarstatistieken 2016*. CRV, Arnhem, 56 ppm.
- CVB, 2004. *Veevoedertabel, gegevens over chemische samenstelling, verteerbaarheid en voederwaarde van voedermiddelen*.
- CVB, 2006. *Handleiding Voederwaardeberekening ruwvoerders, richtlijnen voor de bemonstering van ruwvoerders en vochtrijke krachtvoerders en voor de berekening van de voederwaarde voor herkauwers en paarden*. Productschap Veevoerders, Den Haag.
- CVB, 2011. *Feed Table 2011 volgens* <http://www.cvbdiervoeding.nl/pagina/10081/downloads.aspx>.
- CVB, 2018. *Schattingsformules voor VRE en VOS van vers gras, kuilgras en grashooi*. TC-CVB-141 (herziene versie van notitie TC-CVB-124 en TC-CVB-85), Productschap Veevoerders, Den Haag.
- De Buissonjé, F.F., M.M. van Krimpen & J. Jochemsen, 2009. *Mineralenbalans van vleeseenden in praktijkstallen en mineralengehalten in ouderdieren en broedeieren*. Rapport 226, Animal Sciences Group, Wageningen UR, Wageningen, 12 pp.

-
- Den Boer, D.J., J.A. Reijneveld, J.J. Schröder & J.C. Curth-van Middelkoop, 2012. Mestsamenstelling in Adviesbasis Bemesting Grasland en Voedergewassen. Rapport 1, Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen, Lelystad, 24 pp.
- De Ruijter, F.J., W. van Dijk, W.C.A. van Geel, G. Holshof, R. Postma & P. Wilting, 2020. Actualisatie van stikstof- en fosfaatgehalten van akkerbouwgewassen met een groot areaal. Wageningen Research, rapport WPR-957, 96 bladz.
- Ecoinvent, 2018. <https://www.ecoinvent.org/>
- European Life Cycle Database (ELCD)
- European Life Cycle Database (ELCD) v3.2, April 2018, <http://lca.jrc.ec.europa.eu>
- Elgersma, A. & J. Hassink, 1997. Effects of white clover (*Trifolium repens* L.) on plant and soil nitrogen and soil organic matter in mixtures with perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). *Plant and Soil* 197, 177-186.
- Fraters, B., T.C. van Leeuwen, A. Hooijboer, M.W. Hoogeveen, L.J.M. Boumans & J.W. Reijs, 2012. De uitspoeling van het stikstofoverschot naar grond- en oppervlaktewater op landbouwbedrijven: Herberekening van uitspoelfracties. Rapport 680716006. RIVM, Bilthoven, 33 pp.
- FeedPrint, 2020. <http://webapplicaties.wur.nl/software/feedprintNL/index.asp>
- Groenestein, C.M., J. de Wit, C. van Bruggen & O. Oenema (2015). Stikstof- en fosfaatexcretie van gangbaar en biologisch gehouden landbouwhuisdieren. Herziening excretieforfaits Meststoffenwet 2015. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, Wageningen, WOt-technical report 45. 48 blz.
- Handreiking, 2019. <https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/rapporten/2019/07/12/rapport-handreiking-bedrijfsspecifieke-excretie-melkvee/rapport-handreiking-bedrijfsspecifieke-excretie-melkvee.pdf>
- Hjort-Gregersen, K., 2014. Methane emission from Danish biogas plants - Economic Impact of Identified Methane Leakages. Project: ForskEl 2013-1-12093. Agrotech, Denmark. Web: http://agrotech.dk/sites/agrotech.dk/files/public/economic_impact_of_identified_methane_leakages.pdf
- Hospers, J.A.J., S.E.M. Dekker, B.P.J. Durlinger & L. Kuling, 2019. Farm specific footprint methodology: How is a farm specific carbon footprint of raw milk calculated? Version 2.9 – January 2019, FrieslandCampina B.V., Wageningen.
- IDF, International Dairy Federation, 2015. A common carbon footprint approach for Dairy. The IDF guide to standard life cycle assessment methodology for the dairy sector. Brussels, Belgium.
- IEA, 2012. CO₂ emissions from fuel combustion (2012 Edition), International Energy Agency, Paris.
- IPCC, 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>.
- Kenniscentrum Infomil <http://www.infomil.nl/onderwerpen/landbouw-tuinbouw/ammoniak-en/regeling-ammoniak/stalbeschrijvingen/map-staltypen/hoofdcategorie>.
- Kirkby, C.A., J.A. Kirkegaard, A.E. Richardson, L.J. Wade, C. Blanchard & G. Batten, 2011. Stable soil organic matter: A comparison of C:N:P:S ratios in Australian and other world soils. *Geoderma* 163, 197-208.
- Korevaar, H., R.H.E.M. Geerts, W. de Visser & E. Koldewey, 2006. Vier jaar multifunctionele gras- en bouwlanden in Winterswijk: gevolgen voor economie en ecologie op de bedrijven. Rapport 115, Plant Research International, Wageningen, 80 pp.
- Kortleven, J., 1963. Kwantitatieve aspecten van humusopbouw en humusafbraak. Wageningen, 109 pp.
- Kuikman, P.J., J.J.H. van den Akker & F. de Vries, 2005. Lachgasemissie uit organische landbouwbodems. Alterra rapport 1035-2, Alterra, Wageningen, The Netherlands.
- Lagerwerf, L.A., A. Bannink, C. van Bruggen, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, J.W.H. van der Kolk, H.H. Luesink, S.M. van der Sluis, G.L. Velthof & J. Vonk, 2019. Methodology for estimating emissions from agriculture in the Netherlands. Calculations of CH₄, NH₃, N₂O, NO_x, NMVOC, PM₁₀, PM_{2.5} and CO₂ with the National Emission Model for Agriculture (NEMA) – update 2019. WOt-technical report 148. The Statutory Research Tasks Unit for Nature and the Environment, WUR, Wageningen.
- Mosquera, J. & A. Hol, 2012. Emissiefactoren methaan, lachgas en PM_{2,5} voor stalsystemen, inclusief toelichting. Wageningen UR Livestock Research rapport 496.

-
- Nemecek, Th. & Th. Kägi, 2007. Life Cycle Inventories of Swiss and European Agricultural Production Systems. Data v2.0. Ecoinvent report No. 15A. Zürich/Dubendorf, 2007, 360 pp.
- Nevedi 2019. Gegevens uitwisselen van een diervoederbedrijf naar de Centrale Database KringloopWijzer vanaf 1 januari 2020. Rapport versie 2.0, december 2019.
- NIR, 2014. National Inventory Report, The Netherlands. RIVM Report 680355016/2014, Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Bilthoven, 275 pp.
- Oenema, J., G.H. Hilhorst, L. Šebek & H.F.M. Aarts, 2011. Bedrijfsspecifieke fosfaatgebruiksnormen (BEP): onderbouwing en verkenning in de praktijk, Rapport 400, Plant Research International, Wageningen, 20 pp.
- Oenema, J., L.B. Šebek, J.J. Schröder, J. Verloop, M.H.A. de Haan & G.J. Hilhorst, 2017. Toetsing van de KringloopWijzer: -gemeten en voorspelde stikstof- en fosfaatproducties van mest en gewas -. Rapport 689, Wageningen Plant Research, Wageningen UR, Wageningen, 79 pp.
- PEFCR, 2018a. Product Environmental Footprint Category Rules Guidance Version 6.3 – May 2018. http://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/pdf/PEFCR_guidance_v6.3.pdf
- PEFCR, 2018b. Product Environmental Footprint Category Rule Feed for food-producing animals. http://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/pdf/PEFCR_feed.pdf
- PEFCR, 2018c. Product Environmental Footprint Category Rule for Dairy Products. http://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/pdf/PEFCR-DairyProducts_2018-04-25_V1.pdf
- Rommelink, G., Van Middelkoop, J., Ouweltjes, W. and Wemmenhove, Handboek melkveehouderij 2020/2021, 2020. Wageningen UR Livestock Research, Wageningen, The Netherlands.
- Schils, R.L.M., Th.V. Vellinga & T. Kraak, 2001. Dry-matter yield and herbage quality of a perennial ryegrass/white clover sward in a rotational grazing and cutting system. *Grass and Forage Science* 54, 19-29.
- Schils, R.L.M., 2002. White clover utilisation on dairy farms in the Netherlands. PhD Thesis. Wageningen University, Wageningen, 149 pp.
- Schröder, J.J., L. ten Holte & B.H. Janssen, 1997. Non-overwintering cover crops: a significant source of N. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 45: 231-248.
- Schröder, J.J., J.W. Steenhuizen, A.G. Jansen, B. Fraters & A. Siepel, 2003. Opbrengst, mineralenverlies en bodemvruchtbaarheid van een biologisch akkerbouwbedrijf in relatie tot bemestingsniveaus. Resultaten van het ecologisch proefbedrijf Dr H.J. Lovinkhoeve 1996-2002. Rapport 69, Wageningen UR-PRI, Wageningen, 46 pp. <http://edepot.wur.nl/27804>
- Schröder, J.J., H.F.M. Aarts, J.C. van Middelkoop, M.H.A. de Haan, R.L.M. Schils, G.L. Velthof, B. Fraters & W.J. Willems, 2007. Permissible manure and fertilizer use in dairy farming systems on sandy soils in The Netherlands to comply with the Nitrates Directive target. *European Journal of Agronomy* 27, 102-114.
- Schröder, J.J., D. Uenk & G.J. Hilhorst, 2007. Long-term nitrogen fertilizer replacement value of cattle manures applied to cut grassland. *Plant Soil* 299, 83-99
- Schröder, J.J., F. de Buissonjé, G. Kasper, N. Verdoes & J. Verloop, 2009. Mestscheiding: relaties tussen techniek, kosten, milieu en landbouwkundige waarde. Rapport 287, Plant Research International, Wageningen, 36 pp.
- Schröder, J.J., J.J. de Haan, J.R. van der Schoot, 2015. Verkenning van equivalente maatregelen met het WOG 2.0 rekenmodel. Rapport 638, PRI/PPO-Wageningen UR, 44 pp.
- Schröder, J.J., L.B. Šebek, J.W. Reijs, J. Oenema, R.M.A. Goselink, J.G. Conijn & J. de Boer, 2016. Rekenregels van de KringloopWijzer Achtergronden van BEX, BEA, BEN, BEP en BEC: actualisatie van de 4 maart 2014 versie. PRI rapport 640, Wageningen UR, 103 pp.
- Šebek, L., 2008. Notitie evaluatie 'Handreiking bedrijfsspecifieke excretie melkvee' 2006 en 2007, Notitie tbv EL&I, juni 2008.
- Šebek, L.B., J.A. de Boer & A. Bannink, 2020. De Kringloopwijzer, het voerspoor en methaanemissie op het melkveebedrijf. Wageningen Livestock Research, Rapport 986.
- Smits, M.C.J. & J.W.H. Huis in 't Veld, 2007. Ammonia emission from cow houses within the Dutch 'Cows & Opportunities' project. In: Ammonia emissions in agriculture, Wageningen. Wageningen Academic Publishers, p119-120. International Conference on Ammonia in Agriculture: Policy, Science, Control and Implementation, Wageningen 2007. 2007-03-19/2007-03-21.
- Tamminga, S., F. Aarts, A. Bannink, O. Oenema & G.J. Monteny, 2004. Actualisering van geschatte N en P excreties door rundvee. Reeks Milieu en Landelijk gebied 25, Alterra, Wageningen UR, 48 pp.

-
- Timmer, R.D., G.W. Korthals & L.P.G. Molendijk, 2004. Teelthandleiding groenbemesters. PPO-AGV Lelystad; <http://www.kennisakker.nl/kenniscentrum/handleidingen/teelthandleiding-groenbemesters-bijlage-organische-stof>.
- Van Dijk, W., T.B. Hofman, K. Nijssen, H. Everts, A.P. Wouters, J.G. Lamers, J. Alblas & J. van Bezooijen, 1996. Effecten van maïs-gras Vruchtwisseling. Verslag Proefstation voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond No. 217: 140 pp. (In Dutch).
- Van Kekem, A.J., 2004. Veengronden en stikstofleverend vermogen. Alterra rapport 965, Alterra, Wageningen, 52 pp.
- Van Schooten, H.A. & C.A. van Dongen, 2007. Dichtheidsbepaling maïs en graskuilen met boormonsters. Rapport 64, Animal Science Group, Lelystad, 23 pp.
- Vellinga, T.V., H. Blonk, M. Marinussen, W.J. van Zeist & I.J.M. de Boer, 2013. Methodology used in feedprint: a tool quantifying greenhouse gas emissions of feed production and utilization. Wageningen UR Livestock Research and Blonk Consultants. Wageningen Livestock Research Report 674, March 2013. <http://edepot.wur.nl/254098>.
- Bruggen, C. van, A. Bannink, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, L.A. Lagerwerf, H.H. Luesink, M.B.H. Ros, G.L. Velthof, J. Vonk en T. van der Zee, 2021. Emissies naar lucht uit de landbouw berekend met NEMA voor 1990-2019. Wageningen, WOT Natuur & Milieu, WOT-technical report 203. 238 p.
- Vellinga, Th., 1994. Grasland met gebruiksbepalingen. Lelystad, Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden. Praktijkonderzoek 94-5.
- Velthof, G.L., 2011. Synthesis of the research within the framework of the Mineral Concentrate Pilot. Report 2224, Wageningen UR-Alterra, Wageningen, 72 pp.
- Velthof, G.L. & O. Oenema, 2001. Effects of ageing and cultivation of grassland on soil nitrogen. Report 399, Alterra.
- Velthof, G.L. & J. Mosquera, 2011. Calculation of nitrous oxide emission from agriculture in the Netherlands. Update of emission factors and leaching fraction. Wageningen, Alterra. Alterra report 2151, 66 p.
- Velthof, G.L., A.B. Brader & O. Oenema, 1996. Seasonal variations in nitrous oxide losses from managed grasslands in the Netherlands. *Plant and Soil* 181: 263-274.
- Velthof, G.L., C. van Bruggen, C.M. Groenestein, B.J. de Haan, M.W. Hoogeveen & J.F.M. Huijsmans, 2009. Methodiek voor berekening van ammoniakemissie uit de landbouw in Nederland, Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOT-rapport 70. 180 pp.
- Velthof, G.L., C. van Bruggen, C.M. Groenestein, B.J. de Haan, M.W. Hoogeveen & J.F.M. Huijsmans, 2012. A model for inventory of ammonia emissions from agriculture in the Netherlands. *Atmospheric Environment* 46, 248 - 255.
- Vertregt, N. & B. Rutgers, 1987. Ammoniak-emissie uit grasland. Verslag nr. 65, Nederlands Zure Regenprogramma rapport 64-I, CABO, Wageningen, 23 pp.
- Vonk, J., S.M. van der Sluis, A. Bannink, C. van Bruggen, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, J.W.H. van der Kolk, L.A. Lagerwerf, H.H. Luesink, S.V. Oude Voshaar & G.L. Velthof, 2018. Methodology for estimating emissions from agriculture in the Netherlands: update 2018. WOT technical report 115, Wageningen, 176 pp.
- Zeeman, G., 1994. Methane production and emission in storages for animal manure. *Fertilizer Research* 37, 207-211.
- Zijlema 2019. Website Nederlandse lijst van energiedragers en standaard CO₂ emissiefactoren, versie januari 2019: <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2019/05/Nederlandse%20energiedragerlijst%20versie%20januari%202019.pdf>
- Zom, R.L.G. & C.M. Groenestein, 2015. Excretion of volatile solids by livestock to calculate methane production from manure. RAMIRAN 2015 – 16th International Conference, Rural-Urban Symbiosis, 8 - 10 September 2015, Hamburg, Duitsland.

Websites

www.handboekbodemembemesting.nl (geraadpleegd in april 2021).

Bijlage 1 Verwijzing van kengetallen naar desbetreffende paragraaf van dit rapport

Onderdeel	Kengetal	Beschrijving in rekenregelrapport	
BEX en BEP	Voordeel bedrijfsspecifieke excretie: stikstof	Zie Bijlage 2	
	Voordeel bedrijfsspecifieke excretie: fosfaat	Zie Bijlage 2	
	Voordeel bedrijfseigen gebruiksnorm: fosfaat	Zie Bijlage 2	
	BEX-excretie per ton melk: stikstof (kg N)	Excretieberekening stikstof in paragraaf 2.2. Delen door hoeveelheid geproduceerde melk ¹	
	BEX-excretie per ton melk: fosfaat (kg P ₂ O ₅)	Excretieberekening fosfaat in paragraaf 2.2. Delen door hoeveelheid geproduceerde melk ¹	
	Melk per kg BEX-excretie: fosfaat (kg melk)	De hoeveelheid geproduceerde melk ¹ gedeeld door de fosfaatexcretie [zie paragraaf 2.2]	
Bedrijfsoverschot	Overschot per ha: stikstof (kg N)	paragraaf 4.2.1	
	Overschot per ha: fosfaat (kg P ₂ O ₅)	paragraaf 5.2	
Efficiëntie voeding	Benutting: stikstof (%)	paragraaf 1.4.3	
	Benutting: fosfaat (%)	paragraaf 1.4.3	
Opbrengst grasland	Opbrengst bruto per ha: DS (kg ds)	Zie voetnoot 3	
	Opbrengst netto per ha: DS (kg ds)	DS-grasopname [paragraaf 2.2] + (P-opbrengst grasland per ha [paragraaf 5.2] – P-grasopname per ha [paragraaf 2.2]) / gemiddeld P-gehalte van aangelegde graskuilen van eigen land ¹ / (1-(percentage voerverlies/100)) / (1-(percentage conserveringsverlies/100))	
	Opbrengst netto per ha: KVEM (kvem)	VEM-grasopname [paragraaf 2.2] + (P-opbrengst grasland per ha [paragraaf 5.2] – P-grasopname per ha [paragraaf 2.2]) / gemiddeld P-gehalte van aangelegde graskuilen van eigen land ¹ x gemiddeld KVEM-gehalte van aangelegde graskuilen van eigen land ¹ / (1-(percentage voerverlies/100)) / (1-(percentage conserveringsverlies/100))	
	Opbrengst netto per ha: stikstof (kg N)	N-grasopname [paragraaf 2.2] + (P-opbrengst grasland per ha [paragraaf 5.2] – P-grasopname per ha [paragraaf 2.2]) / gemiddeld P-gehalte van aangelegde graskuilen van eigen land ¹ x gemiddeld N-gehalte van aangelegde graskuilen van eigen land ¹ / (1-(percentage voerverlies/100)) / (1-(percentage conserveringsverlies/100))	
	Opbrengst netto per ha: fosfaat (kg P ₂ O ₅)	(P-opbrengst grasland per ha [paragraaf 5.2] x (1-(percentage voerverlies/100))) x (1-(percentage conserveringsverlies/100))	
	Opbrengst snijmaïs	Opbrengst bruto per ha: DS (kg ds)	Netto DS-opbrengst van snijmaïskuil [paragraaf 2.2] / (1-(percentage veldverlies [Tabel 1.1]/100))
		Opbrengst netto per ha: DS (kg ds)	(P-opbrengst snijmaïs per ha [paragraaf 2.1] / gemiddeld P-gehalte van aangelegde snijmaïskuilen ¹ van eigen land x (1-(percentage voerverlies) x (1-(percentage conserveringsverlies)

Onderdeel	Kengetal	Beschrijving in rekenregelrapport
	Opbrengst netto per ha: KVEM (kvem)	(P-opbrengst snijmaïs per ha [paragraaf 5.2] / gemiddeld P-gehalte van aangelegde snijmaïskuiten ¹ van eigen land x gemiddeld KVEM-gehalte van aangelegde snijmaïskuiten van eigen land ¹ x (1-(percentage voerverlies/100)) * (1-(percentage conserveringsverlies/100))
	Opbrengst netto per ha: stikstof (kg N)	(P-opbrengst snijmaïs per ha [paragraaf 5.2] / gemiddeld P-gehalte van aangelegde snijmaïskuiten ¹ van eigen land x gemiddeld N-gehalte van aangelegde snijmaïskuiten van eigen land ¹ x (1-(percentage voerverlies/100)) * (1-(percentage conserveringsverlies/100))
	Opbrengst netto per ha: fosfaat (kg P ₂ O ₅)	(P-opbrengst snijmaïsland per ha [paragraaf 5.2] x (1-(percentage voerverlies/100)) x (1-(percentage conserveringsverlies/100))
Bodemoverschot	Overschot per ha: stikstof (kg N)	paragraaf 4.2.1
	Overschot per ha: fosfaat (kg P ₂ O ₅)	paragraaf 5.2
	Aanvoer effectieve org.stof per ha (kg EOS)	paragraaf 6.5
Efficientie bodem	Benutting: stikstof (%)	paragraaf 1.4.5
	Benutting: fosfaat (%)	paragraaf 1.4.5
Ammoniak	Emissie per bedrijf: totaal (kg NH ₃)	paragraaf 3.2
	Emissie per ton melk: totaal (kg NH ₃)	Totale emissie (paragraaf 3.2) delen door geleverde hoeveelheid melk ¹ x 1000
	Emissie per GVE: stal en mestopslag (kg NH ₃)	Totale emissie stal en mestopslag (paragraaf 3.2.1 t/m 3.2.7) delen aantal GVE op bedrijf ²
	Emissie per ha: bemesting en oogst (kg NH ₃)	Totale emissie bemesting en oogst (paragraaf 3.2.8 t/m 3.2.11) delen door aantal hectares ¹
Broeikasgassen bedrijf	Emissie per ton meetmelk: on-farm methaan (kg CH ₄)	Methaanemissie (paragraaf 6.3) delen door geleverde meetmelk ¹ x 1000
	Emissie per ton meetmelk: on-farm lachgas (kg N ₂ O)	Lachgasemissie (paragraaf 4.2.2 en 4.2.3) delen door geleverde meetmelk ¹ x 1000
	Emissie per ton meetmelk: on-farm overig (kg CO ₂ -eq)	Overige CO ₂ -emissie (paragraaf 6.4.1) delen door geleverde meetmelk ¹ x 1000
	Emissie per ton meetmelk: totaal on-farm (kg CO ₂ -eq)	(Vermenigvuldiging van CH ₄ op bedrijfsniveau x 34 + vermenigvuldiging van N ₂ O * 298 + on farm emissie met CO ₂) / geleverde meetmelk ¹ x 1000
	Emissie per ton meetmelk: totaal off-farm (kg CO ₂ -eq)	Emissie of farm (paragraaf 6.4.2) delen door geleverde meetmelk ¹ x 1000
	Emissie per ton meetmelk: totaal bedrijf (kg CO ₂ -eq)	(Vermenigvuldiging van CH ₄ op bedrijfsniveau x 34 + vermenigvuldiging van N ₂ O x 298 + som van (on farm emissie met CO ₂ en off farm emissie met CO ₂)) / geleverde meetmelk ¹ x 1000

¹ Invoer van de KringloopWijzer.

² Zie Bijlage 2 voor berekening van GVE.

³ Omrekening van netto grasopbrengst naar bruto grasopbrengst door:

- Berekende opname van vers gras (DS) delen door (1-(beweidingsverliezen [Tabel 1.1]/100)) +
- Netto opbrengst van graskuil (DS) delen door (1-(veldverliezen [Tabel 1.1]/100))

Bijlage 2 Definitie en berekening van aanvullende kengetallen

BEX-voordeel

Het BEX-voordeel voor zowel stikstof als fosfaat is het verschil van de forfaitaire excretie en de bedrijfsspecifieke excretie, gedeeld door de forfaitaire excretie * 100%.

$$\text{BEX-voordeel (\%)} = 100 * (\text{forfait} - \text{bex}) / \text{forfait}$$

Dus als de bedrijfsspecifieke excretie kleiner is dan de forfaitaire excretie, dan is er sprake van een BEX-voordeel. De berekening van de bedrijfsspecifieke excretie is beschreven in hoofdstuk 2.

De forfaitaire excretie van stikstof en fosfaat van de veestapel is te bepalen door het aantal dieren per diercategorie te vermenigvuldigen met de forfaitaire excretienorm per diercategorie. De forfaitaire excretienormen zijn te vinden op de site van RVO via onderstaande links:

- https://www.rvo.nl/sites/default/files/2020/03/Tabel-4-Diergebonden-normen-2019_2021.pdf
- <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2019/12/Tabel-6-Stikstof-fosfaat-per-melkkoe-2019-2021.pdf>

BEP-voordeel ('P-evenwichtsbemesting')

In paragraaf 5.2 is berekend hoeveel fosfaat op het bedrijf geogst wordt. Deze geogste hoeveelheid mag in principe ook met fosfaatmeststoffen op het land toegediend worden om evenwichtsbemesting te realiseren. Maar, net als in het generieke mestbeleid, houdt de BEP ook rekening met de fosfaattoestand van de grond, zie hiervoor ook:

- [https://www.rvo.nl/onderwerpen/agrarisch-ondernemen/mest/gebruiken-en-uitrijden/hoeveel-fosfaat-landbouwgrond/fosfaatdifferentiatie](https://www.rvo.nl/onderwerpen/ agrarisch-ondernemen/mest/gebruiken-en-uitrijden/hoeveel-fosfaat-landbouwgrond/fosfaatdifferentiatie)

De fosfaattoestand en de bijbehorende bemestingsnormen zijn in onderstaande (RVO-) tabellen weergegeven (zie Tabel B2.1). Vanaf 2021 is de combinatie P-CaCl₂- en P-Al-getallen altijd het uitgangspunt (zie Tabel B2.1, RVO-tabellen 3 en 4). Is er alleen een analyserapport van vóór 2021? Dan is meestal alleen informatie over PAL- en Pw-getallen aanwezig. Als veehouder gebruik je dan die getallen (zie Tabel B2.1, RVO-tabellen 1 en 2). Als het rapport van vóór 2021 de oude (PAL/Pw) én de nieuwe (P-CaCl₂/P-Al) getallen heeft, mag je als veehouder kiezen.

Tabel B2.1. Indeling in fosfaatklassen en bijbehorende fosfaatgebruiksnormen voor grasland en bouwland (Bron: www.rvo.nl).

Tabel 1 – Grasland (PAL)		
PAL-getal	Klasse	Norm
> 50	Hoog	75 kg
41 tot en met 50	Ruim	90 kg
27 tot en met 40	Neutraal	95 kg
16 tot en met 26	Laag	105 kg
< 16	Arm	120 kg

Tabel 2 - Bouwland (Pw)		
Pw-getal	Klasse	Norm
> 55	Hoog	40 kg
46 tot en met 55	Ruim	60 kg
36 tot en met 45	Neutraal	70 kg
25 tot en met 35	Laag	80 kg
< 25	Arm	120 kg

Tabel 3 - Grasland (P-CaCl2/P-Al)										
P-CaCl2-getal	P-AL-getal									
	< 21		21 - 30		31 - 45		46 - 55		> 55	
< 0,8	Arm	120 kg	Laag	105 kg	Laag	105 kg	Neutraal	95 kg	Ruim	90 kg
0,8 tot en met 1,4					Neutraal	95 kg				
1,5 tot en met 2,4	Laag	105 kg	Neutraal	95 kg	Ruim	90 kg	Hoog	75 kg	Hoog	75 kg
2,5 tot en met 3,4	Neutraal	95 kg	Ruim	90 kg		Hoog				
> 3,4	Ruim	90 kg	Ruim	90 kg	Hoog	75 kg	Hoog	75 kg	Hoog	75 kg

Tabel 4 - Bouwland (P-CaCl2/P-Al)										
P-CaCl2-getal	P-AL-getal									
	< 21		21 - 30		31 - 45		46 - 55		> 55	
< 0,8	Arm	120 kg	Arm	120 kg	Arm	120 kg	Laag	80 kg	Laag	80 kg
0,8 tot en met 1,4					Neutraal	70 kg			Neutraal	70 kg
1,5 tot en met 2,4					Laag	80 kg	Laag	80 kg	Neutraal	70 kg
2,5 tot en met 3,4	Laag	80 kg	Laag	80 kg	Neutraal	70 kg	Ruim	60 kg	Hoog	40 kg
> 3,4									Hoog	40 kg

Bij de fosfaatklassen 'ruim' en 'hoog' (zie bovenstaande tabellen) wordt de bedrijfsspecifieke fosfaatnorm (BEP-norm) verlaagd met het verschil in gebruiksnorm met de klasse 'neutraal'. Bij de fosfaatklassen 'laag' en 'arm' wordt de bedrijfsspecifieke fosfaatnorm (BEP-norm) verhoogd met het verschil in gebruiksnorm met de klasse 'neutraal'. Zo wordt bijvoorbeeld bij de klasse 'hoog' bij grasland de BEP-norm verlaagd met 20 kg P₂O₅ per ha en bij de klasse 'laag' verhoogd met 10 kg P₂O₅ per ha.

Door de oppervlakte grasland en bouwland vast te stellen die in de categorieën 'hoog', 'ruim', 'neutraal', 'laag' en 'arm' vallen, is per categorie een BEP-norm te bepalen voor een specifiek jaar. Per gewas wordt dan de BEP-gewasopbrengst gecorrigeerd met het verschil van de fosfaattoestand bij categorie 'neutraal' en de betreffende categorie van het perceel. Vervolgens wordt, afhankelijk van het aandeel van de verschillende categorieën met een specifieke fosfaattoestand, per gewas een BEP-norm per ha voor een specifiek jaar bepaald. Middeling van zo'n specifieke BEP-norm over drie jaren, levert de BEP-norm die de KringloopWijzer hanteert als bemestingsnorm voor het komende jaar.

De oppervlakte met de verschillende categorieën fosfaattoestand zijn overigens invoer van de KringloopWijzer.

Het BEP-voordeel is het verschil van de BEP-norm, als gemiddelde van de drie voorgaande jaren, met de generieke gebruiksnorm van fosfaat (over te nemen bij de invoer van de KringloopWijzer van het 'bemestingsplan') gedeeld door de generieke gebruiksnorm van fosfaat (generiek) * 100%.

$$\text{BEP-voordeel (\%)} = 100 * (\text{bep} - \text{generiek}) / \text{generiek}.$$

Dus als de BEP-norm groter is dan de generieke gebruiksnorm, dan is er sprake van een BEP-voordeel.

Eiwit van eigen land

De rekenwijze van het aandeel eiwit van eigen land in in 2021 gewijzigd. Dit kengetal werd tot en met 2020 berekend als de hoeveelheid geoogste eiwit gedeeld door de hoeveelheid gevoerde eiwit. Vanaf 2021 wordt zuiver het 'aandeel eigen eiwit in het rantsoen' berekend, zoals de commissie grondgebondenheid bedoelde. Ruwvoerverschotten en verkoop van ruwvoer gaan dan geen positieve invloed meer hebben op het aandeel eiwit van eigen land. Een lage gift van (eiwitrijk) krachtvoer wel. Dus vanaf 2021 is de rekenwijze als volgt:

$$\text{Eiwit van eigen land (\%)} = 100 * (\text{verbruik eiwit door de veestapel} - \text{aangekocht verbruikt eiwit door de veestapel}) / \text{verbruikt eiwit door de veestapel}$$

Hierbij geldt:

$$\text{Verbruik} = \text{opname} + \text{voerverlies}$$

Dit is op te delen naar de verschillende rantsoencomponenten:

- Vers gras
- Graskuil
- Maïskuil
- Overig ruwvoer
- Natte bijproducten
- Krachtvoerders & mineralen
- Melkproducten

Per onderdeel wordt uitgerekend wat het aandeel verbruik van eigen eiwit in het rantsoen is. Maar ook de totale hoeveelheid eiwit (RE) en aandeel van het eiwit van elke component in het gehele rantsoen.

In Tabel B2.2 is een voorbeeld weergegeven van het aandeel van het totale ruw eiwit in het rantsoen van de verschillende rantsoencomponenten. Deze tabel kan al een goede indicatie geven van het aandeel eigen eiwit in het rantsoen. Want bij reguliere, zuivere melkveebedrijven, worden melkproducten, krachtvoer, natte bijproducten en overig ruwvoer normaliter aangekocht. Samen vertegenwoordigen deze rantsoencomponenten $0,3\% + 37\% + 2,8\% + 0,8\% = 40,9\%$ RE van het totale rantsoen. Dus het aandeel eigen eiwit in het rantsoen zal in dit voorbeeld nooit hoger dan $100 - 40,9 = 59,1\%$.

Tabel B2.2 Duiding van het aandeel ruw eiwit (RE) in het totale rantsoen van de melkveestapel op de uivoerpagina 'vee – resultaat - rantsoen'. De rode ovaal geeft de percentages per voedermiddel (1^e kolom) weer. In de laatste regel het totaal.

Voeding melkvee (incl. jongvee)	Opname (kg ds)	Aandeel (% van ds)	norm DS (g/kg)	VEM (/kg ds)	RE (g/kg ds)	Aandeel (% van re)
Vers gras	0	0.0	160	960	170	0.0
Grasland oogstproducten	563797	53.9	472	874	149	51.5
Snijmais oogstproducten	171762	16.4	365	976	72	7.6
Overig ruwvoer	4753	0.5	326	1101	267	0.8
Natte bijproducten	18559	1.8	242	943	244	2.8
Krachtvoerders en mineralen	284936	27.2	876	1177	212	37.0
Melkproducten	1842	0.2	964	1901	228	0.3
Rantsoen	1045649	100.0	491	978	156	100.0

Analyse van Tabel B2.2, samen met kennis van het bedrijf geeft al een goede indicatie van het aandeel eigen eiwit in het rantsoen, ofwel de waarde van het kengetal 'eiwit van eigen land'. Maar hierbij is wel kennis van het bedrijf nodig (wat wordt zelf geteeld en wat wordt (normaliter) aangekocht). Vaak is zo'n analyse voldoende om het aandeel eigen eiwit in het rantsoen te begrijpen en te verbeteren.

Maar bovenstaande werkwijze is een benadering en geeft net niet de *exacte* waarde van het kengetal. In dit voorbeeld was het aandeel eigen eiwit in het rantsoen niet 59,1% maar (afgerond) 57%, zie ook de pagina 'basis – milieu & klimaat', bij het blok 'eiwit van eigen land in het rantsoen'. Toch een goede benadering met bovenstaande analyse, maar hieruit leren we ook dat deze veehouder meer aangekocht eiwit heeft verbruikt dan de rantsoencomponenten 'melkpoeder', 'krachtvoer', 'natte bijproducten' en 'overig ruwvoer' vertegenwoordigen. Waarschijnlijk is ook een deel van het ruwvoer aangekocht. Onderstaand zullen we dit voorbeeld verder verdiepen, zodat de 57% eiwit van eigen land benaderd kan worden.

In de voorbeeldsituatie blijkt er ook aankoop van ruwvoer te zijn. Zie Tabel B2.3, als deel van het uitvoerrapport van de voorbeeldsituatie. De rode ovaal geeft aan dat partij 6 van de grasproducten is aangevoerd. Bij maïs blijkt dat partij 2 van de snijmaïs oogstproducten is aangevoerd.

Tabel B2.3 Duiding van de partijen ruwvoer uit de beginvoorraad, bij de aanleg en de eindvoorraad. Ook de aanvoer of afvoer van een partij ruwvoer is zichtbaar. De aangevoerde partijen zijn met de rode ovaal geduid.

Nr	Voer		Aanvoer partij	Begin voorraad	Begin afvoer	Aanleg voorraad	Aanleg afvoer	Eind voorraad
			(x)	(kg ds)	(kg ds)	(kg ds)	(kg ds)	(kg ds)
Grasland oogstproducten								
1	2e Snede	: Graskuil		165900				
2	4e Snede	: Graskuil		87300				
3	3e Snede	: Graskuil		58880				
4	1e Snede 2019	: Graskuil		102350				
5	5e Snede	: Graskuil		42691				
6	Graszaadhooi	: Graskuil	x			13293		
7	5e Snede	: Graskuil				75600		75600
8	1e Snede	: Graskuil				259200		135000
9	3e Snede	: Graskuil				86400		45000
10	2e Snede	: Graskuil				146400		146400
11	4e Snede	: Graskuil				42800		23778
12	Graszaadhooi	: Graskuil						7596
TOTAAL				47121	0	623693	0	433374
Snijmaïs oogstproducten								
1	Mais 2019	: Snijmaïs kuil	(x)	136069				
2	Mais 2020	: Snijmaïs kuil	x			61175		
3	Mais 2020	: Snijmaïs kuil				183525		183525
TOTAAL				136069	0	244700	0	183525
Overig ruwvoer								
1	Veldbonen regionaal	: Veldbonen (Vicia)	x	4900				
TOTAAL				4900	0	0	0	0

Van de aangelegde voorraden gaan we vervolgens bepalen hoeveel van het totale eiwit is aangevoerd. Dit doen we door de aangelegde hoeveelheid ds te vermenigvuldigen met het RE-gehalte van de voedermiddelen. In onderstaande tabel B2.4 is dat voor de geogste grasproducten gedaan. De hoeveelheid droge stof per voedermiddel is ook in Tabel B2.3 te zien. Het gehalte RE is ontleend aan de pagina 'voer en gewas – invoer voer en voederwaarden BEX' van het uitvoerrapport van de KringloopWijzer. In Tabel B2.6 is dit weergegeven, de RE-gehalten voor zowel graskuil als maïskuil zijn daarin weergegeven met een rode ovaal. Tabel B2.4 laat zien dat 0,8% van de hoeveelheid RE uit graskuil aangevoerd is.

Tabel B2.4 Bepaling van het aandeel aangevoerde RE van de aangelegde graskuil op het voorbeeldbedrijf.

	Ds (kg)	RE (g/kg)	RE totaal (kg)	Aandeel aanvoer RE
Graszaadhooi ¹	13293	59	784	0,8%
1e snede	259200	128	33178	
3e snede	86400	177	15293	
2e snede	146400	145	21228	
4e snede	42800	172	7362	
5e snede	75600	193	14591	
			92435	

¹ aanvoer op het bedrijf in 2020.

In tabel B2.5 is voor de geoogste maïsproducten bepaald welk deel van de aangelegde RE aangevoerd is. De hoeveelheden ds zijn ook terug te vinden in Tabel B2.3 en het gehalte RE is terug te vinden in Tabel B2.6. Tabel B2.5 laat zien dat 25% van de hoeveelheid Re uit maïskuil aangevoerd is.

Tabel B2.5 Bepaling van het aandeel aangevoerde RE van de aangelegde maïskuil op het voorbeeldbedrijf.

	Ds (kg)	RE (g/kg)	RE totaal (kg)	Aandeel aanvoer RE
maïs 2020 ¹	61175	64	3915	25%
maïs 2020	183525	64	11746	
			15661	

¹ aanvoer op het bedrijf in 2020

Tabel B2.6 Duiding van de voederwaarde van de verschillende partijen ruwvoer uit de beginvoorraad, bij de aanleg en de eindvoorraad. De RE-gehalten van de grasproducten en de maïsproducten zijn met een rode ovaal weergegeven.

Nr	Voer	Natuur aandeel	DS	VEM	RE	N	P
Grasland oogstproducten							
		(%)	(g/kg)	(/kg ds)	(g/kg ds)	(g/kg ds)	(g/kg ds)
1	2e Snede		472	811	143	22.88	3.90
2	4e Snede		472	864	182	29.12	3.70
3	3e Snede		472	886	167	26.72	3.70
4	1e Snede 2019		472	920	128	20.48	3.10
5	5e Snede		472	830	170	27.20	4.10
6	Graszaadhooi		472	583	59	9.44	1.70
7	5e Snede		472	897	193	30.88	4.40
8	1e Snede		472	945	128	20.48	2.50
9	3e Snede		472	904	177	28.32	3.60
10	2e Snede		472	825	145	23.20	3.10
11	4e Snede		472	848	172	27.52	3.50
12	Graszaadhooi		472	583	59	9.44	1.70
Snijmais oogstproducten							
			(g/kg)	(/kg ds)	(g/kg ds)	(g/kg ds)	(g/kg ds)
1	Mais 2019		365	967	76	12.16	2.10
2	Mais 2020		365	997	64	10.24	1.90
3	Mais 2020		365	997	64	10.24	1.90

Met bovenstaande analyse is het aandeel aangevoerde RE in de aangelegde voorraad van graskuil en maïskuil bepaald. Om het aandeel aangevoerde eiwit van het verbruik van graskuil en maïskuil te bepalen is ook het aandeel aanvoer van de begin- en eindvoorraad nodig. Over het jaar 2020 werd het aandeel aankoop van de begin- en eindvoorraad nog niet vastgelegd in de databank. Daarom is aangenomen voor het jaar 2020 dat het aandeel aanvoer bij de begin- en eindvoorraad gelijk aan het aandeel aanvoer bij de aanleg is. Dus voor grasproducten ook 0,8% en voor maïsproducten ook 25%.

Het aandeel aanvoer RE van gras- en maïsproducten is vervolgens te ontleen aan een combinatie van tabellen B2.2, B2.4 en B2.5. Want het aandeel aanvoer RE van grasproducten is 0,8% (zie tabel B2.4) * 51,5% = 0,4%. En het aandeel aanvoer RE van maïsproducten is 25% (zie tabel B2.5) * 7,6% is 1,9%. Bij elkaar opgeteld is nog eens 2,3% eiwit van het totale rantsoen aangevoerd. Dit komt bovenop het percentage van 40,9%, zodat in totaal 43,2% van de totale hoeveelheid RE in het rantsoen is aangevoerd. Omgekeerd betekent dit dat het aandeel eigen eiwit in het rantsoen dan 100% - 43,2% = 56,8% is, afgerond 57%. Dit komt dan overeen met het aandeel eigen eiwit in het rantsoen dat op de pagina 'basis – milieu & klimaat' in het uitvoerrapport van de KringloopWijzer is vermeld.

Stikstof bodemoverschot per hectare

Het N- bodemoverschot wordt berekend van het grasland, maïsland en het land waar (marktbaar) akkerbouwgewassen geteeld worden. Vervolgens wordt hiervan een gewogen gemiddelde (over het areaal) berekend.

N-bodemoverschot per 'teelt' = N-aanvoer (inclusief mest (netto, minus ammoniakemissie), N-vastlegging en N-mineralisatie) – N-afvoer(gewas)

Gewogen gemiddelde N-bodemoverschot = [% grasland * N-bodemoverschot (grasland; kg N/ha) + % maïsland * N- bodemoverschot (maïsland; kg N/ha) + % land akkerbouwgewassen * N-bodemoverschot (land akkerbouwgewassen; kg N/ha)]/100%.

Bij het onderdeel 'Milieu & Klimaat' van de uitvoerrapportage van de KringloopWijzer is het bodemoverschot voor stikstof weergegeven. De aanvoer van stikstof met organische mest, aanvoer van stikstof met kunstmest en de aanvoer van stikstof met mineralisatie, depositie en vlinderbloemigen is hierbij omcirkeld. Zie ook Tabel B2.7 met de rood omcirkelde waarden. Totaal is dat 281 kg per ha in dit voorbeeld. De afvoer per ha van stikstof met gewassen is 159 kg, zie de rode pijl in Tabel B2.7. Het stikstofbodemoverschot is dan 122 kg per ha.

Tabel B2.7 Duiding van de aanvoer van stikstof op de bodem en afvoer van stikstof van de bodem, dat resulteert in een stikstofbodemoverschot. Onderdeel 'Milieu & Klimaat' van het uitvoerrapport van de KringloopWijzer (voor betekenis rode ovaal en rode pijl zie tekst).

Milieu & Klimaat			
Stikstofbodemoverschot	2020	2019	2018
Overschot bodem totaal (kg N per ha)	122		
Aanvoer kunstmest (kg N per ha)	53		
Aanvoer organische mest, weidemest (kg N per ha)	194		
Aanvoer mineralisatie, depositie, vl.bloemigen (kg N per ha)	34		
Afvoer van geogoste producten (kg N per ha)	159		

Ammoniakuitstoot per hectare

Ammoniakemissie per ha = (emissie NH₃ uit de stal en mestopslag van graasdieren / ha + emissie NH₃ bij beweiding / ha + emissie NH₃ bij uitrijden van dierlijke mest / ha + emissie van NH₃ bij gebruik van kunstmest / ha + emissie van NH₃ van gewasresten uit weide- en oogstverliezen / ha)

Zie ook het onderdeel 'BEDRIJF- RESULTAAT Ammoniak' van de uitvoerrapportage van de KringloopWijzer voor de verschillende onderdelen van de ammoniakemissie per ha en per GVE (Tabel B2.8).

Tabel B2.8 Duiding van de ammoniakemissie bij verschillende onderdelen van het melkveebedrijf, 'BEDRIJF – RESULTAAT Ammoniak' van de uitvoerrapportage van de KringloopWijzer (voor betekenis rode ovalen zie tekst).

Emissie ammoniak	NH ₃ (kg/bedrijf)	NH ₃ (kg/ha)	NH ₃ (kg/ton melk)	NH ₃ (kg/GVE)
Emissie totaal	2794	48.2	3.60	27.4
- emissie uit stal+mestopslag, graasdieren	1292	22.3	1.66	12.7
- emissie uit stal+mestopslag, staldieren	0	0.0	0.00	0.0
- emissie uit org. mest op grasland	1119	19.3	1.44	11.0
- emissie uit org. mest op bouwland	250	4.3	0.32	2.5
- emissie uit kunstmest op grasland	76	1.3	0.10	0.7
- emissie uit kunstmest op bouwland	0	0.0	0.00	0.0
- emissie uit mest tijdens beweiding	33	0.6	0.04	0.3
- emissie uit gewasrest: weideverliezen	13	0.2	0.02	0.1
- emissie uit gewasrest: oogstverliezen	10	0.2	0.01	0.1

Ammoniakuitstoot per gve

Ammoniakemissie per gve = (emissie NH₃ uit de stal en mestopslag van graasdieren / gve + emissie NH₃ bij beweiding / gve + emissie NH₃ bij uitrijden van dierlijke mest / gve + emissie van NH₃ bij gebruik van kunstmest / gve + emissie van NH₃ van gewasresten uit weide- en oogstverliezen / gve)

Zie ook 'BEDRIJF – RESULTAAT Ammoniak' en Figuur B1.5 van de uitvoerrapportage van de KringloopWijzer voor de verschillende onderdelen van de ammoniakemissie per ha en per GVE.

GVE berekening

De GVE's worden als volgt berekend (bron: <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2020/06/Brochure-Fosfaatreductiemaatregelen-2017.pdf>):

- Een rund van 0 tot 1 jaar is 0,23 GVE.
- Een rund van 1 jaar of ouder dat niet heeft gekalfd is 0,53 GVE.
- Een rund dat ten minste eenmaal heeft gekalfd is 1,0 GVE.

Aandeel blijvend grasland

Om het aandeel blijvend grasland te bepalen wordt aangesloten bij definities die RVO hanteert. Want deze werkwijze wordt jaarlijks gehanteerd bij de verplichte gecombineerde data-inwinning (GDI) voor de overheid. RVO hanteert verschillende coderingen voor grasland. Voor blijvend grasland gaat het om de volgende definities en coderingen:

- Grasland, blijvend: code 265.
- Grasland, natuurlijk. Hoofdfunctie landbouw; code 331.
- Rand, grenzend aan blijvend grasland of een blijvende teelt, hoofdzakelijk bestaand uit blijvend gras: code 333.
- Rand, grenzend aan bouwland, hoofdzakelijk bestaand uit blijvend gras: code 334.

Het blijvende grasland bestaat daarmee uit een optelling van de oppervlakte land met bovenstaande coderingen, dus som van de oppervlakte met code 265, 331, 333, 334.

Om het aandeel blijvend grasland te bepalen moet de berekende oppervlakte blijvend grasland gedeeld worden door de totale oppervlakte die de veehouder in gebruik heeft. Maar een veehouder kan ook (blijvend) natuurgrasland hebben met de hoofdfunctie natuur, die niet de RVO-definitie van blijvend grasland meekrijgen. Dit betreft de definities 'grasland natuurlijk, hoofdfunctie natuur (code 332)' en 'natuurterreinen, incl heide (code 335)'. In de praktijk zal dit wel blijvend grasland zijn, maar omdat dit de hoofdfunctie natuur heeft, krijgt deze niet de definitie blijvend grasland mee. Daarom wordt voor de berekening van het aandeel blijvend grasland de totale oppervlakte met deze graslanden verminderd.

De berekeningswijze voor *aandeel blijvend grasland* wordt dan:

$100\% * \text{Som oppervlakte met code (265, 331, 333, 334)} : (\text{totale bedrijfsoppervlakte} - \text{som van oppervlakte met code (332, 335)})$

Bijlage 3 Acronymenlijst

Indeling naar thema

Algemene bedrijfsaspecten

N:	Stikstof
P:	Fosfor
NO ₃ :	Nitraat
N ₂ O:	Lachgas
PO ₄ :	Fosfaat
NO _x :	Stikstofoxide
CO ₂ :	Kooldioxyde
CH ₄ :	Methaan
NH ₃ :	Ammoniak
NH ₄ :	Ammonium
EF:	Emissiefactor, %
TO:	Totale bedrijfsoppervlakte, ha
GO:	Totale oppervlakte grasland, ha
BO:	Totale oppervlakte bouwland inclusief snijmaïs, ha
SO:	oppervlakte snijmaïs, ha
ORO:	oppervlakte overige akkerbouwmatige ruwvoerders
AMO:	oppervlakte akkerbouwgewassen voor de markt, niet ruwvoer, ha
WGO:	oppervlakte grasland in wisselbouw (= afwisseling van bouwland en grasland), ha
WBO:	oppervlakte bouwland in wisselbouw (= afwisseling van bouwland en grasland), ha
ESG:	verschil in stalmestgift (kg N/ha grasland) tussen grasland in continueelt en grasland in wisselbouw
ESB:	verschil in stalmestgift (kg N/ha bouwland) tussen bouwland in continueelt en bouwland in wisselbouw
EKG:	verschil in kunstmestgift (kg N/ha grasland) tussen grasland in continueelt en grasland in wisselbouw
EKB:	verschil in kunstmestgift (kg N/ha bouwland) tussen bouwland in continueelt en bouwland in wisselbouw
Factor_aankoop_mutatie:	verhouding tussen BEX-gebaseerde P-opname en P-opname volgens opgave
BEX_Popn_gksm_mlk:	P opname melkvee uit graskuil en snijmaïs
BEX_Popn_gksm_ovg:	P opname overige graasdieren uit graskuil en snijmaïs
Voorraad_Pverbr_gksm:	P-verbruik berekend uit opgegeven voorraden (begin + aanleg – eind)
PcVoerververliesRuwvoer:	percentage vervoederingsverlies van ruwvoer

<i>Dier</i>	
NEB:	Negatieve Energie Balans
FPCM:	Voor vet- en eiwitgehalte gecorrigeerde melkproductie
GEW:	Levend Gewicht
DS:	Droge Stof
RE:	Ruw Eiwit
VRE:	Verteerbaar Ruw Eiwit
VEM:	Voedereenheden Melk
RAS:	Ruw As
VC:	Verteringscoëfficiënt, g/g
TKT:	Tussen Kalf Tijd

Organische stof

EOS:	kg effectieve organische stof (OS), de organische stof die 12 maanden na toediening resteert in de bodem, kg (E)OS per ha
HC:	humificatiecoëfficiënt, fractie van organische stof (OS) die 12 maanden na toediening resteert in de bodem, kg OS per kg OS
OS/N:	kg N per kg OS
EOSAan1:	EOS in de vorm van weidemest, kg OS/ha
EOSAan2:	EOS in de vorm van stalmest (inclusief voerrest), kg OS/ha
EOSAan6:	EOS in de vorm van beweidings- en maaiverliezen, kg OS/ha
EOSAan7:	EOS in de vorm van gewasresten, kg OS/ha
EOSAan8:	EOS in de vorm van vanggewassen en groenbemesters, kg OS/ha
HC _{mest} :	HC van mest
HC _{versgewas} :	HC van vers gewas w.o. ook de voerresten
HC _{gewasresten} :	HC van gewasresten
OS/N _{mest} :	OS/N van mest
OS/N _{voerrest} :	OS/N van voerresten (w.o. ruwvoer, bijproducten en krachtvoer)
EOSAan2 _{pure_mest} :	Effectieve organische stof in de vorm van voerrest-loze mest
EOSAan2 _{voerrest} :	Effectieve organische stof in de vorm van de voerrest
OS/N _{teeltgras} :	OS/N in beweidings- en maaiverliezen
OS/N _{teeltmaïs} :	OS/N in oogstverliezen bij maïs
FV:	Fractie van maïsland (SO) waarop vanggewas is ingezaaid (ha)
FG:	Fractie van niet-maïsland (BO – SO) waarop groenbemester is ingezaaid (ha)

Bodemstikstof

N:	Stikstof
P:	Fosfor
NO ₃ :	Nitraat
Af1 _{maai gras} :	Netto afgevoerde N in de vorm van kuilgras of vers stalvoergras, kg N per ha grasland
Af1 _{weide} :	Netto opgenomen N in de vorm van door dier opgenomen weidegras, kg N per ha grasland
Af1 _{maïs} :	Netto afgevoerde N in de vorm van maïs, kg N per ha maïsland
Af1 _{overigruwvoer} :	Netto afgevoerde N in de vorm van overig ruwvoer, kg N per ha overig ruwvoer
Af1 _{marktakkerbouw} :	Netto afgevoerde N in de vorm van marktbaar akkerbouwgewassen, kg N per ha marktbaar akkerbouwgewassen
Af3 _{maai gras} :	Maaiverliezen bij winning van kuilgras of vers stalvoergras, kg N per ha grasland
Af3 _{weide} :	Beweidingsverliezen in beweid gras, kg N per ha grasland
Af3 _{maïs} :	Oogstverliezen bij maïs, kg N per ha maïsland
Af3 _{overigruwvoer} :	Oogstverliezen bij overig ruwvoer (luzerne), kg N per ha overig ruwvoer
Af3 _{marktakkerbouw} :	Oogstverliezen bij marktbaar akkerbouwgewassen, kg N per ha marktbaar akkerbouwgewassen
NOP _{weide} :	N door dier opgenomen via beweiding, kg N

NOP _{maaisgras} :	N door dier opgenomen in de vorm van vers gras of kuilgras, kg N
NOP _{maïskuil} :	N door dier opgenomen in de vorm van snijmaïs, kg N
NOP _{maaisgras_eigenland} :	N door dier opgenomen in de vorm van vers gras of kuilgras van eigen land, kg N
NOP _{maaisgras_aangekocht} :	N door dier opgenomen in de vorm van aangekocht vers gras of kuilgras, kg N
NOP _{overigruwvoer_eigenland} :	N door dier opgenomen in de vorm van overig ruwvoer van eigen land, kg N
NOP _{overigruwvoer_aangekocht} :	N door dier opgenomen in de vorm van aangekocht overig ruwvoer, kg N
NAAN _{maaisgras_eigenland} :	N aan dier op stal aangeboden in de vorm van vers gras of kuilgras van eigen land, kg N
NAAN _{overigruwvoer_eigenland} :	N aan dier op stal aangeboden in de vorm van overig ruwvoer van eigen land, kg N
NDAM _{maaisgras} :	N via dam afgevoerd in de vorm van vers gras of kuilgras van eigen land, kg N
NOP _{maïs_eigenland} :	N door dier opgenomen in de vorm van maïskuil van eigen land, kg N
NOP _{maïs_aangekocht} :	N door dier opgenomen in de vorm van aangekochte maïskuil, kg N
NAAN _{maïs_eigenland} :	N aan dier op stal aangeboden in de vorm van maïskuil van eigen land, kg N
NDAM _{maïs} :	N via dam afgevoerd in de vorm van maïskuil van eigen land, kg N
NDAM _{overigruwvoer} :	N via dam afgevoerd in de vorm van overig ruwvoer van eigen land, kg N
Afn _{grasland} :	Afvoerterm n op de N-balans van grasland, kg N per ha
Afn _{maïs} :	Afvoerterm n op de N-balans van oppervlakte met maïsland, kg N per ha
Afn _{overigruwvoer} :	Afvoerterm n op de N-balans van oppervlakte met overige ruwvoergewassen, kg N per ha
Afn _{marktakkerbouw} :	Afvoerterm n op de N-balans van oppervlakte met marktbaar akkerbouwgewassen, kg N per ha
Aann _{grasland} :	Aanvoerterm n op de N-balans van grasland, kg N per ha
Aann _{maïs} :	Aanvoerterm n op de N-balans van oppervlakte met maïsland, kg N per ha
Aann _{overigruwvoer} :	Aanvoerterm n op de N-balans van oppervlakte met overige ruwvoergewassen, kg N per ha
Aann _{marktakkerbouw} :	Aanvoerterm n op de N-balans van oppervlakte met marktbaar akkerbouwgewassen, kg N per ha
YHn:	Opbrengst van hoofdproduct van marktbaar akkerbouwgewas n, ton vers per ha
YBn:	Opbrengst van bijproduct van marktbaar akkerbouwgewas n, ton vers per ha
CNHn:	N gehalte van hoofdproduct van marktbaar akkerbouwgewas n, kg N per ton vers
CNBn:	N gehalte van bijproduct van marktbaar akkerbouwgewas n, kg N per ton vers
CPHn:	P gehalte van hoofdproduct van marktbaar akkerbouwgewas n, kg N per ton vers
CPBn:	P gehalte van bijproduct van marktbaar akkerbouwgewas n, kg N per ton vers
UF:	Uitspoelingsfractie, kg N/kg N
NO:	Neerslagoverschot, mm
Gt:	Grondwatertrap, -
<i>Lachgas</i>	
N ₂ O:	Lachgas

EF(vol):	Emissiefactor voor lachgas a.g.v. vervluchtigde en elders gedeponeerde N, kg/kg
EF(lea):	Emissiefactor voor lachgas a.g.v. uitgespoelde N, kg/kg
EF(cf):	Emissiefactor voor lachgas a.g.v. gebruik kunstmest-N, kg/kg
EF(of):	Emissiefactor voor lachgas a.g.v. gebruik van 'stal'mest, kg/kg
EF(an):	Emissiefactor voor lachgas a.g.v. gebruik van weidemest, kg/kg
EF(cl):	Emissiefactor voor lachgas a.g.v. de aanwezigheid van gras-klavers, kg/kg
EF(cr):	Emissiefactor voor lachgas a.g.v. gewasresten, onder te ploegen nateelten, maai-, beweidings- en oogstverliezen en nieuwe graszodes, kg/kg
EF(pt):	Emissiefactor voor lachgas a.g.v. de aanwezigheid van veengrond, kg/kg
EF(s):	Emissiefactor voor lachgas uit mestopslag volgens opslagsysteem S, kg/kg
N ₂ Oem(vol):	Emissie van lachgas a.g.v. vervluchtigde en elders gedeponeerde N, kg N
N ₂ Oem(lea):	Emissie van lachgas a.g.v. uitgespoelde N, kg N
N ₂ Oem(cf):	Emissie van lachgas a.g.v. kunstmest-N, kg N
N ₂ Oem(of):	Emissie van lachgas a.g.v. organische mest-N in de vorm van 'stal'mest, kg N
N ₂ Oem(an):	Emissie van lachgas a.g.v. organische mest-N in de vorm van weidemest, kg N
N ₂ Oem(cl):	Emissie van lachgas a.g.v. de aanwezigheid van grasklavers, kg N
N ₂ Oem(cr):	Emissie van lachgas a.g.v. gewasresten, onder te ploegen nateelten, maai-, beweidings- en oogstverliezen en nieuwe graszodes, kg N
N ₂ Oem(pt):	Emissie van lachgas a.g.v. de aanwezigheid van veengrond, kg N
N ₂ Oem(backgr_grassl_m):	Emissie van lachgas t.g.v. achtergrondemissie op minerale gronden, kg N
N ₂ Oem(backgr_grassl_p):	Emissie van lachgas t.g.v. achtergrondemissie op veengronden, kg N
N ₂ O _(D,mm) :	Emissie van lachgas uit opslagen van dierlijke mest, kg N ₂ O (!)
Nloss(vol):	Ammoniak-N die het bedrijf verlaat volgens BEA incl. N uit zwaden, kg
Nloss(lea):	Nitrat-N die het bedrijf als nitraat verlaat volgens BEN, kg
Nipf(cf):	Totale kunstmest-N gebruik, kg
Ninp(of):	Totale organische mestgebruik in de vorm van 'stal'mest, kg
Ninp(an):	Totale organische mestgebruik in de vorm van weidemest, kg
Ninp(cl):	Dat deel van de klaverbinding dat geacht wordt bij te dragen aan lachgasvorming, kg
Nipn(cr):	Gewasresten, onder te ploegen nateelten, maai-, beweidings- en oogstverliezen en nieuwe graszodes, kg
Ninp(pt):	Product van de hectares veengrond op het bedrijf en een standaardveenmineralisatie, kg
<i>Ammoniak</i>	
NH ₃ :	Ammoniak
NH ₄ :	Ammonium
NEMA:	Nationaal Emissie Model voor Ammoniak
TAN:	Totaal Ammoniakale Stikstof
RAV:	Regeling Ammoniak en Veehouderij

Methaan

CH ₄ :	Methaan
CH ₄ _voer:	kg methaan emissie gesommeerd voor de diverse rantsoencomponenten
CH ₄ _EFcorOpname:	kg methaan emissie waarmee de emissie t.g.v. de emissie van de diverse rantsoencomponenten vermeerderd of verminderd moet worden op basis van een van een normniveau afwijkende DS opname
CH ₄ _EFbasis:	kg methaan emissie als som van de gesommeerd methaan emissie voor de diverse rantsoencomponenten (CH ₄ _voer) en een correctie voor de dagelijkse drogestofopname (CH ₄ _EFcorOpname)
CH ₄ _EFrantsoen:	basale methaanemissie (CH ₄ _EFbasis) gecorrigeerd voor kalveraandeel in totale melkvee-GVE som
FJK:	GVE-aandeel van kalveren (0-3 mnd) in totale melkvee-GVE som
EF _(T) :	Emissiefactor voor methaan uit mestopslag voor diercategorie T, kg CH ₄ per dier
VS _(T) :	Volatile solids productie van diercategorie T, kg organische stof per dier per dag
B0 _(T) :	Potentiele methaanproductie van diercategorie T, m ³ CH ₄ per kg uitgescheiden VS
MCF _S :	Methaanconversiefactor voor mestmanagementsysteem S, kg per 100 kg
N _(T) :	Aantal dieren van categorie T
CH ₄ Mest:	Gesommeerde emissie van methaan uit mestopslagen volgens systeem S voor diercategorie T, kg CH ₄
NexcretieT:	N-excretie voor aftrek van gasvormige verliezen uit stal en opslag bij diercategorie T, kg
MS _(T,S) :	Fractie van NexcretieT volgens mestmanagementsysteem S, -
BE:	Bruto energie, MJ
Y _m :	Methaanconversiefactor, MJ / 100 MJ

Indeling volgens alfabet

Aann _{grasland} :	Aanvoerterm n op de N-balans van grasland, kg N per ha
Aann _{maïs} :	Aanvoerterm n op de N-balans van oppervlakte met maïsland, kg N per ha
Aann _{marktakkerbouw} :	Aanvoerterm n op de N-balans van oppervlakte met marktbaar akkerbouwgewassen, kg N per ha
Aann _{overigruwvoer} :	Aanvoerterm n op de N-balans van oppervlakte met overige ruwvoergewassen, kg N per ha
Af1 _{maaisgras} :	Netto afgevoerde N in de vorm van kuilgras of vers stalvoergras, kg N per ha grasland
Af1 _{maïs} :	Netto afgevoerde N in de vorm van maïs, kg N per ha maïsland
Af1 _{marktakkerbouw} :	Netto afgevoerde N in de vorm van marktbaar akkerbouwgewassen, kg N per ha marktbaar akkerbouwgewassen
Af1 _{overigruwvoer} :	Netto afgevoerde N in de vorm van overig ruwvoer, kg N per ha overig ruwvoer
Af1 _{weide} :	Netto opgenomen N in de vorm van door dier opgenomen weidegras, kg N per ha grasland
Af3 _{maaisgras} :	Maaiverliezen bij winning van kuilgras of vers stalvoergras, kg N per ha grasland
Af3 _{maïs} :	Oogstverliezen bij maïs, kg N per ha maïsland
Af3 _{marktakkerbouw} :	Oogstverliezen bij marktbaar akkerbouwgewassen, kg N per ha marktbaar akkerbouwgewassen
Af3 _{overigruwvoer} :	Oogstverliezen bij overig ruwvoer (luzerne), kg N per ha overig ruwvoer
Af3 _{weide} :	Beweidingsverliezen in beweid gras, kg N per ha grasland
Afn _{grasland} :	Afvoerterm n op de N-balans van grasland, kg N per ha
Afn _{maïs} :	Afvoerterm n op de N-balans van oppervlakte met maïsland, kg N per ha
Afn _{marktakkerbouw} :	Afvoerterm n op de N-balans van oppervlakte met marktbaar akkerbouwgewassen, kg N per ha
Afn _{overigruwvoer} :	Afvoerterm n op de N-balans van oppervlakte met overige ruwvoergewassen, kg N per ha

Ammoniak

AMO:	oppervlakte akkerbouwgewassen voor de markt, niet ruwvoer, ha
B0 _(T) :	Potentiele methaanproductie van diercategorie T, m ³ CH ₄ per kg uitgescheiden VS
BE:	Bruto energie, MJ
BEX_Popn_gksm_mlk:	P opname melkvee uit graskuil en snijmaïs
BEX_Popn_gksm_ovg:	P opname overige graasdieren uit graskuil en snijmaïs
BO:	Totale oppervlakte bouwland inclusief snijmaïs, ha

Bodemstikstof

CH ₄ :	Methaan
CH ₄ :	Methaan
CH ₄ _EFbasis:	kg methaan emissie als som van de gesommeerd methaan emissie voor de diverse rantsoencomponenten (CH ₄ _voer) en een correctie voor de dagelijkse drogestofopname (CH ₄ _EFcorOpname)
CH ₄ _EFcorOpname:	kg methaan emissie waarmee de emissie t.g.v. de emissie van de diverse rantsoencomponenten vermeerderd of verminderd moet worden op basis van een van een normniveau afwijkende DS opname
CH ₄ _EFrantsoen:	basale methaanemissie (CH ₄ _EFbasis) gecorrigeerd voor kalveraandeel in totale melkvee-GVE som
CH ₄ _voer:	kg methaan emissie gesommeerd voor de diverse rantsoencomponenten
CH ₄ Mest:	Gesommeerde emissie van methaan uit mestopslagen volgens systeem S voor diercategorie T, kg CH ₄
CNBn:	N gehalte van bijproduct van marktbaar akkerbouwgewas n, kg N per ton vers

CNHn:	N gehalte van hoofdproduct van marktbaar akkerbouwgewas n, kg N per ton vers
CO ₂ :	Kooldioxyde
CPBn:	P gehalte van bijproduct van marktbaar akkerbouwgewas n, kg N per ton vers
CPHn:	P gehalte van hoofdproduct van marktbaar akkerbouwgewas n, kg N per ton vers
<i>Dier</i>	
DS:	Droge Stof
EF(an):	Emissiefactor voor lachgas a.g.v. gebruik van weidemest, kg/kg
EF(cf):	Emissiefactor voor lachgas a.g.v. gebruik kunstmest-N, kg/kg
EF(cl):	Emissiefactor voor lachgas a.g.v. de aanwezigheid van gras-klavers, kg/kg
EF(cr):	Emissiefactor voor lachgas a.g.v. gewasresten, onder te ploegen nateelten, maai-, beweidings- en oogstverliezen en nieuwe graszodes, kg/kg
EF(lea):	Emissiefactor voor lachgas a.g.v. uitgespoelde N, kg/kg
EF(of):	Emissiefactor voor lachgas a.g.v. gebruik van 'stal'mest, kg/kg
EF(pt):	Emissiefactor voor lachgas a.g.v. de aanwezigheid van veengrond, kg/kg
EF(s):	Emissiefactor voor lachgas uit mestopslag volgens opslagsysteem S, kg/kg
EF(T):	Emissiefactor voor methaan uit mestopslag voor diercategorie T, kg CH ₄ per dier
EF(vol):	Emissiefactor voor lachgas a.g.v. vervluchtigde en elders gedeponeerde N, kg/kg
EF:	Emissiefactor, %
EKB:	verschil in kunstmestgift (kg N/ha bouwland) tussen bouwland in continueelt en bouwland in wisselbouw
EKG:	verschil in kunstmestgift (kg N/ha grasland) tussen grasland in continueelt en grasland in wisselbouw
EOS:	kg effectieve organische stof (OS), de organische stof die 12 maanden na toediening resteert in de bodem, kg (E)OS per ha
EOSAan1:	EOS in de vorm van weidemest, kg OS/ha
EOSAan2:	EOS in de vorm van stalmest (inclusief voerrest), kg OS/ha
EOSAan2 _{pure_mest} :	Effectieve organische stof in de vorm van voerrest-loze mest
EOSAan2 _{voerrest} :	Effectieve organische stof in de vorm van de voerrest
EOSAan6:	EOS in de vorm van beweidings- en maaiverliezen, kg OS/ha
EOSAan7:	EOS in de vorm van gewasresten, kg OS/ha
EOSAan8:	EOS in de vorm van vanggewassen en groenbemesters, kg OS/ha
ESB:	verschil in stalmestgift (kg N/ha bouwland) tussen bouwland in continueelt en bouwland in wisselbouw
ESG:	verschil in stalmestgift (kg N/ha grasland) tussen grasland in continueelt en grasland in wisselbouw
Factor_aankoop_mutatie:	verhouding tussen BEX-gebaseerde P-opname en P-opname volgens opgave
FG:	Fractie van niet-maisland (BO – SO) waarop groenbemester is ingezaaid (ha)
FJK:	GVE-aandeel van kalveren (0-3 mnd) in totale melkvee-GVE som
FPCM:	Voor vet- en eiwitgehalte gecorrigeerde melkproductie
FV:	Fractie van maisland (SO) waarop vanggewas is ingezaaid (ha)
GEW:	Levend Gewicht
GO:	Totale oppervlakte grasland, ha
Gt:	Grondwatertrap, -
HC:	humificatiecoëfficiënt, fractie van organische stof (OS) die 12 maanden na toediening resteert in de bodem, kg OS per kg OS
HC _{gewasresten} :	HC van gewasresten
HC _{mest} :	HC van mest

HC _{versgewas} :	HC van vers gewas w.o. ook de voerresten
<i>Lachgas</i>	
MCF _S :	Methaanconversiefactor voor mestmanagementsysteem S, kg per 100 kg
<i>Methaan</i>	
MS _(T,S) :	Fractie van NexcretieT volgens mestmanagementsysteem S, -
N _(T) :	Aantal dieren van categorie T
N:	Stikstof
N:	Stikstof
N ₂ O:	Lachgas
N ₂ O:	Lachgas
N ₂ O _(D,mm) :	Emissie van lachgas uit opslagen van dierlijke mest, kg N ₂ O (!)
N ₂ Oem(an):	Emissie van lachgas a.g.v. organische mest-N in de vorm van weidemest, kg N
N ₂ Oem(backgr_grassl_m):	Emissie van lachgas t.g.v. achtergrondemissie op minerale gronden, kg N
N ₂ Oem(backgr_grassl_p):	Emissie van lachgas t.g.v. achtergrondemissie op veengronden, kg N
N ₂ Oem(cf):	Emissie van lachgas a.g.v. kunstmest-N, kg N
N ₂ Oem(cl):	Emissie van lachgas a.g.v. de aanwezigheid van grasklavers, kg N
N ₂ Oem(cr):	Emissie van lachgas a.g.v. gewasresten, onder te ploegen nateelten, maai-, beweidings- en oogstverliezen en nieuwe graszodes, kg N
N ₂ Oem(lea):	Emissie van lachgas a.g.v. uitgespoelde N, kg N
N ₂ Oem(of):	Emissie van lachgas a.g.v. organische mest-N in de vorm van 'stal'mest, kg N
N ₂ Oem(pt):	Emissie van lachgas a.g.v. de aanwezigheid van veengrond, kg N
N ₂ Oem(vol):	Emissie van lachgas a.g.v. vervluchtigde en elders gedeponeerde N, kg N
NAAN _{maigras_eigenland} :	N aan dier op stal aangeboden in de vorm van vers gras of kuilgras van eigen land, kg N
NAAN _{mais_eigenland} :	N aan dier op stal aangeboden in de vorm van maïskuil van eigen land, kg N
NAAN _{overigruwvoer_eigenland} :	N aan dier op stal aangeboden in de vorm van overig ruwvoer van eigen land, kg N
NDAM _{maigras} :	N via dam afgevoerd in de vorm van vers gras of kuilgras van eigen land, kg N
NDAM _{mais} :	N via dam afgevoerd in de vorm van maïskuil van eigen land, kg N
NDAM _{overigruwvoer} :	N via dam afgevoerd in de vorm van overig ruwvoer van eigen land, kg N
NEB:	Negatieve Energie Balans
NEMA:	Nationaal Emissie Model voor Ammoniak
NexcretieT:	N-excretie voor aftrek van gasvormige verliezen uit stal en opslag bij diercategorie T, kg
NH ₃ :	Ammoniak
NH ₄ :	Ammonium
Ninp(an):	Totale organische mestgebruik in de vorm van weidemest, kg
Ninp(cl):	Dat deel van de klaverbinding dat geacht wordt bij te dragen aan lachgasvorming, kg
Ninp(of):	Totale organische mestgebruik in de vorm van 'stal'mest, kg
Ninp(pt):	Product van de hectares veengrond op het bedrijf en een standaardveenmineralisatie, kg
Nipf(cf):	Totale kunstmest-N gebruik, kg
Nipn(cr):	Gewasresten, onder te ploegen nateelten, maai-, beweidings- en oogstverliezen en nieuwe graszodes, kg
Nloss(lea):	Nitrat-N die het bedrijf als nitraat verlaat volgens BEN, kg
Nloss(vol):	Ammoniak-N die het bedrijf verlaat volgens BEA incl. N uit zwaden, kg
NO:	Neerslagoverschot, mm
NO ₃ :	Nitraat
NO ₃ :	Nitraat
NOP _{maigras} :	N door dier opgenomen in de vorm van vers gras of kuilgras, kg N

NOP _{maaigras_aangekocht} :	N door dier opgenomen in de vorm van aangekocht vers gras of kuilgras, kg N
NOP _{maaigras_eigenland} :	N door dier opgenomen in de vorm van vers gras of kuilgras van eigen land, kg N
NOP _{maïs_aangekocht} :	N door dier opgenomen in de vorm van aangekochte maïskuil, kg N
NOP _{maïs_eigenland} :	N door dier opgenomen in de vorm van maïskuil van eigen land, kg N
NOP _{maïskuil} :	N door dier opgenomen in de vorm van snijmaïs, kg N
NOP _{overigruwvoer_aangekocht} :	N door dier opgenomen in de vorm van aangekocht overig ruwvoer, kg N
NOP _{overigruwvoer_eigenland} :	N door dier opgenomen in de vorm van overig ruwvoer van eigen land, kg N
NOP _{weide} :	N door dier opgenomen via beweiding, kg N
NOx:	Stikstofoxide

Organische stof

ORO:	oppervlakte overige akkerbouwmatige ruwvoerders
OS/N:	kg N per kg OS
OS/N _{mest} :	OS/N van mest
OS/N _{teeltgras} :	OS/N in beweidings- en maaiverliezen
OS/N _{teeltmaïs} :	OS/N in oogstverliezen bij maïs
OS/N _{voerrest} :	OS/N van voerresten (w.o. ruwvoer, bijproducten en krachtvoer)
P:	Fosfor
P:	Fosfor
PcVoerververliesRuwvoer:	percentage vervoederingsverlies van ruwvoer
PO ₄ :	Fosfaat
RAS:	Ruw As
RAV:	Regeling Ammoniak en Veehouderij
RE:	Ruw Eiwit
SO:	oppervlakte snijmaïs, ha
TAN:	Totaal Ammoniakale Stikstof
TKT:	Tussen Kalf Tijd
TO:	Totale bedrijfsoppervlakte, ha
UF:	Uitspoelingsfractie, kg N/kg N
VC:	Verteringscoëfficiënt, g/g
VEM:	Voedereenheden Melk
Voorraad_Pverbr_gksm:	P-verbruik berekend uit opgegeven voorraden (begin + aanleg – eind)
VRE:	Verteerbaar Ruw Eiwit
VS _(T) :	Fecesproductie van diercategorie T, kg DS per dier per dag
WBO:	oppervlakte bouwland in wisselbouw (= afwisseling van bouwland en grasland), ha
WGO:	oppervlakte grasland in wisselbouw (= afwisseling van bouwland en grasland), ha
YBn:	Opbrengst van bijproduct van marktbaar akkerbouwgewas n, ton vers per ha
YHn:	Opbrengst van hoofdproduct van marktbaar akkerbouwgewas n, ton vers per ha
Y _m :	Methaanconversiefactor, MJ / 100 MJ

Bijlage 4 Kengetallen voedermiddelen

Het gehalte droge stof per voedermiddel (DS), het ruw asgehalte (AS), de verteerbaarheid van ruw eiwit (VCRE) (zie paragraaf 2.2.2.2), de verteerbaarheid van de organische stof (VCOS), de methaan-emissies uit voercomponenten van melkveestapel inclusief jongvee (g CH₄ per kg DS) in afhankelijkheid van het aandeel snijmais in rantsoen (%) (zie paragraaf 2.5.6.1) en de emissie (CO₂-equivalenten per kg product) van aangevoerde voedermiddelen (exclusief transport) (zie paragraaf 2.5.6.8) voor de verschillende voedermiddelen, onderverdeeld in voersoorten en subgroepen.

Naam	Voer- soort ¹	DS (g/kg)	RAS (g/kg)	VCRE ²	VCOS	g CO ₂ - eq/kg ³	EF CH ₄ bij 0% sm (g/kg ds)	EF CH ₄ bij 40% sm (g/kg ds)	EF CH ₄ bij 80% sm (g/kg ds)
Vers gras: weiden	VG	160	17	0.82	0.84	76	19.2	19.2	19.2
Vers gras: zomerstalvoeren	VG	160	17	0.82	0.84	76	23.3	23.3	23.3
Graskuil	GK	472	55	- ⁴	0.76	241	- ⁴	- ⁴	- ⁴
Grashooi	GK	845	84	- ⁴	0.68	409	19.53	19.48	20.99
Grasbalen vers gedroogd	GK	889	93	- ⁴	0.76	2282	19.53	19.48	20.99
Grasbalen voordr gedroogd	GK	889	93	- ⁴	0.76	952	19.53	19.48	20.99
Grasbrok vers gedroogd	GK	926	119	- ⁴	0.74	2349	20.12	19.94	20.66
Grasbrok voordr gedroogd	GK	926	119	- ⁴	0.74	1018	20.12	19.94	20.66
Overig grasproduct	GK	825	94	- ⁴	0.74	1320	19.63	19.55	20.86
Snijmais kuil	SM	365	13	- ⁴	0.75	66	- ⁴	- ⁴	- ⁴
Snijmais gedroogd	SM	909	49	- ⁴	0.73	1049	- ⁴	- ⁴	- ⁴
Overig snijmais	SM	637	31	- ⁴	0.74	758	- ⁴	- ⁴	- ⁴
Mengvoer	KV	876	65	- ⁴	- ⁴	- ⁵	- ⁵	- ⁵	- ⁵
Aardappelchips	KV	962	35	0.2	0.86	467	12.07	12.26	11.38
Aardappeleiwit	KV	906	12	0.89	0.88	1310	16.43	14.76	14.04
Aardappelen gedroogd	KV	897	42	0.39	0.85	467	22.74	21.51	20.49
Aardappelvezel	KV	878	58	0.32	0.82	528	21.65	21.22	20.45
Aardappelzetmeel gedroogd	KV	863	5	0.99	0.94	659	23.98	22.33	20.16
Appelmelasse	KV	700	70	0.73	0.9	120	34.09	31.06	28.52
Bataten gedroogd	KV	878	38	-0.01	0.85	1514	24.55	23.57	22.13
Beendermeel	KV	948	463	0	0	310	20	20	20
Bierbostel gedroogd	KV	915	46	0.75	0.65	434	16.74	16.43	16.27
Biergist gedroogd	KV	924	65	0.82	0.79	450	19.75	18.63	18.6
Bietenpulp gedroogd	KV	903	70	0.62	0.87	356	25.76	25.8	28.31
Biscuit/koekjesmeel	KV	925	20	0.73	0.93	6	24.65	24.65	24.65
Bloedmeel	KV	919	17	0	0	1119	18.27	16.67	16.77
Boekweit	KV	865	24	0.74	0.69	1316	20	20	20
Bonen (paarden) bontbl	KV	869	33	0.84	0.9	541	21.99	21.6	22.89
Bonen (paarden) witbl	KV	867	33	0.85	0.9	396	21.92	21.44	22.58
Bonen (Phas) verhit	KV	862	51	0.78	0.89	1631	21.29	20.87	21.38
Broodmeel	KV	897	27	0.77	0.89	118	22.97	23.54	23.2
Cacaodoppen	KV	883	84	0.6	0.43	609	23.1	22.7	23.3
Camelina schroot bestendig	KV	905	62	0.77	0.72	1055	17.94	17.86	18.61
Camelina schroot onbestendig	KV	905	62	0.77	0.72	803	18.74	19.32	22.84
Caseine	KV	916	32	0.95	0.95	6397	18.27	16.67	16.77
Cichorei pulp gedroogd	KV	897	74	0.56	0.84	371	25.01	25.19	27.86
Citruspulp	KV	912	66	0.49	0.86	701	26.98	26.43	28
DDGS maïs	KV	903	43	0.83	0.83	285	19.43	20.05	22.87
DDGS tarwe	KV	916	46	0.84	0.83	285	21	21	21
Dextrose	KV	1000	0	1	1	568	0	0	0
Erwten droog	KV	866	29	0.82	0.9	420	22.84	21.99	22.13

Naam	Voer- soort ¹	DS (g/kg)	RAS (g/kg)	VCRE ²	VCOS	g CO ₂ - eq/kg ³	EF CH ₄ bij 0% sm (g/kg ds)	EF CH ₄ bij 40% sm (g/kg ds)	EF CH ₄ bij 80% sm (g/kg ds)
Fytase	KV	1000	0	0	0.83	2000	0	0	0
Gerst	KV	873	21	0.74	0.85	432	22.8	22.07	20.74
Gerst. geplet	KV	873	21	0.74	0.85	275	19.38	18.76	17.63
Gersteslijpmeel	KV	884	55	0.78	0.73	320	19.66	19.19	18.72
Gerstevoermeel	KV	886	64	0.73	0.67	320	19.11	18.64	18.08
Gierst/Millet	KV	897	28	0.71	0.8	1138	20.89	18.74	17.26
Glycerol raapzaad	KV	818	36	1	1	1148	34.1	31.1	28.5
Glycerol soja	KV	818	36	1	1	1875	34.1	31.1	28.5
Grasmeel	KV	926	119	0.66	0.74	2344	20.12	19.94	20.66
Graszaad	KV	863	47	0.63	0.61	1404	22.29	21.5	19.92
Grondnoot niet ontdopt	KV	942	28	0.85	0.79	2149	8.42	9.13	11.51
Grondnoot ontdopt	KV	932	22	0.87	0.93	4559	3.59	4.02	5.6
Grondnootschilfers ged ontdopt	KV	920	51	0.9	0.84	1434	17.63	17.72	20.03
Grondnootschilfers niet ontdopt	KV	933	41	0.89	0.78	1300	14.06	14.7	17.2
Grondnootschilfers ontdopt	KV	932	64	0.91	0.87	1434	18.05	17.96	20.11
Grondnootschroot ged ontdopt	KV	926	56	0.92	0.82	1181	17.8	17.96	20.33
Grondnootschroot niet ontdopt	KV	911	55	0.89	0.78	1090	17.8	17.96	20.33
Grondnootschroot ontdopt	KV	913	60	0.91	0.85	1181	21	20.85	23.26
Haver	KV	879	24	0.74	0.76	492	19.66	19.78	19.76
Haver gepeld	KV	888	20	0.79	0.9	668	21.08	20.8	20.42
Haverdoppen	KV	903	42	0.38	0.35	328	17	17	17
Havergries, brokjes	KV	903	42	0.38	0.35	778	20.1	20.4	22.1
Havermoutafvalmeel	KV	910	42	0.43	0.53	227	17.26	17.81	18.05
Havervoermeel	KV	886	24	0.71	0.75	447	18.92	19.22	19.35
Hennepzaad	KV	913	48	0.75	0.62	6713	9.88	9.96	11.33
Johannesbrood	KV	897	30	0.02	0.73	593	27.2	26.05	26.35
Kalksteentjes	KV	990	980	0	0.83	513	0	0	0
Katoenzaad niet ontdopt	KV	911	40	0.73	0.68	990	17.78	16.84	16.91
Katoenzaad ontdopt	KV	935	44	0.8	0.84	1404	10.38	10.09	11.31
Katoenzaadschilfers ged ontdopt	KV	933	60	0.79	0.7	807	15.89	15.94	17.4
Katoenzaadschilfers niet ontdopt	KV	921	51	0.77	0.66	664	15.81	16.03	17.58
Katoenzaadschilfers ontdopt	KV	932	63	0.8	0.74	1015	13.94	13.96	15.36
Katoenzaadschroot ged ontdopt	KV	896	63	0.79	0.69	727	17.51	17.69	19.87
Katoenzaadschroot niet ontdopt	KV	945	50	0.77	0.66	593	17.95	18.18	20.35
Katoenzaadschroot ontdopt	KV	898	65	0.8	0.72	921	17.36	17.4	19.51
Kokosschilfers	KV	907	61	0.72	0.82	952	18.71	19.08	20.92
Kokosschroot	KV	910	69	0.74	0.8	952	20.8	21.18	23.22
Krijt (fijn gemalen)	KV	990	980	0	0.83	1219	0	0	0
Lijnzaad (vlas)	KV	922	39	0.8	0.81	1407	8.56	9	10.72
Lijnzaad geplet bestendig	KV	922	40	0.8	0.81	1407	0	0	0
Lijnzaadschilfers	KV	922	58	0.85	0.78	829	18.44	18.58	21.03
Lijnzaadschroot	KV	872	55	0.85	0.77	754	20.63	20.65	23.16
Linzen	KV	873	30	0.84	0.88	1418	22.26	20.9	19.81
Lupine	KV	887	33	0.9	0.91	1164	21.35	20.97	22.69
Lupinehullen	KV	907	25	0.47	0.49	541	23.1	22.7	23.3
Luzerne meel	KV	913	104	0.68	0.65	1560	20.04	20.23	21.65
Magnesiumoxide	KV	1000	0	0	0.83	1058	0	0	0
Mais korrel droog	KV	863	12	0.59	0.89	- ⁵	- ⁵	- ⁵	- ⁵
Mais ontsloten	KV	876	13	0.6	0.9	600	22.65	22.91	21.17
Mais, geplet	KV	863	12	0.59	0.89	733	15.87	14.77	13.37
Maisglutenmeel	KV	899	17	0.95	0.94	356	16.64	15.22	13.34
Maisglutenvoer	KV	889	57	0.77	0.82	1004	20.34	19.76	19.37
Maiskiemschroot	KV	876	25	0.78	0.81	148	21.07	21.53	23.7
Maiskiemzemelschilfers	KV	896	44	0.69	0.85	160	20.17	19.83	20.06
Maiskiemzemelschroot	KV	875	39	0.7	0.84	264	21.2	21.54	23.47
Maisvlokken	KV	883	13	0.66	0.89	733	23.28	21.66	19.61
Maisvoermeel	KV	877	14	0.61	0.89	559	21.9	20.55	18.69

Naam	Voer- soort ¹	DS (g/kg)	RAS (g/kg)	VCRE ²	VCOS	g CO ₂ - eq/kg ³	EF CH ₄ bij 0% sm (g/kg ds)	EF CH ₄ bij 40% sm (g/kg ds)	EF CH ₄ bij 80% sm (g/kg ds)
Maisvoerschroot	KV	867	13	0.63	0.89	559	22.39	21.43	20.54
Maiszemelgrint	KV	894	23	0.65	0.79	757	22.14	21.43	20.54
Maiszetmeel	KV	892	1	0	0.96	387	23.92	21.99	22.72
Monocalciumfosfaat	KV	980	960	0	0.83	569	0	0	0
Moutkiemen	KV	916	50	0.76	0.71	6	21.58	20.74	21.47
Natrium-bicarbonaat	KV	1000	0	0	0.83	485	0	0	0
Nigerzaad	KV	916	47	0.79	0.76	3052	7.59	7.26	7.65
Palmpitschilfers	KV	923	43	0.75	0.76	648	16.86	17.38	18.58
Palmpitschroot	KV	893	39	0.76	0.76	648	19.72	20.85	23.51
Palmpitten	KV	938	20	0.62	0.86	2805	2.67	3.57	4.4
Premix	KV	1000	0	0.75	0.83	1176	0	0	0
Propyleenglycol, vloeibaar	KV	950	0	1	1	4647	20	20	20
Raapzaad onbehandeld	KV	925	38	0.78	0.83	2402	4.88	5.68	7.91
Raapzaadschilfers	KV	902	62	0.83	0.79	896	17.48	17.9	20.94
Raapzaadschroot	KV	890	74	0.85	0.78	800	18.88	19.36	22.7
Raapzaadschroot bestendig	KV	877	67	0.84	0.75	1055	17.94	17.86	18.61
Rijst met dop	KV	886	44	0.47	0.75	1888	18.77	18.1	16.97
Rijst ontdopt	KV	885	7	0.49	0.91	2717	22.73	21.29	19.68
Rijstafvallen	KV	912	153	0.43	0.42	281	11.99	12.41	12.18
Rijstevoerschroot	KV	901	108	0.64	0.7	471	15.95	15.64	15.05
Rijstvoermeel	KV	907	98	0.64	0.78	467	13.32	12.95	12.25
Rogge	KV	870	16	0.72	0.87	447	23.72	23.32	22.9
Roggegries	KV	872	50	0.77	0.78	407	20.05	20.44	22.07
Saffloerzaad	KV	907	28	0.68	0.45	1627	7.71	8.91	11.64
Saffloerzaadschilfers	KV	932	41	0.8	0.48	609	14.69	14.48	15.78
Saffloerzaadschroot	KV	918	48	0.79	0.52	658	19.23	18.64	18.82
Sesamzaad	KV	942	75	0.83	0.85	1915	6.61	6.68	7.85
Sesamzaadschilfers	KV	943	132	0.9	0.85	715	15.43	14.99	16.2
Sesamzaadschroot	KV	893	60	0.9	0.82	599	21.54	20.67	21.88
Snoepsiroop	KV	645	8	0.07	0.95	83	34.09	31.06	28.52
Sodagrain	KV	747	42	0.55	0.87	510	21.8	21.4	20.9
Soja eiwit concentraat	KV	920	6	0.9	0.9	7023	0	0	0
Sojabonen niet verhit	KV	899	50	0.9	0.88	3611	15.31	15.26	17.5
Sojabonen schillen	KV	885	46	0.58	0.84	- ⁵	- ⁵	- ⁵	- ⁵
Sojabonen verhit	KV	899	50	0.9	0.88	3615	15.07	15.03	17.33
Sojaschilfers	KV	916	64	0.91	0.91	4588	18.43	18.15	20.32
Sojaschroot bestendig	KV	873	62	0.89	0.9	4475	20.4	19.25	18.86
Sojaschroot	KV	879	65	0.91	0.91	- ⁵	- ⁵	- ⁵	- ⁵
Sorghum milocom	KV	872	15	0.49	0.85	1020	21.24	19.76	17.86
Sorghumglutenmeel	KV	900	32	0.89	0.89	818	18.3	17.29	16.17
Spelt	KV	888	30	0.63	0.79	454	23.35	22.97	22.52
Speltdoppen	KV	875	55	0.33	0.49	275	17	17	17
Suiker	KV	1000	0	0	1	527	34.09	31.06	28.52
Tapioca	KV	878	56	-0.5	0.84	840	23.9	23.14	21.96
Tapiocazetmeel	KV	880	1	1	0.94	1033	24.92	23.43	20.86
Tarwe	KV	867	15	0.74	0.89	454	23.35	22.97	22.52
Tarwe, geplet	KV	867	15	0.74	0.89	561	23.35	22.97	22.52
Tarweglutenmeel	KV	911	9	0.96	0.96	2953	17	15.74	16.21
Tarweglutenvoer gedroogd	KV	901	48	0.7	0.73	615	20.76	20.35	19.75
Tarwegries	KV	871	47	0.77	0.73	275	20.41	20.58	22.01
Tarwekiemen	KV	869	40	0.86	0.84	823	19.94	19.91	21.1
Tarwekiemzemelen	KV	866	40	0.83	0.82	823	20.6	20.6	21.64
Tarwestro, brokjes	KV	878	74	0.23	0.42	315	17	17	17
Tarwevoerbloem	KV	869	26	0.81	0.87	275	21.93	21.79	22.1
Tarwevoermeel	KV	870	43	0.79	0.77	275	20.86	20.92	22.08
Tarwezemelgrint	KV	869	53	0.76	0.68	448	20.23	20.3	21.74

Naam	Voer- soort ¹	DS (g/kg)	RAS (g/kg)	VCRE ²	VCOS	g CO ₂ - eq/kg ³	EF CH ₄ bij 0% sm (g/kg ds)	EF CH ₄ bij 40% sm (g/kg ds)	EF CH ₄ bij 80% sm (g/kg ds)
Triticale	KV	867	17	0.72	0.89	497	23.65	23.29	23.09
Ureum	KV	1000	0	1	1	1336	0	0	0
Veldboonhullen	KV	888	22	0.58	0.61	505	20.1	20.4	22.1
Verenmeel	KV	938	24	0	0	397	0	0	0
Vet best. palmolie bij-frac, gehard	KV	995	0	1	0.59	7392	-11.75	-10.95	-11.21
Vet best. palmolie bij-frac, verzeept	KV	995	124	1	0.76	6698	-10.69	-9.97	-10.2
Vet best. palmolie hfd-frac, gehard	KV	995	0	1	0.59	9374	-11.75	-10.95	-11.21
Vet best. palmolie hfd-frac, verzeept	KV	995	124	1	0.76	8452	-10.69	-9.97	-10.2
Vet best. raapolie bij-frac, gehard	KV	995	0	1	0.59	1168	-11.75	-10.95	-11.21
Vet best. raapolie bij-frac, verzeept	KV	995	124	1	0.76	1193	-10.69	-9.97	-10.2
Vet best. raapolie hfd-frac, gehard	KV	995	0	1	0.59	4696	-11.75	-10.95	-11.21
Vet best. raapolie hfd-frac, verzeept	KV	995	124	1	0.76	4314	-10.69	-9.97	-10.2
Vet dierlijk	KV	996	1	1	0.9	1217	-11.73	-10.94	-11.19
Vet/olie plantaardig hg VC	KV	995	0	1	0.95	5337	-11.75	-10.95	-11.21
Vet/olie plantaardig lg VC	KV	995	0	1	0.95	3841	-11.75	-10.95	-11.21
Vismeel	KV	913	165	0	0	1280	16.64	15.22	13.34
Vleesbeendermeel	KV	941	374	0	0	310	16.64	15.22	13.34
Zeezand gedroogd	KV	1000	0	0	0	2	0	0	0
Zonnebl.zaad ged ontdopt	KV	938	32	0.79	0.71	872	7.14	7.99	10.14
Zonnebl.zaad niet ontdopt	KV	940	29	0.76	0.58	1121	4.62	5.57	7.02
Zonnebl.zaad ontdopt	KV	915	37	0.82	0.84	1106	6.47	6.66	8.26
Zonnebl.zaadschilfers ged ontdopt	KV	923	58	0.86	0.66	482	14.01	14.61	17.13
Zonnebl.zaadschilfers niet ontdopt	KV	913	56	0.81	0.44	444	9.78	10.68	12.61
Zonnebl.zaadschilfers ontdopt	KV	926	63	0.87	0.72	526	16.71	17.1	19.88
Zonnebl.zaadschroot	KV	892	65	0.88	0.68	447	17.94	18.4	21.22
Zonnebloemzaadhullen	KV	907	34	0.4	0.18	609	23.1	22.7	23.3
Zout	KV	998	996	0	0	174	0	0	0
Overig graan	KV	876	23	0.68	0.83	568	21.94	21.22	20.4
Overig zaadgewas	KV	916	41	0.77	0.7	568	8.73	9.13	10.52
Overig peulvrucht	KV	886	34	0.84	0.86	839	22.07	21.38	22.02
Overig enkelvoudig	KV	901	52	0.75	0.8	1183	17.94	17.69	18.34
Overig mineralen	KV	990	282	0.75	0.83	1176	0	0	0
Kunstmelk	MP	964	48	0.89	0.93	6633	26.67	26.47	26.98
Melkpoeder mager	MP	951	79	0.92	0.95	15252	25.63	28.84	30.11
Melkpoeder vol	MP	949	59	0.89	0.95	13622	16.52	15.24	14.53
Weipoeder (droog)	MP	982	81	0.77	0.94	1563	29.64	27.83	27.95
Weipoeder (nat 60%)	MP	600	50	0.77	0.94	950	29.64	27.83	27.95
Weipoeder (nat 30%)	MP	300	25	0.77	0.94	428	29.64	27.83	27.95
Weipoeder (nat 6%)	MP	60	5	0.77	0.94	23	29.64	27.83	27.95
Weipoeder delac (droog)	MP	959	203	0.88	0.93	987	22.77	21.77	22.77
Weipoeder delac (nat 60%)	MP	600	111	0.89	0.94	950	29.64	27.83	27.95
Weipoeder delac (nat 30%)	MP	300	55	0.89	0.94	428	29.64	27.83	27.95
Weipoeder delac (nat 6%)	MP	60	11	0.89	0.94	23	29.64	27.83	27.95
Kaaswei	MP	38	4	0.86	0.94	1698	26.63	26.56	30.01
Overig melkproduct	MP	564	61	0.87	0.94	3008	27.15	26.14	26.67
Aardappeldiksap	BP	548	159	0.91	0.93	66	20.06	21.72	26.74
Aardappelpersvezels	BP	161	7	0.41	0.84	24	24.04	24.31	26.04
Aardappelschillen	BP	220	18	0.53	0.85	0	19.43	19.43	19.43
Aardappelsnippers	BP	212	7	0.4	0.88	0	22.22	21.17	20.50
Aardappelstoomschillen	BP	140	9	0.63	0.88	0	23.24	24.90	28.06
Aardappelzetmeel nat	BP	266	9	0.58	0.9	0	22.60	21.33	19.85
Aardappelzetmeel niet ontsloten	BP	451	8	0.99	0.93	0	22.93	21.36	19.18
Andijvie	BP	52	9	0.85	0.86	0	20.00	20.00	20.00
Appelen	BP	157	4	-0.2	0.88	0	20.00	20.00	20.00
Augurk	BP	49	4	0.63	0.79	0	20.00	20.00	20.00
Bierbostel	BP	242	11	0.8	0.64	0	15.68	15.50	15.50
Bietenblad	RV	182	57	0.6	0.73	0	20.00	20.00	20.00

Naam	Voer- soort ¹	DS (g/kg)	RAS (g/kg)	VCRE ²	VCOS	g CO ₂ - eq/kg ³	EF CH ₄ bij 0% sm (g/kg ds)	EF CH ₄ bij 40% sm (g/kg ds)	EF CH ₄ bij 80% sm (g/kg ds)
Bietenblad met kop	RV	160	32	0.79	0.82	0	20.00	20.00	20.00
Bietenperspulp	BP	248	19	0.61	0.88	1	24.62	24.53	26.17
Bietenstaartjes	RV	135	25	0.55	0.78	63	20.00	20.00	20.00
Bonenstro (Vicia)	RV	840	61	0.46	0.52	73	17.00	17.00	17.00
Bonenstro (Phas)	RV	863	98	0.62	0.61	146	17.00	17.00	17.00
CCM deel spil	RV	632	11	0.57	0.86	235	20.45	19.14	17.29
CCM met spil	RV	525	11	0.58	0.84	206	20.55	19.36	17.52
CCM zonder spil	RV	662	11	0.58	0.87	251	20.54	19.17	17.29
Cichorei loof	RV	175	60	0.34	0.58	0	20.00	20.00	20.00
Cichorei perspulp kuil	BP	232	22	0.53	0.84	0	24.79	24.49	25.73
Cichorei wortel getrokken schoon	BP	149	12	0.61	0.85	0	20.00	20.00	20.00
Cichorei wortel getrokken vuil	BP	122	21	0.61	0.85	0	20.00	20.00	20.00
Cichorei wortel niet getrokken	BP	200	20	0.49	0.92	0	20.00	20.00	20.00
Erwtenstro	RV	710	75	0.58	0.5	135	17.00	17.00	17.00
Gerstestro	RV	884	63	0.17	0.48	208	17.00	17.00	17.00
GPS-granen	RV	325	26	0.63	0.68	124	20.00	20.00	20.00
Graanspoeling nat	BP	73	4	0.84	0.83	0	17.62	17.62	17.62
Graszaadhooi	RV	844	64	0.36	0.54	57	17.00	17.00	17.00
Haverstro	RV	840	59	0.19	0.5	245	17.00	17.00	17.00
Klaver rode hooi	RV	830	83	0.61	0.59	206	19.53	19.48	20.99
Klaver rode kuil	RV	364	56	0.73	0.64	99	19.53	19.48	20.99
Klaver rode kunstmatig gedroogd	RV	899	104	0.62	0.68	1400	19.53	19.48	20.99
Klaver rode stro	RV	830	56	0.44	0.42	206	19.53	19.48	20.99
Komkommer	BP	58	6	0.57	0.8	0	20.00	20.00	20.00
Kool (bladkool)	BP	100	15	0.87	0.83	0	20.00	20.00	20.00
Kool (bloemkool)	BP	72	10	0.91	0.9	0	20.00	20.00	20.00
Kool (mergkool)	BP	120	16	0.84	0.83	0	20.00	20.00	20.00
Kool (rood/wit/sav.)	BP	105	12	0.85	0.85	0	20.00	20.00	20.00
Kool (spruitkool)	BP	162	14	0.87	0.88	0	20.00	20.00	20.00
Koolrapen	RV	110	14	0.67	0.88	0	20.00	20.00	20.00
Kroten rode biet	BP	136	11	0.58	0.89	0	20.00	20.00	20.00
Luzerne hooi	RV	872	88	0.67	0.62	211	19.53	19.48	20.99
Luzerne kuil	RV	403	57	0.73	0.65	100	19.53	19.48	20.99
Luzerne kunstmatig gedroogd	RV	903	106	0.67	0.63	1449	19.53	19.48	20.99
Maisglutenvoer kuil	BP	418	16	0.71	0.83	232	20.97	20.16	19.09
Maiskolvensilage	RV	553	9	0.58	0.86	227	20.51	20.51	20.51
Maisstro	RV	840	86	0.27	0.57	0	17.00	17.00	17.00
Maisweekwater	BP	476	84	0.87	0.91	919	21.99	23.32	28.47
Melasse suikerbiet	BP	787	90	0.73	0.9	114	30.01	28.71	30.70
Melasse suikerriet	BP	723	101	0.17	0.8	316	29.80	22.07	21.16
Paprika	BP	125	8	0.56	0.72	0	20.00	20.00	20.00
Peren	BP	165	4	-0.93	0.87	0	20.00	20.00	20.00
Prei	BP	100	10	0.8	0.83	0	20.00	20.00	20.00
Roggestro	RV	840	59	0.14	0.46	189	17.00	17.00	17.00
Sla	BP	61	11	0.82	0.85	0	20.00	20.00	20.00
Snijgraan kuil	RV	250	20	0.62	0.78	82	19.53	19.48	20.99
Spinazie	BP	94	17	0.84	0.85	0	20.00	20.00	20.00
Spruiten	BP	180	20	0.85	0.84	0	20.00	20.00	20.00
Suikerbieten	RV	260	49	0.27	0.9	41	25.00	25.00	25.00
Tarwestro	RV	878	73	0.23	0.42	245	17.00	17.00	17.00
Tomaten	BP	63	6	0.76	0.81	0	20.00	20.00	20.00
Uien/bollen	RV	118	16	0.75	0.9	0	20.00	20.00	20.00
Veldbonen (Vicia)	RV	326	28	0.7	0.64	370	21.40	21.40	21.40
Vinasse suikerbiet	BP	655	137	0.86	0.9	388	21.76	22.80	27.02
Voederbieten	RV	129	21	0.6	0.9	44	25.00	25.00	25.00
Voederbieten extern gereinigd	BP	139	13	0.62	0.9	50	25.00	25.00	25.00

Naam	Voer- soort ¹	DS (g/kg)	RAS (g/kg)	VCRE ²	VCOS	g CO ₂ - eq/kg ³	EF CH ₄ bij 0% sm (g/kg ds)	EF CH ₄ bij 40% sm (g/kg ds)	EF CH ₄ bij 80% sm (g/kg ds)
Voeraardappelen	RV	322	24	0.33	0.88	188	19.95	19.95	19.95
Wortelen / Winterpeen	RV	112	10	0.59	0.9	0	20.00	20.00	20.00
Wortelstoomschillen	BP	52	7	0.64	0.9	0	24.67	23.93	24.65
Overig graanstro	RV	861	64	0.19	0.46	222	17.00	17.00	17.00
Overig bladgroente	RV	105	14	0.67	0.88	0	20.00	20.00	20.00
Overig groente	RV	119	36	0.46	0.74	0	20.00	20.00	20.00
Overig ruwvoer	RV	355	32	0.67	0.65	123	19.43	19.31	19.41
Overig bijproduct	BP	336	40	0.75	0.87	75	21.35	21.11	21.60

¹ GK=graskuil; VG=vers gras; SM=snijmais; KV=krachtvoer; MP=Melkpoeder; RV=Overig ruwvoer, BP=Natte bijproducten.

² CVB, 2004; CVB, 200; CVB, 2011 en <http://www.cvbdiervoeding.nl/pagina/10081/downloads.aspx>.

³ per kg product; Feedprint versie maart 2020 (Vellinga *et al.*, 2013) en Nevedi-lijst 2019, excl. transport naar de boerderij en malen bij overig enkelvoudige producten.

⁴ wordt berekend, zie hoofdtekst.

⁵ wordt aangeleverd door leverancier of berekend/vaste waarde indien deze ontbreekt.



Bijlage 5 Emissiecoëfficiënten CO₂

Emissie van koolstofdioxide (direct en indirect) door gebruik van verschillende producten en processen in de bedrijfsvoering van het melkveebedrijf. Emissiecoëfficiënten uitgedrukt in CO₂-equivalenten per weergegeven eenheid.

Proces	Product	Specificatie	Bron	Omschrijving
Aanvoer	Transport	alle	Agri-footprint 5	Transport, truck >20t, EURO5, 50%LF, default/GLO Economic
Aanvoer	Kunstmest	stikstof als 100% ammonium	Agri-footprint 5	Ammonium sulphate, as 100% (NH ₄) ₂ SO ₄ (NPK 21-0-0), at regional storehouse/RER Economic
Aanvoer	Kunstmest	stikstof als 100% nitraat	Agri-footprint 5	Nitric acid, in water (60% HNO ₃) (NPK 13.2-0-0), at plant/RER Economic
Aanvoer	Kunstmest	stikstof als 100% ureum	Agri-footprint 5	Urea, as 100% CO(NH ₂) ₂ (NPK 46.6-0-0), at regional storehouse/RER Economic
Aanvoer	Kunstmest	stikstof als combinatie van ammonium met nitraat	Agri-footprint 5	Calcium ammonium nitrate (CAN), (NPK 26.5-0-0), at regional storehouse/RER Economic
Aanvoer	Kunstmest	stikstof als combinatie van ammonium en/of nitraat met ureum	Agri-footprint 5	Liquid urea-ammonium nitrate solution (NPK 30-0-0), at regional storehouse/RER Economic
Aanvoer	Kunstmest	stikstof in combinatie met fosfor en/of kali	Agri-footprint 5	Ammonia, as 100% NH ₃ (NPK 82-0-0), at plant/RER Economic
Aanvoer	Kunstmest	fosfaat	Agri-footprint 5	Triple superphosphate, as 80% Ca(H ₂ PO ₄) ₂ (NPK 0-48-0), at regional storehouse/RER Economic
Aanvoer	Kunstmest	kali	Agri-footprint 5	Potassium chloride (NPK 0-0-60), at regional storehouse/RER Economic
Aanvoer	Kunstmest	kalk, kalksteen	Agri-footprint 51	Lime fertilizer, at regional storehouse/RER Economic
Aanvoer	Kunstmest	kalk, dolomiet	Agri-footprint 5	Dolomite, milled, at mine/RER Economic
Aanvoer	Strooisel	stro	Agri-footprint 5	Wheat straw, at farm/NL Economic
Aanvoer	Strooisel	zaagsel	Ecoinvent 3	Saw dust, wet, measured as dry mass {RoW} suction, sawdust Cut-off, S
Aanvoer	Strooisel	kalk	Agri-footprint 5 IPCC 2006	Lime production + application
Aanvoer	Strooisel	overig		Average
Aanvoer	Vee	koeien	Agri-footprint 5	Cows for slaughter, at dairy farm, PEF compliant/NL IDF/Economic
Aanvoer	Vee	pinken	Agri-footprint 5	Cows for slaughter, at dairy farm, PEF compliant/NL IDF/Economic
Aanvoer	Vee	kalveren	Agri-footprint 5	Calves, at dairy farm, PEF compliant/NL IDF/Economic
Aanvoer	Vee	nuchter kalf	Agri-footprint 5	Calves, at dairy farm, PEF compliant/NL IDF/Economic
Aanvoer	Gewasbescherming	nematicide	Ecoinvent 3	Pesticide, unspecified {GLO} market for Cut-off, S
Aanvoer	Gewasbescherming	herbicide	Ecoinvent 3	Glyphosate {GLO} market for Cut-off, S
Aanvoer	Gewasbescherming	fungicide	Ecoinvent 3	Mancozeb {GLO} market for Cut-off, S

Proces	Product	Specificatie	Bron	Omschrijving
Aanvoer	Gewasbescherming	overige	Ecoinvent 3	Pesticide, unspecified {RER} production Cut-off, S
Aanvoer	Afdek materiaal	plastic	Ecoinvent 3	Packaging film, low density polyethylene {GLO} market for Cut-off, S
Energie	Kunstmatig drogen	grasbaal	Feedprint 2020	
Energie	Kunstmatig drogen	grasbrok	Feedprint 2020	
Energie	Kunstmatig drogen	snijmais	Feedprint 2020	
Energie	Kunstmatig drogen	overige ruwvoer	Feedprint 2020	
Energie				
Energie	Verbranding	diesel	Zijlema 2021	
Energie	Verbranding	natuurlijk gas	Zijlema 2021	
Energie	Verbranding	biogas	Zijlema 2021	
Energie	Verbranding	propaan	Zijlema 2021	
Energie	Verbranding	stookolie	Zijlema 2021	
Energie	Productie	elektrisch normaal	Ecoinvent 3, CBS	
Energie	Productie	elektrisch groen	Ecoinvent 3, CBS	
Energie	Productie	diesel	Ecoinvent 3	Diesel {RER} market group for Cut-off, S
Energie	Productie	natuurlijk gas	Ecoinvent 3	Natural gas, low pressure {CH} market for Cut-off, S
Energie	Productie	biogas	Ecoinvent 3	Biogas {CH} market for biogas Cut-off, S
Energie	Productie	propaan	Ecoinvent 3	Propane {GLO} market for Cut-off, S
Energie	Productie	olie	Ecoinvent 3	Heavy fuel oil {RER} market group for Cut-off, S
Energie	Indirect	elektriciteit	ELCD	Electricity mix, AC, consumption mix, at consumer, < 1kV EU-27 S
Energie	Indirect	gas	Agri-footprint 5	Combustion of natural gas, consumption mix, at plant/NL Economic
Energie	Indirect	kerosine	Agri-footprint 5	Energy, from diesel burned in machinery/RER Economic
Energie	Indirect	kolen	Ecoinvent 3	Heat, district or industrial, other than natural gas {RoW} heat production, at hard coal industrial furnace 1-10MW Cut-off, S
Energie	Aanvoer	water	Ecoinvent 3	Tap water {RER} market group for Cut-off, S
Energie	Productie elektriciteit	biomassa	Ecoinvent 3	Anaerobic digestion plant, agriculture, with methane recovery {RoW} construction Cut-off, S
Energie	Productie elektriciteit	wind	Ecoinvent 3	Electricity, high voltage {NL} electricity production, wind, 1-3MW turbine, onshore Cut-off, S
Energie	Productie elektriciteit	zon	Ecoinvent 3	Electricity, production mix photovoltaic, at plant/NL S
Toediening	Kalk	kalk, dolomiet	IPCC 2006	
Toediening	Kalk	kalk, kalksteen	IPCC 2006	
Toediening	Ureum	-	IPCC 2006	

Bijlage 6 Norm GVE per dier: gebaseerd op RVO- en WUM-fosfaatexcreties

Diergoep	Diersoort	GVE/dier
Melkvee (RVO)	Melkkoeien (cat. 100)	1
	Jongvee > 1 jaar (cat. 102)	0,530
	Jongvee < 1 jaar (cat. 101)	0,232
Overige graasdieren (RVO)	Fokstieren, > 1 jaar (cat. 104)	0,627
	Weide- en zoogkoeien (cat. 120)	0,651
	Startkalveren, rosé- of roodvlees (cat. 115)	0,082
	Rosékalveren, 3 mnd - slacht (cat. 116)	0,228
	Rosékalveren, 2 wkn - slacht (cat. 117)	0,184
	Roodvleesstieren, 3 mnd - slacht (cat. 122)	0,235
	Fokschapen, incl. lammeren (cat. 550)	0,08
	Vleeschapen, < 4 mnd (cat. 551)	0,007
	Overige schapen, > 4 mnd (cat. 552)	0,053
	Melkgeiten (cat. 600)	0,114
	Opfok- en vleesgeiten, < 4 mnd (cat. 601)	0,007
	Opfok- en vleesgeiten, > 4 mnd (cat. 602)	0,063
	Pony's (cat. 941)	0,315
	Paarden (cat. 943)	0,692
	Intensief (WUM 2018)	Kraamzeugen
Guste en dragende zeugen		0,334
Gespeende biggen		0
Vleesvarkens		0,102
Leghennen		0,01
Vleeskuikens		0,003
Witvleeskalveren		0,177

Bijlage 7 Berekenen van VC-OS waarden van mengvoeders in de KringloopWijzer

Vanaf KringloopWijzer versie 2021 wordt de VC-OS waarde van mengvoer anders berekend dan voorheen. In deze bijlage de achtergrond en de onderbouwing naar hernieuwde rekenwijze.

Introductie

In de KringloopWijzer wordt voor de berekening van de methaanproductie uit mest gebruik gemaakt van de VC-OS van voedermiddelen. Voor enkelvoudig geleverde voedermiddelen is de VC-OS bekend, hiervoor worden CVB-tabel waarden gebruikt (CVB Veevoedertabel 2021), of een vergelijkbaar alternatief als het voedermiddel niet in de CVB-tabel voorkomt.

Voor mengvoeders wordt deze waarde niet gesluit via de EDI-berichten. Er werd gebruik gemaakt van een vaste VC-OS waarde van 84% voor mengvoeders. Deze vaste waarde is eerder afgeleid uit de samenstelling van 3 standaard mengvoeders waarbij de VC-OS waarde van deze 3 standaard mengvoeders praktisch gelijk was. In de handreiking bedrijfsspecifieke excretie (BEX)² en de KringloopWijzer worden droge voedermiddelen die *niet* enkelvoudig worden geleverd onder mengvoer geschaard. Dat betekent dat een mengsel van 2 grondstoffen al onder de noemer mengvoer valt. Aan de benadering van een vaste VC-OS waarde voor mengvoeders kleefden twee belangrijke bezwaren:

- 1) De variatie in grondstoffsamenstelling van mengvoeders is veel groter dan van de eerdere geformuleerde 3 standaard productievoeders.
- 2) Doordat ook grondstoffenmengsels kunnen bestaan uit enkele grondstoffen (bijvoorbeeld twee of drie) is de variatie nog veel groter. In mengvoer met ca. 10 grondstoffen worden namelijk de extremen uitgemiddeld.

Door Jacob Goelema (Teamleader R&D Ruminants bij De Heus voeders) is duidelijk aangetoond dat er voor mengvoeders een substantiële spreiding in VC-OS waarden aanwezig is en ook dat er een duidelijke relatie is tussen de VC-OS waarde van een mengvoeder en gehalten aan VEM, P en RE. In deze notitie is de relatie tussen VC-OS en VEM, P, en RE geschat voor:

1. de voedermiddelen in de CVB Veevoedertabel en
2. een dataset van grondstofmengsels zoals deze gebruikt worden in de praktijk.

De in deze notitie gefitte relaties worden uiteindelijk gebruikt voor het voorspellen van de VC-OS waarden van mengvoeders en van meelmengsels.

Materiaal en Methodes

De mengvoedergrondstoffen uit de CVB Veevoedertabel waarvoor zowel een VC-OS als een VEM gehalte bekend is zijn geselecteerd (zie Bijlage 7A voor gebruikte mengvoedergrondstoffen). Dit resulteerde in een dataset van 177 voedermiddelen (waarbij voor voedermiddelen die zijn ingedeeld in klassen zoals sojaschroot, elke klasse als een apart voedermiddel geldt). Daarbij zijn 3 modellen, toenemend in complexiteit, op de data gefit:

Model 1:

$$\text{VC-OS (\%)} = B_0 + B_1 \times \text{VEM (g/kg)} + \text{error}$$

Model 2:

$$\text{VC-OS (\%)} = B_0 + B_1 \times \text{VEM (g/kg)} + B_2 \times \text{P (g/kg)} + \text{error}$$

²

<https://www.rvo.nl/sites/default/files/2019/07/20190719%20Handreiking%20Bedrijfsspecifieke%20excretie%20melkvee%202019.pdf>

Model 3:

$$VC\text{-}OS (\%) = B_0 + B_1 \times VEM (\text{g/kg}) + B_2 \times P (\text{g/kg}) + B_3 \times P^2 (\text{g/kg}) + \text{error}$$

Ook is er getoetst of RE-gehalte als verklarende variabele in staat was om naast VEM-gehalten en P-gehalte variatie in VC-OS te voorspellen in de dataset van voedermiddelen in de CVB Veevoedertabel 2021 maar dit bleek niet het geval. Resultaten van modellen met RE-gehalte worden daarom ook niet weergegeven in deze studie.

Verder is ook gekeken naar verschillende subsets van data waarbij voedermiddelen met hoge standard residuals zijn weggelaten. Uiteindelijk is ervoor gekozen om het definitief voorgestelde model (model 3) te baseren op alleen data van voedermiddelen met RVET-gehalten van minder dan 130 g/kg en met weglating van 4 voedermiddelen die uitbijters waren. Dit resulteerde in een definitieve dataset met 135 voedermiddelen. Deze dataset is weergegeven in de bijlage.

De modelresultaten gebaseerd op de dataset van CVB Veevoedertabel 2021 dataset zijn vervolgens gevalideerd op een dataset van mengvoersamenstellingen (bestaande uit een mengsel van voedermiddelen) gebruikt in de praktijk. Deze dataset is ter beschikking gesteld door de Heus en bestaat uit een dataset met 1095 grondstofmengsels die gemaakt worden in 2 fabrieken. Deze 1095 grondstofmengsels bestaan uit droge mengvoergrondstoffen waaraan vloeibare pershulpmiddelen zoals melasse en vinasse zijn toegevoegd, benevens mineralen/premixen en in een aantal gevallen vetachtige producten zoals palmolie, sojaolie of vetzuren daarvan.

In Tabel B7.1 staan de gemiddelde gehalten van de definitieve dataset met voedermiddelen uit de CVB Veevoedertabel 2021 die gebruikt is voor het vaststellen van de definitieve formule om VC-OS te voorspellen en de gemiddelde gehalten van de Heus dataset die gebruikt is om de formule te valideren.

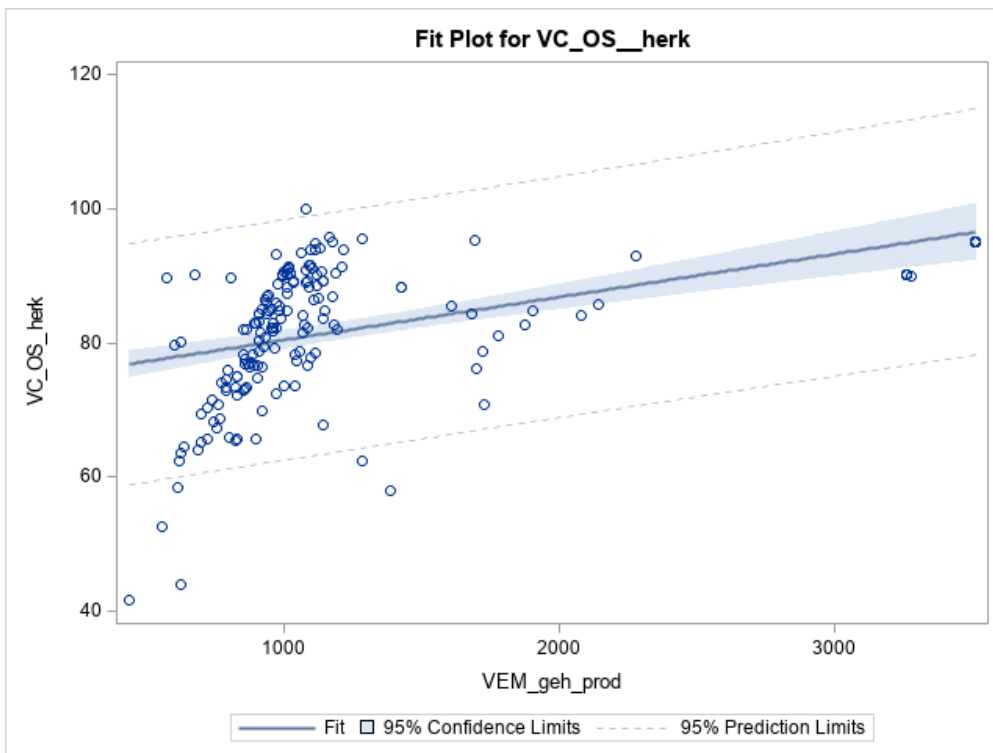
Tabel B7.1 Gemiddelde gehalten (\pm standaarddeviatie) van de definitieve dataset met voedermiddelen uit de CVB Veevoedertabel 2021 die gebruikt is voor het vaststellen van de definitieve formule om VC-OS te voorspellen en de gemiddelde gehalten van de Heus dataset die gebruikt is om de formule te valideren.

Dataset	Nutrient	n	Gemiddelde	Minimum	Maximum
CVB	DS (g/kg)	135	894 \pm 34.1	721	1000
	RE (g/kg)		228 \pm 170.4	0	872
	P (g/kg)		5.5 \pm 3.85	0	19.6
	VEM (/kg)		946 \pm 153.1	434	1284
	VC-OS (%)		81.3 \pm 9.40	41.8	100
De Heus	DS (g/kg)	1095	882 \pm 8.3	862	917
	RE (g/kg)		196 \pm 87.0	68	439
	P (g/kg)		4.1 \pm 1.84	0.5	10.2
	VEM (/kg)		973 \pm 52.9	794	1276
	VC-OS (%)		85.3 \pm 3.00	74.6	90.8

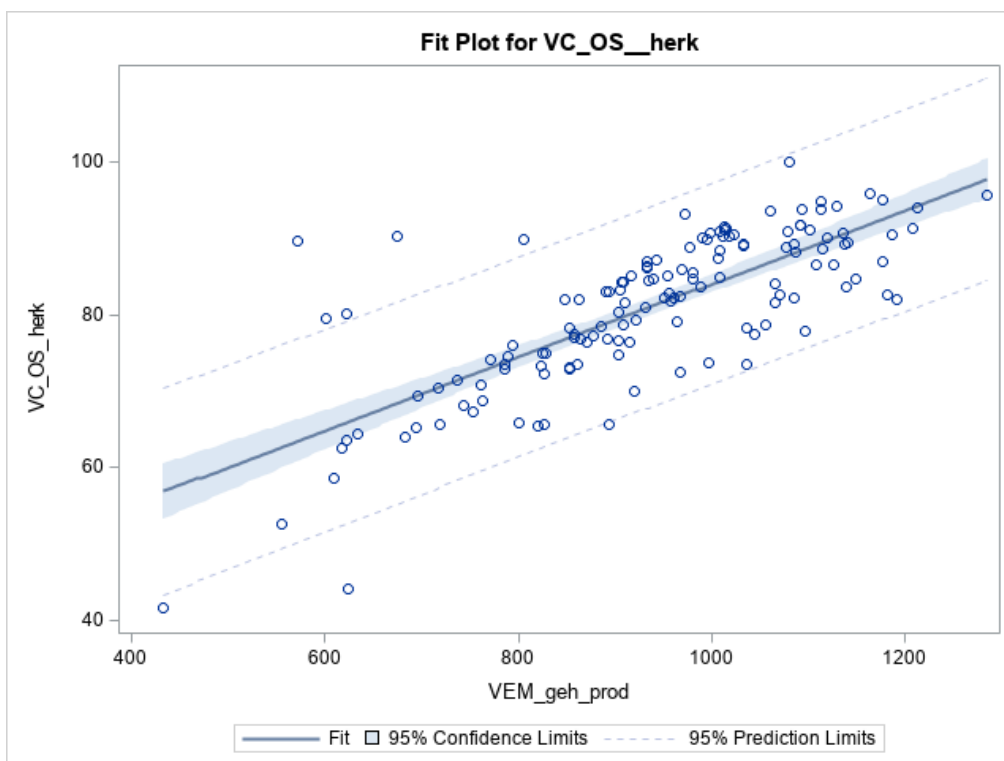
Resultaten en Discussie

Uit een eerste analyse tussen het VEM-gehalte en VC-OS-waarde van voedermiddelen uit de CVB-Veevoedertabel blijkt dat er een sterk lineair verband is tussen VEM-gehalte en VC-OS voor voedermiddelen met een VEM-gehalte lager dan 1200 VEM per kg product (Figuur B7.1).

Voedermiddelen met VEM-gehalten hoger dan 1200 VEM zijn in het algemeen vetrijke producten zoals pure vetten/oliën en vetrijke producten zoals oliezaden. Daarom is er voor gekozen om vetrijke producten met RVET(h) gehalten hoger dan 130 g/kg product uit te sluiten. Dit resulteerde in een sterke lineaire relatie tussen VC-OS en VEM-gehalte (Figuur B7.2). De producten met RVET(h) gehalten hoger dan 130 g/kg waren: rijstevoermeel, katoenzaad, sojabonen, volle melkpoeder, aardappelchips, katoenzaad, hennepzaad, grondnoten, zonnebloemzaad, lijnzaad, nigerzaad, sesamzaad, raapzaad, zonnebloemzaad, palmpitten, en pure vetten/oliën.



Figuur B7.1 Relatie tussen VC-OS (%) en VEM-gehalte (/kg product) voor mengvoedergrondstoffen uit de CVB Veevoedertabel 2021 ($n = 175$). $VC-OS (\%) = 74.1 \pm 1.31 + 0.00639 \pm 0.000892 \times VEM (/kg)$. $R^2 = 0.229$, $\%CV = 11.0$, $RMSE = 9.05$, gemiddelde VC-OS-waarde van dataset is 82.1%.



Figuur B7.2. Relatie tussen VC-OS (%) en VEM-gehalte (/kg product) voor mengvoedergrondstoffen uit de CVB Veevoedertabel 2021 met een RVET-gehalte lager dan 130 g/kg ($n = 139$). $VC-OS (\%) = 36.1 \pm 3.29 + 0.0479 \pm 0.00346 \times VEM (/kg)$. $R^2 = 0.583$, $\%CV = 8.1$, $RMSE = 6.57$, gemiddelde VC-OS-waarde van dataset is 81.0%.

Vervolgens is op de dataset met voedermiddelen uit de CVB Veevoedertabel met RVET-gehalten lager dan 130 g/kg (met 139 observaties) model 2 gefit:

Model 2:

$VC\text{-}OS (\%) = 40.9 \pm 3.23 + 0.0465 \pm 0.00324 \times VEM (/kg) - 0.641 \pm 0.1361 \times P (g/kg)$. N = 139, $R^2 = 0.641$, %CV = 7.6, RMSE = 6.11, gemiddelde VC-OS-waarde van dataset is 81.0%.

Model 2 resulteert dus in een verbeterde modelfit waarbij zowel het effect van VEM-gehalte als P-gehalte significant is. Toevoegen van het RE-gehalte (model 3) als derde verklarende variabele resulteerde niet in een verbeterde modelfit en ook was het effect van RE-gehalte niet significant ($P=0.843$).

Verder bleek er een kwadratisch effect van P op VC-OS:

Model 3:

$VC\text{-}OS (\%) = 42.9 \pm 2.98 + 0.0485 \pm 0.00299 \times VEM (/kg) - 2.411 \pm 0.3605 \times P (g/kg) + 0.1289 \pm 0.02463 \times P^2 (g/kg)$. N = 139, $R^2 = 0.702$, %CV = 6.91, RMSE = 5.59, gemiddelde VC-OS-waarde van dataset is 81.0%.

Er bleken 4 duidelijke uitbijters aanwezig te zijn met studentized residuals groter dan 2.5 of kleiner dan -2.5. Dit waren zonnebloemzaadschilfers (studentized residual van -3.6), havermoutafvalmeel (studentized residual van -2.6), en de twee kwaliteiten bietvinasse (studentized residuals van 3.3 en 4.0). In het geval deze observaties werden verwijderd bleek de volgende relatie voor model 3.

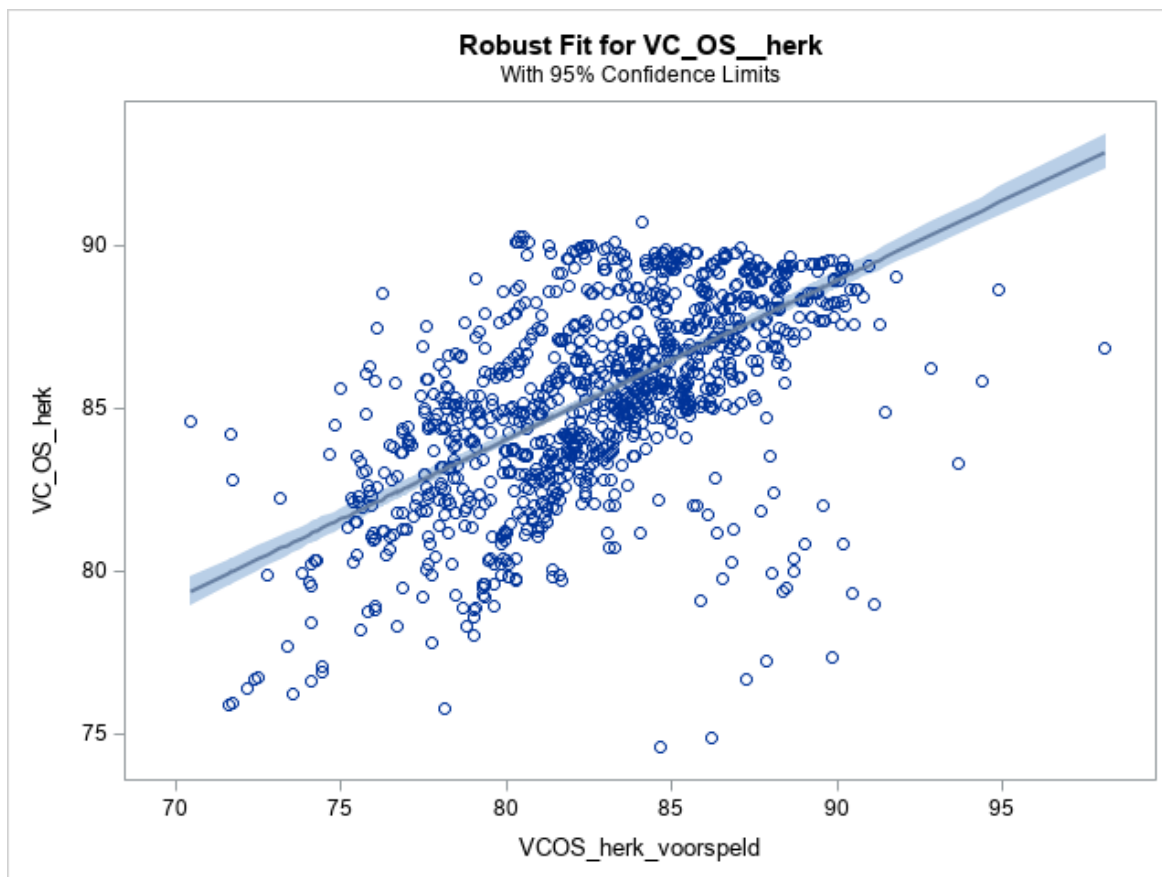
Model 3 zonder uitbijters:

$VC\text{-}OS (\%) = 41.8 \pm 2.71 + 0.0489 \pm 0.00267 \times VEM (/kg) - 2.186 \pm 0.30260 \times P (g/kg) + 0.1167 \pm 0.02057 \times P^2 (g/kg)$. N = 135, $R^2 = 0.761$, %CV = 5.71, RMSE = 4.65, gemiddelde VC-OS-waarde van dataset is 81.3%.

In model 3 zonder uitbijters blijkt dat het P-gehalte een belangrijke verklarende variabele is. Het is echter de vraag of P-gehalte gebruikt kan worden in mengvoersamenstellingen omdat in mengvoersamenstellingen in een aantal gevallen ook anorganisch fosfaat wordt toegevoegd wat kan leiden tot een onjuiste voorspelling van de VC-OS waarde. Echter, in de gebruikte mengvoersamenstellingen van de Heus is het gebruik van anorganische fosfaatbronnen zeer beperkt gehouden i.v.m. het Voerspoor convenant waarin met Nederlandse mengvoerleveranciers is overeengekomen om P gehalten van mengvoersamenstellingen beneden de 4.3 g/kg te houden. Daarom is de kans zeer klein dat toepassing van anorganisch fosfaat een verstrend effect geeft op de voorspellingen.

Een tweede doel van deze studie is om de uitkomsten van model 3 zonder uitbijters te valideren op in de praktijk gebruikte mengvoersamenstellingen.

Daarom zijn de geobserveerde VC-OS waarden van de Heus (afhankelijke variabele; y) uitgezet tegen de met model 3 (zonder uitbijters) voorspelde VC-OS waarden (onafhankelijke variabele; x) d.m.v. de PROC ROBUSTREG procedure van SAS. De reden om te kiezen voor de ROBUSTREG procedure i.p.v. de gebruikelijke lineaire regressiemethode is het feit dat er een aantal mengvoerobservaties in de de Heus dataset aanwezig waren die duidelijk afwijkend waren van andere mengvoersamenstelling zoals blijkt uit een visuele analyse van Figuur B7.1. De uitkomsten van de regressie zijn weergegeven in Fig. B7.3.



Figuur B7.3. Relatie tussen geobserveerde VC-OS waarden (%) (y-as) en voorspelde VC-OS waarden (%) (x-as) voor de dataset van de Heus mengvoerders. De doorgetrokken lijn is de relatie zoals voorspeld d.m.v. de PROC ROBUSTREG methode van SAS. $VC\text{-}OS\text{ geobserveerd (\%)} = 44.9 \pm 1.45 + 0.490 \pm 0.0175 \times VC\text{-}OS\text{ voorspeld (\%)}$. $R^2 = 0.330$. Gemiddelde geobserveerde VC-OS waarde is 85.3% en de gemiddelde voorspelde VC-OS waarde is 82.8%.

Uit Figuur B7.3 blijkt dat 33% van de variatie in VC-OS in mengvoersamenstellingen voorspeld wordt met model 3. Daarnaast blijkt dat de gemiddelde voorspelde VC-OS waarde een absolute 2.5% lager ligt dan de gemiddelde geobserveerde VC-OS waarde van de mengvoersamenstelling van de de Heus dataset. Dit kan verklaard worden uit verschillen in samenstelling van de mengvoersamenstellingen waarbij een aantal voedermiddelen veel gebruikt worden en daardoor ook een groot effect hebben op de gemiddelde geobserveerde VC-OS waarde.

Een pragmatische oplossing kan zijn om in de regressieformule van model 3 een extra interceptwaarde van +2.5 op te nemen. Dit zorgt ervoor dat dan in ieder geval de gemiddelde geobserveerde VC-OS waarde overeenkomt met de voorspelde VC-OS waarde. Wanneer de waarde 2.5 wordt opgenomen dan wordt de aangepaste formule als volgt:

$$VC\text{-}OS = 44.3 + 0.0489 \times VEM\text{ (/kg)} - 2.186 \times P\text{ (g/kg)} + 0.1167 \times P^2\text{ (g/kg)}.$$

In het geval bovenstaande aangepaste formule wordt toegepast op 979 melkveebedrijven in het jaar 2019 dan blijkt dat gebruik van de nieuwe aangepaste formule t.o.v. de formule van 2020 resulteert in een 1% lagere emissie van CH₄ uit mest (nieuwe berekende CH₄-emissie t.o.v. de berekende CH₄-emissie versie 2020 is 99%, min-max: 90 – 104%).

Concluderend kan gezegd worden dat met de ontwikkelde regressieformule 33% van variatie in VC-OS van mengvoersamenstellingen gebruikt in de praktijk voorspeld kan worden. Deze hoeveelheid verklaarde variatie is niet groot maar in elk geval een substantiële verbetering t.o.v. het gebruik van een gemiddelde VC-OS waarde voor alle mengvoersamenstellingen.

Wouter Spek

Wageningen Livestock Research, 13-9-2021

Referenties

CVB Veevoedertabel 2021. www.cvbdiervoeding.nl.

Handreiking BEX 2020. Handreiking bedrijfsspecifieke excretie. Ministerie LNV.

<https://www.rvo.nl/sites/default/files/2019/07/20190719%20Handreiking%20Bedrijfsspecifieke%20excretie%20melkvee%202019.pdf>.

Bijlage 7A Overzicht mengvoedergrondstoffen CVB

Veevoedertabel 2021 gebruikt voor de analyse

mengvoedergrondstof	klasse-naam	subklasse-naam	VC-OS (%)	RVET(h) (g/kg)	RE (g/kg)	P (g/kg)	VEM (/kg)
Suiker			100.0	0	0	0.0	1080
Melasse, riet-,	SUI < 475 g/kg		79.6	1	51	0.7	601
Melasse, riet-,	SUI > 475 g/kg		80.1	1	41	0.6	623
Aardappelzetmeel, gedroogd			93.8	1	6	0.7	1092
Tapiocazetmeel			94.1	2	11	0.4	1129
Aardappelvezels, gedroogd	CP < 90 g/kg		82.1	2	61	1.0	863
Melasse, biet-			89.8	2	98	0.5	805
Aardappelvezels, gedroogd	RE 90 - 130 g/kg		81.9	4	96	1.3	848
Aardappelen, gedroogd			85.0	4	93	2.4	953
Tapioca, gedroogd	ZETew 680 - 730 g/kg		85.0	4	23	0.9	917
Tapioca, gedroogd	ZETew 630 - 680 g/kg		84.3	5	23	0.7	907
Tapioca, gedroogd	ZETew < 630 g/kg		82.9	5	23	0.7	894
Maïszetmeel			95.7	5	6	0.4	1164
Bataten, gedroogd			84.7	6	40	1.3	940
Bietenpulp, gedroogd	SUI > 200 g/kg		87.1	7	102	0.7	942
Bietenpulp, gedroogd	SUI 150 - 200 g/kg		86.9	7	97	0.7	933
Weipoeder			93.8	8	130	6.1	1112
Johannesbrood			73.5	8	42	0.5	785
Bietenpulp, gedroogd	SUI 100 - 150 g/kg		86.4	8	88	0.7	932
Rijst	ontdopt, gepolijst		90.9	8	78	0.9	1078
Grondnootschroot	ged. ontdopt, RC 75 - 145 g/kg		82.2	9	529	6.5	950
Bietenpulp, gedroogd	SUI < 100 g/kg		86.0	9	75	0.8	933
Zonnebloemzaadschroot	ged. ontdopt, RC 150 - 195 g/kg		72.9	9	368	11.6	786
Melkpoeder, mager			94.7	10	356	10.2	1113
Paardebonen, witbloeiend			90.2	10	264	5.1	1012
Erwten			90.5	10	201	3.8	1023
Caseine			94.9	11	872	5.3	1176
Grondnootschroot	ontdopt, RC < 75 g/kg		85.4	12	456	6.4	981
Paardebonen bontbloeiend			90.3	12	254	5.1	1019
Maïsvoerbloem			91.6	12	76	0.7	1092
Linzen			88.4	13	230	3.8	1009
Sojaschroot	HiPro RC < 45 g/kg	RE > 485 g/kg	91.4	13	489	6.5	1013
Sojaschroot	HiPro RC < 45 g/kg	RE < 485 g/kg	91.3	13	469	6.7	1016
Triticale			89.3	13	103	3.2	1032
Rogge			87.3	13	93	3.1	1007
Rijstevoerschroot			70.3	15	143	16.5	717
Sojaschroot	RC > 70 g/kg		90.6	15	421	5.8	999
Sojaschroot	RC 45 - 70 g/kg	RE < 450 g/kg	90.8	15	436	5.9	1008
Tarwe			89.1	15	110	3.0	1033

mengvoedergrondstof	klasse-naam	subklasse-naam	VC-OS (%)	RVET(h) (g/kg)	RE (g/kg)	P (g/kg)	VEM (/kg)
Sojaschroot	RC 45 - 70 g/kg	RE > 450 g/kg	91.1	15	467	6.4	1012
Zonnebloemzaadschroot	niet ont, RC > 245 g/kg		58.5	16	272	9.7	610
Sesamzaadschroot			81.5	16	430	12.9	910
Sojaschroot bestendig: CovaSoy			90.0	16	462	6.4	991
Sojabonenschillen	RC > 360 g/kg		83.0	16	101	1.1	890
Palmpitschroot	RC > 190 g/kg		70.8	16	150	5.9	761
Zonnebloemzaadschroot	ged. ont. RC 195-245 g/kg		65.2	16	308	10.6	694
Cichoreipulp, gedroogd			84.3	17	83	1.2	908
Bonen (Phaseolus), verhit			88.8	16	229	4.6	977
Luzernemeel/-brok	RE < 140 g/kg		62.5	18	100	2.4	617
Raapzaadschroot	RE > 370 g/kg		78.2	18	383	10.6	852
Sojaschroot bestendig: Mervobest soja			89.8	17	454	5.7	995
Moutkiemen	RE < 200 g/kg		65.6	18	186	5.0	720
Moutkiemen	RE > 200 g/kg		76.9	18	218	5.6	858
Gerst			84.7	18	102	3.2	980
Rijst	ruw, met dop		74.9	19	73	2.6	825
Aardappeleiwit	RAS > 10 g/kg		88.2	20	773	2.0	1086
Aardappeleiwit	RAS < 10 g/kg		88.6	20	797	1.6	1115
Citruspulp			85.9	21	64	1.0	969
Sojabonenschillen	RC 320 - 360 g/kg		83.3	21	105	1.2	905
Luzernemeel/-brok	RE 140 - 160 g/kg		63.5	22	152	2.5	622
Kokoschroot			80.2	23	227	5.7	904
Palmpitschroot	RC < 190 g/kg		76.4	24	158	6.0	871
Grasmeel/-brok	RE < 140 g/kg		71.5	25	122	3.2	737
Luzernemeel/-brok	RE 160 - 180 g/kg		64.5	25	168	2.7	633
Tarwemaalderijproducten	Tarwebloem		91.6	24	141	4.0	1092
Biergist, gedroogd			78.6	26	459	10.6	909
Katoenzaadschroot	ged. ontd. RC 140-200 g/kg		68.7	25	364	10.2	763
Maïskiemenschroot			80.9	26	226	5.2	932
Sorghum			84.8	28	87	2.7	1008
Raapzaadschroot	RE < 370 g/kg		77.5	28	339	10.5	857
Sojabonenschillen	RC < 320 g/kg		84.4	28	129	1.7	935
Luzernemeel/-brok	RE > 180 g/kg		69.5	29	191	2.8	697
Tarwemaalderijproducten	Tarwezemelen		64.0	29	142	12.3	683
Katoenzaadschroot	ontdopt, RC < 140 g/kg		72.3	31	437	10.7	826
Raapzaadschroot bestendig, Mervobest			75.0	30	333	10.9	828
Lijnzaadschroot			76.8	30	320	8.4	864
Grasmeel/-brok	RE 140 - 160 g/kg		74.1	32	151	3.6	770
Tarwemaalderijproducten	Tarwezemelgrint		68.2	32	149	10.6	744
Roggegries			78.4	32	141	4.4	885
Maïsvoerschroot			88.9	33	86	3.9	1076
Maïsglutenvoer	RE < 200 g/kg		82.9	35	185	9.5	956

mengvoedergrondstof	klasse-naam	subklasse-naam	VC-OS (%)	RVET(h) (g/kg)	RE (g/kg)	P (g/kg)	VEM (/kg)
Katoenzaadschroot	niet ontdopt, RC > 200 g/kg		65.9	38	296	10.8	800
Grasmeel/-brok	RE 160 - 200 g/kg		74.6	38	177	3.8	789
Tarwemaalderijproducten	Tarwegries		73.3	36	152	9.6	824
Tarwemaalderijproducten	Tarwevoermeel		77.1	36	154	8.6	878
Weipoeder, melksuikerarm	RAS > 210 g/kg		93.2	41	217	19.6	972
Maïs			89.1	37	75	2.5	1085
Gerstevoermeel			67.2	38	118	4.1	754
Tarwemaalderijproducten	Tarwevoerbloem		83.7	38	153	5.5	989
Tarweglutenvoer, gedroogd	RAS < 40 g/kg		79.3	38	144	6.3	922
Grasmeel/-brok	RE > 200 g/kg		76.0	40	208	3.9	795
Maïsglutenvoer	RE 200 - 230 g/kg		82.3	40	205	9.6	968
Millet (gierst)			76.7	40	111	2.8	904
Maïs, ontsloten			90.1	40	78	2.9	1120
Maïszemelgrint			79.1	41	93	4.7	964
Maïsglutenvoer	RE > 230 g/kg		82.1	41	240	9.5	961
Haver			76.4	43	100	3.0	916
Millet (parelgierst)			84.1	45	122	3.3	1065
Havervoermeel			74.8	44	91	3.6	903
Gersteslijpmeel			73.2	45	133	6.3	853
Tarweglutenvoer, gedroogd	RAS > 60 g/kg		76.7	46	160	10.1	892
Tarwekiemzemelen			81.7	46	179	9.1	958
Lupinen	RE > 335 g/kg		91.1	46	360	3.5	1101
Tarweglutenvoer, gedroogd	RAS 40 - 50 g/kg		73.4	50	156	8.8	862
Weipoeder, melksuikerarm	RAS < 210 g/kg		93.5	53	252	14.7	1061
Tarweglutenvoer, gedroogd	RAS 50 - 60 g/kg		73.0	51	167	9.6	853
Rijstafvallen			41.8	52	68	11.0	434
Lupinen	RE < 335 g/kg		90.6	52	303	3.4	1135
Sorghumglutenmeel			89.2	54	430	3.0	1138
Broodmeel			89.3	54	124	1.9	1141
Tarweglutenmeel			95.5	57	781	1.8	1284
Katoenzaadschilfers	niet ontdopt, RC > 210 g/kg		65.7	61	307	10.3	827
Maïsglutenmeel			93.9	60	604	4.6	1213
Haver, gepeld			90.4	63	129	4.3	1187
Maïsvoermeel			86.5	63	89	4.0	1108
Bierbostel, gedroogd			65.4	67	248	4.6	821
DDGS, Tarwe			82.7	68	324	8.4	1071
Katoenzaadschilfers	ged. ontdopt, RC 140 - 210 g/kg		70.0	74	363	10.2	919
Lijnzaadschilfers			78.3	80	340	8.2	1036
Grondnootschilfers	ontdopt, RC < 75 g/kg		87.0	81	476	4.8	1176
Sojaschilfers			91.4	81	439	6.3	1208
Palmpitschilfers	RC > 180 g/kg		73.7	85	152	5.7	996
Palmpitschilfers	RC < 180 g/kg		77.4	85	159	5.9	1044
Kokoschilfers	RVET < 100 g/kg		81.6	85	204	5.5	1066
Grondnootschilfers	ged. ontdopt, RC 75 - 145 g/kg		83.6	87	423	4.7	1139

mengvoedergrondstof	klasse-naam	subklasse-naam	VC-OS (%)	RVET(h) (g/kg)	RE (g/kg)	P (g/kg)	VEM (/kg)
Zonnebloemzaadschilfers	ontdopt, RC < 200 g/kg		72.5	88	335	11.3	968
Tarwekiemen			86.6	85	264	7.9	1125
Grondnootschilfers	niet ontdopt, RC > 145 g/kg		77.8	97	346	4.8	1096
Zonnebloemzaadschilfers	ged. ontdopt, RC 200 - 315 g/kg		65.7	96	298	10.0	893
Maïspoeling, gedroogd			82.1	98	260	8.0	1085
Raapzaadschilfers			78.6	101	315	10.2	1055
Katoenzaadschilfers	ontdopt, RC < 140 g/kg		73.6	105	416	11.2	1036
Sesamzaadschilfers			84.7	115	451	9.8	1148
Kokosschilfers	RVET > 100 g/kg		81.9	122	210	5.4	1191
DDGS, Maïs			82.7	129	268	8.2	1182

Correspondentie adres voor dit rapport:

Postbus 16
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
www.wur.nl/plant-research

Rapport WPR-1119

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 5.000 medewerkers en 12.000 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.

