

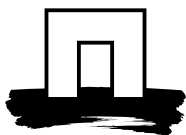
Rekenregels van de KringloopWijzer

- versie 4 maart 2014 -

Achtergronden van BEX, BEA, BEN, BEP en BEC

J.J. Schröder, L.B. Šebek, J.W. Reijs, J. Oenema, R.M.A. Goselink, J.G. Conijn & J. de Boer





Rekenregels van de KringloopWijzer

- Versie 4 maart 2014 -

Achtergronden van BEX, BEA, BEN, BEP en BEC

J.J. Schröder, L.B. Šebek, J.W. Reijs, J. Oenema, R.M.A. Goselink, J.G. Conijn & J. de Boer

© 2014 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Plant Research International. 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 DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Plant Research International, Agrosysteemkunde.

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

Exemplaren van dit rapport kunnen bij de (eerste) auteur worden besteld. Bij toezending wordt een factuur toegevoegd; de kosten (incl. verzend- en administratiekosten) bedragen € 50 per exemplaar.

Plant Research International, onderdeel van Wageningen UR Business Unit Agrosysteemkunde

Adres : Postbus 616, 6702 AP Wageningen
: Wageningen Campus, Droevendaalsesteeg 1, Wageningen
Tel. : 0317 – 48 10 47
Fax : 0317 – 41 80 94
E-mail : info.pri@wur.nl
Internet : www.wageningenUR.nl/pri

Inhoudsopgave

	pagina
1. Inleiding	1
1.1 Waarom een KringloopWijzer?	1
1.2 De kringlopen in meer detail	2
1.3 Bronnen van N-verlies	5
1.4 Benuttingen	6
1.4.1 Algemeen	6
1.4.2 Benutting op bedrijfsniveau	7
1.4.3 Benutting op dierniveau	7
1.4.4 Benutting op mestniveau	7
1.4.5 Benutting op bodemniveau	7
1.4.6 Benutting op (ruwvoer)gewasniveau	8
1.5 Beperkingen van de KringloopWijzer	8
1.6 Leeswijzer	8
2. Kengetallen	9
2.1 BEX	9
2.1.1 Inleiding	9
2.1.2 Berekeningswijze	9
2.1.3 Kanttekeningen bij BEX	20
2.2 BEA	22
2.2.1 Inleiding	22
2.2.2 Berekeningswijze	22
2.2.3 Kanttekeningen bij BEA	32
2.3 BEN: bedrijfsspecifieke N stromen	34
2.3.1 Inleiding	34
2.3.2 Berekeningswijzen	34
2.3.3 Kanttekeningen bij BEN	48
2.4 BEP: bedrijfsspecifieke P-stromen	50
2.4.1 Inleiding	50
2.4.2 Berekeningswijze	51
2.4.3 Kanttekeningen bij BEP	52
2.5 BEC: bedrijfsspecifieke C stromen	52
2.5.1 Inleiding	52
2.5.2 Berekeningswijzen	54
2.5.3 Kanttekeningen bij BEC	68
Referenties	69
Bijlage I. Acronymenlijst	6 pp.
Bijlage II. Gevraagde gegevens om onderdeel BEN en BEC (organische stof balans) van de KLW te kunnen berekenen	1 p.
Bijlage III. Rekenmethodiek voor methaanemissie uit dieren volgens TIER 3 (concept)	2 pp.

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 deel van de C in voedsel niet vastgelegd in het 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 landbouwers N-, P- en C-stromen beheren. 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 broeikaseffect 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 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.

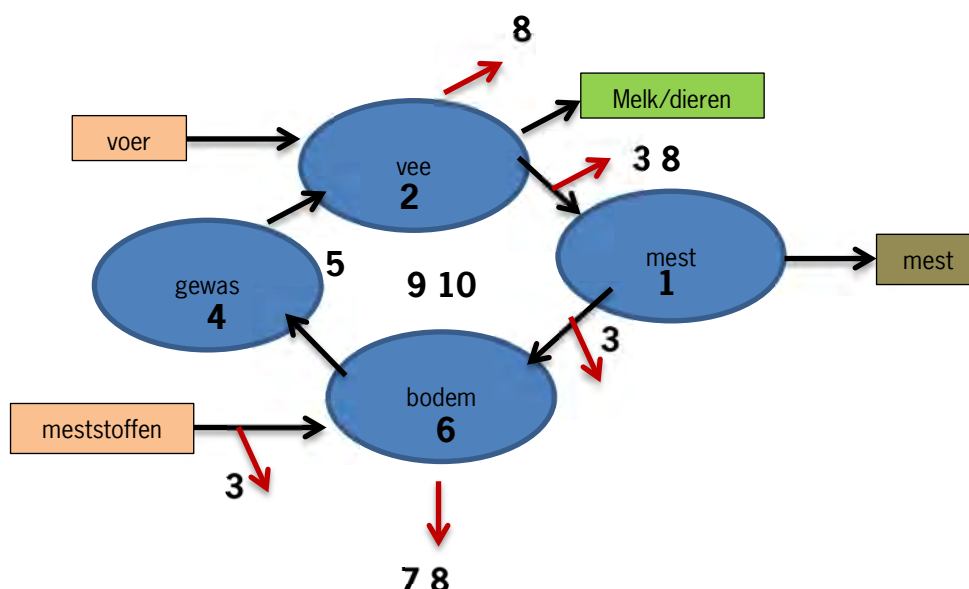
In tegenstelling tot akkerbouw- en hokdierbedrijven, komen we op melkveehouderijbedrijven de korte kringloop van N, P en C via dier, mest, bodem en gewas nog min of meer tegen. Ook op melkveehouderijbedrijven zijn echter steeds meer relaties met de buitenwereld ontstaan en nemen kringlopen, voor zover nog bestaand, deels een grotere omweg. De verwerking van melk, jongvee en vlees, bijvoorbeeld, vindt veel sterker dan voorheen 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.

Terwijl een akkerbouwer en hokdierhouder de stromen tussen twee, hooguit drie componenten (hetzij bodem en gewas, hetzij dier en mest) moeten zien te beheren, dient de melkveehouder alle vier op elkaar af te stemmen. Naarmate melkveehouders een groter deel van de geproduceerde mest met succes in benutbaar gewas omzetten, hoeven zij minder van de eerder genoemde grondstoffen aan te kopen en gaan minder N-, P- en C-verbindingen naar de omgeving verloren. Dat stelt relatief hoge eisen aan het vakmanschap. Het project 'KringloopWijzer' (KLW) 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. In eerste instantie gebeurt dit alleen voor gespecialiseerde melkveehouderijbedrijven. Dat resulteert in een aantal kengetallen waarmee de melkveehouder zijn bedrijfsvoering kan verantwoorden naar overheden en melkverwerker, en waarbij hij ook zijn management kan optimaliseren. Voor de overheid biedt de KringloopWijzer mogelijkheden om generieke wetgeving deels te vervangen door maatwerk. Voor de melkverwerker is het bovendien mogelijk om het streven naar duurzaamheid meetbaar te maken.

Het in beeld brengen van de kringlopen van het melkveebedrijf 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);
2. Efficiëntie van de voeding (= omzetting van voer in melk en vlees): benutting N en P_2O_5 ;
3. Emissie van ammoniak (NH_3), verdeeld over stal en mestopslag, beweiding, uitrijden dierlijke mest en gebruik kunstmest;
4. Opbrengst gras- en bouwland: droge stof, kVEM, N en P_2O_5 ;
5. Efficiëntie van de bemesting (=omzetting van meststoffen in gewasopbrengst): benutting N en P_2O_5 aanwezig in kunstmest en dierlijke mest;
6. Bodemoverschot van N en P_2O_5 en de ontwikkeling gehalte van de organische stof voorraad in de bodem;
7. Nitraat (NO_3) in grondwater;
8. Emissie broeikasgassen methaan (CH_4), lachgas (N_2O) en kooldioxide (CO_2);
9. Bedrijfsoverschot N, P_2O_5 en C;
10. Efficiëntie bedrijf (=deel van aangevoerde mineralen dat in melk en vlees wordt omgezet): benutting N en P_2O_5 in aangekocht voer of meststof.

Dit rapport heeft tot doel om te beschrijven hoe bovenstaande kengetallen berekend worden en op welke invoergegevens ze gebaseerd zijn.



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

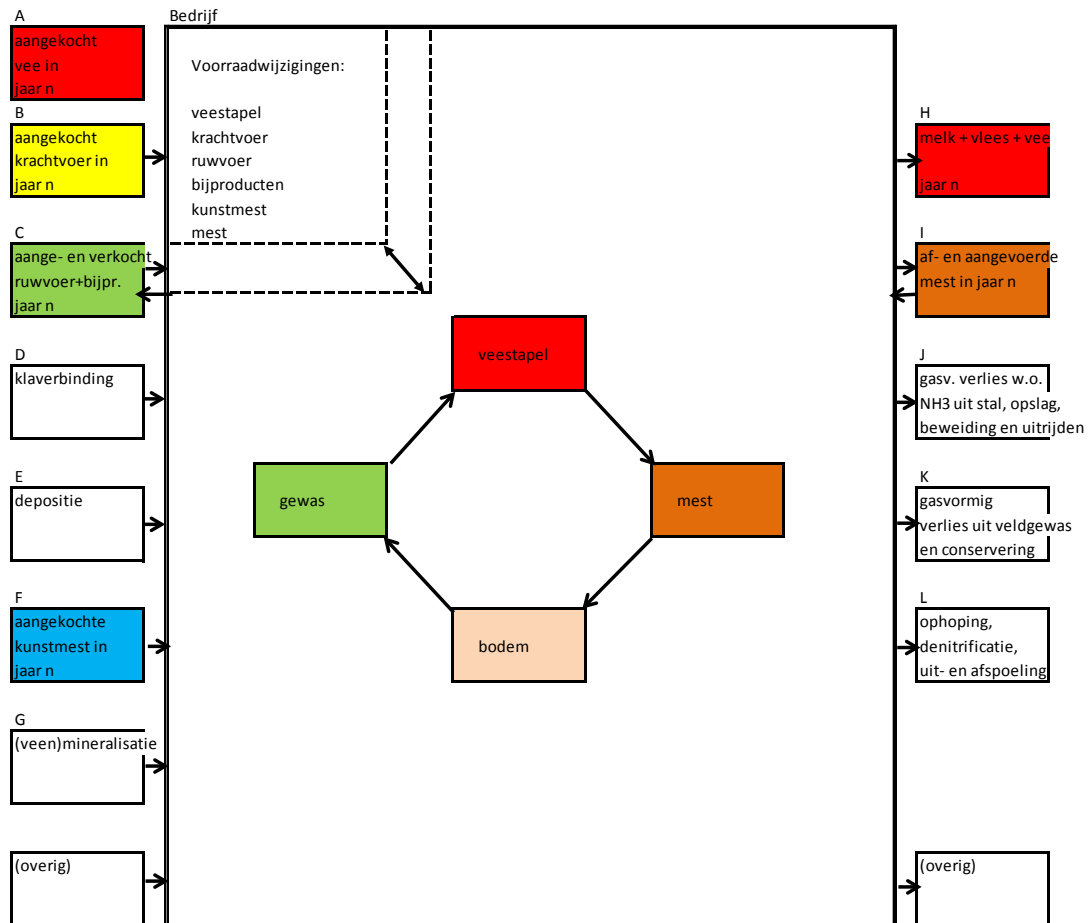
1.2 De kringlopen in meer detail

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 L) 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 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 beweidingverliezen onvermijdelijk zijn, zal namelijk steeds iets minder daadwerkelijk geoogst of tijdens beweiding

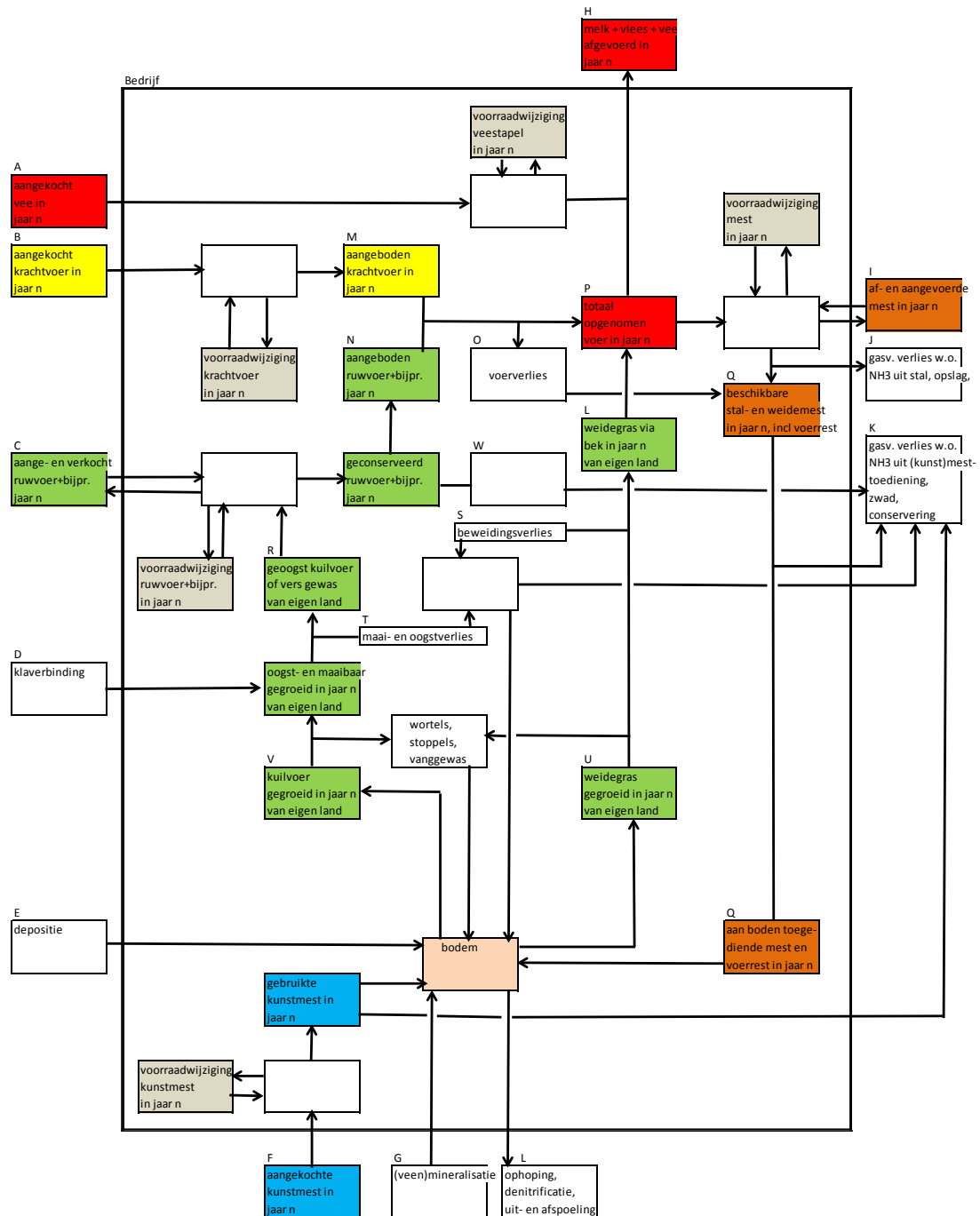
gegeten worden dan er gegroeid is. Het verloren deel keert, net als de gewasresten, goeddeels terug naar de bodem. Maar zelfs van het deel van de oogst dat het veld 'over de dam' verlaat, zal niet alles vervolgens ook volledig door het vee kunnen worden opgenomen. Tijdens de conservering van gewassen zal een deel verloren gaan en ook tussen uitkuilen en opname treden nog voerverliezen op. 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 snijmaïs), conserveringsverliezen en vervoederingsverliezen.

	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	5	10	15	3	0	5
Snijmaïs	2	4	4	1	0	5
Natte bijproducten	0	4	6	1.5	0	2
Aanvullend verbruikt ruwvoer	0	10	9.5	2	0	5
Krachtvoer en melkproducten	0	0	0	0	0	2
Mineralen (zouten)	0	0	0	0	0	2



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



Figuur 1.3. In- en uitgaande stromen op een melkveebedrijf (zonder neventak akkerbouw) alsmede de interne stromen.

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 ($\text{NH}_3\text{-N}$), lachgas ($\text{N}_2\text{O-N}$), nitraat ($\text{NO}_3\text{-N}$), elementaire stikstof (N_2), stikstofoxiden ($\text{NO}_x\text{-N}$) 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 1.2 toont de bronnen van waaruit deze N-verbindingen voornamelijk verloren gaan en de KWL-module

waarmee het verlies getalsmatig berekend wordt. In het kader van de K LW valt het totale berekende N-verlies (het bedrijfsoverschot volgens Figuur 1.2) daarmee uiteen in de posten:

- $\text{NH}_3\text{-N}$ verlies uit (kunst)mest en afstervend gewas,
- $\text{N}_2\text{O-N}$ verlies uit (kunst)mest, klaver, mineralisatie, bodem en kuil,
- $\text{NO}_3\text{-N}$ verlies uit de bodem,
- de berekende overige gasvormige N-verliezen (N_2 , 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 =

$\text{N-bedrijfsoverschot} - \text{NH}_3\text{-N} - \text{N}_2\text{O-N} - \text{NO}_3\text{-N} - \text{berekende overige gasvormige N-verliezen}$.

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

Vorm	Bron:							
	Stal en opslag	Mesttoediening en beweiding	Kunstmest	Klaver	Mineralisatie	Bodem	Gewas (zwad)	Kuil
$\text{NH}_3\text{-N}$	X ¹	X ¹	X ¹				X ²	
$\text{N}_2\text{O-N}$	X ⁴	X ⁴	X ⁴	X ⁴	X ⁴	X ⁴		
$\text{NO}_3\text{-N}$						X ⁵		
N_2 , NO_x	X ³							X ³
Norg						X ⁶		

¹ BEA basis; ² BEA plus; ³ BEN: niet- NH_3 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 (liter melk), maar ook als het complement van de fractie van een ingaande nutriëntenstroom die niet nuttig gebruikt wordt, ofwel 1 minus de benutting. Benuttingen kunnen 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 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) als fractie van gebruikte krachtvoer, ruwvoer, bijproducten, klaverbinding, depositie, kunstmest, mest en (veen)mineralisatie, ofwel (vergelijk Figuur 1.3):

$$(H - (A - \text{mutatie veestapel})) / ((B - \text{mutatie krachtvoer}) + (C - \text{mutatie ruwvoer}) + D + E + (F - \text{mutatie kunstmest}) + (I - \text{mutatie mestvoorraad}) G), \text{ met een positief getal als mutatieterm bij toename van een voorraad.}$$

Deze definitie is niet toegesneden op bedrijven die naast melk en vlees ook of zelfs hoofdzakelijk gewassen afvoeren.

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):

$$(H - (A - \text{mutatie veestapel})) / (M + N + L - O)$$

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) en verminderd met afgevoerde/vermeerderd met aangevoerde mest, ofwel (vergelijk Figuur 1.3):

$$(Q) / ((M + N + L) - (H - (A - \text{mutatie veestapel})) - \text{mutatie mestvoorraad} - I)$$

1.4.5 Benutting op bodemniveau

De benutting op bodemniveau wordt berekend als:

Geproduceerde gewas van eigen bodem inclusief weide-, maai- en oogstverliezen, 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), ofwel (vergelijk Figuur 1.3):

$$((R + T) + (L + S)) / (Q + D + E + (F - \text{mutatie kunstmest}) + G)$$

Hierbij moet worden opgemerkt dat op bedrijven met een neventak akkerbouw alleen dan een zuivere voorstelling van zaken gegeven wordt als in de noemer alleen de inputs zijn opgenomen die zijn ingezet voor de teelt van het ruwvoer (exclusief de inputs gericht op de teelt van af te voeren akkerbouwgewassen).

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 krachtvoer), als fractie van het geteelde en aangekochte ruwvoer inclusief de weide-, oogst- en maaiverliezen, ofwel (vergelijk Figuur 1.3):

$$(P - ((B - \text{mutatie krachtvoer}) - O_{\text{krachtvoer}})) / ((C - \text{mutatie ruwvoer}) + (R + T) + (L + S))$$

1.5 Beperkingen van de KringloopWijzer

De voorliggende versie van de K LW kent meerdere beperkingen. Om te beginnen kan de K LW alleen omgaan met melkvee. Als ander graasvee aanwezig is worden forfaitaire hoeveelheden van de gebruikte hoeveelheden ruwvoer, krachtvoer en bijproducten in mindering gebracht op het totale gebruik om te berekenen welk deel voor het melkvee gebruikt is. Vanzelfsprekend zullen de uitkomsten van de K LW met grotere fouten behept zijn naarmate meer van deze ‘overig graasdieren’ aanwezig zijn. De K LW is niet in staat om het door aanwezige hokdieren verbruikte voer te verrekenen. De K LW is verder geënt op bedrijven die hoofdzakelijk drijfmest produceren. De huidige versie van de K LW kan geen nauwkeurige berekening maken van de gasvormige N emissies (NH₃, N₂O, N₂, NO_x) voor bedrijven met een zodanig ruim gebruik van strooisel dat overwegend vaste mest geproduceerd wordt. Ook biedt de K LW vooralsnog geen mogelijkheid om de conserveringsverliezen van mengkuilen van ruwvoer en een droog bijproduct nauwkeurig te berekenen.

1.6 Leeswijzer

Dit rapport behandelt achtereenvolgens de BEX (Bedrijfsspecifieke excretie, hoofdstuk 2.1), de BEA (Bedrijfsspecifieke emissie van ammoniak, hoofdstuk 2.2), de BEN (Bedrijfsspecifieke emissie van nitraat en lachgas, hoofdstuk 2.3), de BEP (Bedrijfsspecifieke fosfaatstromen, hoofdstuk 2.4) en de BEC (Bedrijfsspecifieke koolstofstromen, hoofdstuk 2.5). Elk hoofdstuk begint met een inleiding waarna de berekeningswijze van de kengetallen wordt uitgelegd. Aan het eind van elk hoofdstuk volgt een paragraaf met kanttekeningen. Daarin 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 het ene hoofdstuk teruggrijpt of vooruitloopt op een volgend hoofdstuk. Om het spoor niet bijster te raken is in Bijlage I een thematische en een alfabetische lijst van afkortingen opgenomen.

2. Kengetallen

2.1 BEX

2.1.1 Inleiding

De BEX 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 (vleestieren, weide- en zoogkoeien, schapen, paarden, pony's en ezels) wordt berekend. Echter, de excretie van de melkveestapel wordt bedrijfsspecifiek berekend en de excretie van 'overige graasdieren' wordt berekend met behulp van excretieforfaits.

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 zowel het VEM, N en P gehalte te analyseren alsmede de aanwezige hoeveelheid vast te leggen. De aanwezige hoeveelheden zijn voor aangekochte voedermiddelen via de bon van de leverancier beschikbaar en voor zelfgeteeld ruwvoer wordt de hoeveelheid, voor zover ingekuild, 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 (zelfgeteelde) ruwvoerders 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 aangelegde voorraden (zoals vastgesteld door een geaccrediteerd laboratorium) wordt verdeeld over de verschillende voedermiddelen.

2.1.2 Berekeningswijze

2.1.2.1 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 vervluchtiging. Voor P speelt vervluchtiging geen rol en is de bruto excretie gelijk aan de netto excretie.

2.1.2.2 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:

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

2.1.2.3 Berekening opname N en P

$$\text{Opname N} = \text{VEM-opname} \times \text{N/VEM}$$

$$\text{Opname P} = \text{VEM-opname} \times \text{P/VEM}$$

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.

2.1.2.4 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 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, aantallen dieren in de categorieën jongvee jonger dan 1 jaar (kalf), jongvee ouder dan 1 jaar (pink) en melkvee.

Forfaits worden gebruikt voor:

P gehalte in melk, 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 en voor de leeftijdsopbouw van de melkveestapel om het aantal 1^e kalfskoeien, 2^e kalfskoeien en oudere koeien te kunnen berekenen.

2.1.2.5 Berekening netto N excretie

De berekende bruto N excretie moet gecorrigeerd worden voor de bedrijfsspecifieke gasvormige N-verliezen.

Netto N excretie = bruto N excretie – gasvormige N verliezen

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 en melkvee. De dieren aantallen worden gebruikt om het N emissiepercentage te berekenen.

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 uit de verhouding jongvee/melkvee en de emissiepercentages voor deze diercategorieën. Deze emissiepercentages worden voor zowel drijfmest als vaste mest berekend uit de forfaits voor bruto en netto N excretie van die diercategorieën (dat wil zeggen: afzonderlijk voor jongvee jonger dan 1 jaar, jongvee ouder dan 1 jaar en melkvee). Het melkveeforfait betreft de gemiddelde Nederlandse melkkoe. Vervolgens worden deze emissiepercentages gewogen naar het relatieve aandeel bruto N excretie (op basis van de bruto N forfaits) van die diercategorieën in de totale forfaitaire N excretie van de veestapel.

2.1.2.6 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 HF, Jersey, overige rassen en kruislingen. Een Jersey is een dier met minimaal 87,5 procent Jersey-bloed. Een kruisling heeft tussen de 50 en 87,5 procent Jersey-bloed.

2.1.2.7 Melkproductie en melksamenstelling

De melkproductie is gelijk aan de geproduceerde melk in kg per jaar zoals vastgesteld door het Productschap Zuivel (PZ) volgens de Uitvoeringsregeling Meststoffenwet.

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

2.1.2.8 Gewicht melkkoeien en VEM-behoefte jongvee

Het gemiddelde gewicht van volwassen melkkoeien en de kVEM-opname per dier per jaar is forfaitair vastgesteld (Tabel 2.1.1).

Tabel 2.1.1. Gemiddeld gewicht volwassen melkkoe en VEM-behoefte jongvee.

Veeslag	Volwassen gewicht melkkoe (kg)	VEM-behoefte jongvee < 1 jr (kVEM/dier/jaar)	VEM-behoefte jongvee > 1 jr (kVEM/dier/jaar)
Jersey	400	988	1820
Overige rassen	600	1412	2600
Kruislingen	500	1200	2210

2.1.2.9 Beweiding

Onbeperkt weiden wil zeggen dat de koeien zowel overdag als 's nachts weiden. Beperkt weiden houdt in dat de melkkoeien alleen overdag of alleen 's nachts in de weide zijn. Voor de melkkoeien moet het gemiddeld aantal weidemaanden per jaar worden opgegeven door de melkveehouder en het gemiddeld aantal uren beweiding per etmaal. Als zowel beperkt als onbeperkt weiden is toegepast, dan wordt voor beide systemen het gemiddelde aantal weidemaanden en het gemiddelde aantal weide-uren per etmaal genomen.

Als de melkkoeien vers weidegras op stal krijgen is er sprake van zomerstalvoeding. Ook dan moet worden vastgelegd om hoeveel maanden 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').

In BEX wordt niet geregistreerd of jongvee en droge koeien geweid worden. Droge koeien worden qua beweiding gelijk gesteld aan melkkoeien, hetgeen een overschatting van de weidegrasopname van de veestapel geeft. Daar staat tegenover dat voor het jongvee geen rekening wordt gehouden met beweiding, hetgeen betekent dat de weidegrasopname van de veestapel wordt onderschat. Het is onwaarschijnlijk dat de onderschatting voor jongvee wordt gecompenseerd door de overschatting voor droge koeien. Een gevoeligheidsanalyse van de BEX voor de schatting van de weidegrasopname gaf aan dat de BEX er niet gevoelig voor is, zodat verdere schatting van de weidegrasopname achterwege is gelaten.

2.1.2.10 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 VEM-behoefte berekening 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 energietoeslagen (zie Tabel 2.1.2) 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 'tijdens lactatie' en 'tijdens droogstand'. De berekening gaat uit van een lactatie van 307 dagen per kalenderjaar en 58 dagen droogstand. Een koe gebruikt naast energie voor onderhoud en melkproductie ook energie voor beweging, groei, dracht en mobilisatie van lichaamsreserves (zie Tabel 2.1.2). 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 (zie Tabel 2.1.1).

Tabel 2.1.2. Energietoeslagen per melk- en kalfkoe in kVEM.

Toeslag		kVEM / jaar	kVEM / maand
Beweging*	Niet weiden	189	
	Extra bij Beperkt weiden		12
	Extra bij Onbeperkt weiden		16
Jeugd**	Jersey	92	
	Overige rassen	131	
	Kruislingen	111	
Dracht en NEB***	Jersey	136	
	Overige rassen	194	
	Kruislingen	165	

* De bewegingstoeslag voor 'Niet weiden' geldt altijd voor niet-aangebonden dieren en bedraagt 10% van onderhoudsbehoefte (=1893 kVEM/jaar, Tamminga et al., 2004)). De extra bewegingstoeslag boven 'Niet weiden' voor 'Onbeperkt weiden' bedraagt 10% en voor 'Beperkt weiden' 7,5% van onderhoudsbehoefte.

** De jeugdtoeslag per koe is gebaseerd op een vervangingspercentage van 36,25%.

*** NEB = Negatieve Energie Balans.

Overzicht rekenregels VEM behoefte

kVEM-behoefte jongvee per jaar

Jonger dan 1 jaar (per dier per kalenderjaar): zie forfait Tabel 2.1.1.

Ouder dan 1 jaar (per dier per kalenderjaar): zie forfait Tabel 2.1.1.

kVEM-behoefte melkkoeien per jaar: melkproductie

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

FPCM/dag = (melkgift/koe (kg) x (0,337 + 0,116 x %vet + 0,06 x %eiwit)) / 307 (dagen).

VEM melkproductie = (442 x FPCM/dag x (1 + (FPCM/dag -15) x 0,00165)) x 307 (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 = $(42,4 \times \text{GEW}^{0,75} \times (1 + (\text{FCM}/\text{dag} - 15) \times 0,00165)) \times 307$ (dagen).

VEMonh tijdens droogstand = $42,4 \times \text{GEW}^{0,75} \times (1 + (-15 \times 0,00165)) \times 58$ (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 2.1.1 + (aantal maanden weiden x extra bewegingstoeslag voor 'Beperkt weiden' of 'Onbeperkt weiden' uit Tabel 2.1.2)) + jeugdtoeslag uit Tabel 2.1.2 + dracht- en NEB-toeslag uit Tabel 2.1.2.

kVEM-behoefte melkveestapel per jaar

kVEM-behoefte van melkveestapel = ((kVEM melkproductie + kVEM onderhoud + kVEM toeslag) x aantal melkkoeien) + (kVEM jongvee <1 jaar x aantal jongvee < 1 jaar) + (kVEM jongvee >1 jaar x aantal jongvee > 1 jaar).

2.1.2.11 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 2.1.2.3). 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 de opname berekend als aankoop minus voorraadswijziging, maar van zelf geteeld ruwvoer ontbreken met name betrouwbare gegevens over het aandeel dat weidegras in de ruwvoervoorziening heeft gehad. Daartoe moeten de aandelen van snijmaïskuil, graskuil en vers (weide)gras in de . Daarvoor moet de VEM-opname op een andere manier worden vastgesteld. Dit gebeurt met behulp van de berekende VEM-opname van de veestapel (VEM-behoefte x 102%) en de VEM-opname uit aangekochte voedermiddelen.

VEM-opname uit snijmaïskuil, graskuil en vers (weide)gras = berekende VEM opname veestapel – VEM opname uit aangekochte voedermiddelen.

2.1.2.12 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 op basis van de onderlinge verhoudingen in kuilhoeveelheden. De hoeveelheid vervoederde snijmaïskuil en graskuil wordt berekend op basis van de op het bedrijf vastgestelde verhouding tussen de vervoederde VEM- hoeveelheden van graskuil en snijmaïskuil. Voor vers (weide)gras ontbreken zowel opnames als geanalyseerde gehalten. Voor de VEM-opname uit vers (weide)gras wordt, afhankelijk van het beweidingssysteem, een vaste verhouding tussen graskuil en vers (weide)gras aangehouden (zie 2.1.2.11: Overzicht rekenregels N en P opname). De beweidingssystemen die worden onderscheiden zijn: niet weiden, beperkt weiden, onbeperkt weiden, zomerstalvoeding beperkt vers gras en zomerstalvoeding onbeperkt vers gras. Deze rekenregels stellen vast hoeveel procent van de totale grasopname bestaat uit graskuil, dus als de vervoederde hoeveelheid snijmaïskuil 1500 kVEM is en graskuil 1000 kVEM bij een percentage graskuil van 80% dan is de vers grasopname $(1000/0,8) \times 0,2 = 250$ kVEM en wordt de verhouding snijmaïs/graskuil/vers gras = $1500/1000/250$. Met deze verhouding wordt de 'VEM-opname uit snijmaïskuil, graskuil en vers (weide)gras' uit 2.1.2.11 verdeeld over de afzonderlijke voedermiddelen.

Er kunnen zich situaties voordoen waarbij bovenstaande berekening voor de vers grasopname te veel afwijkt van de werkelijke vers gras opname. Daarom wordt een controleberekening uitgevoerd, waarbij het resultaat van de controleberekening wordt gebruikt indien de aldus berekende opname van vers gras hoger is dan van de oorspronkelijke berekening. Bij de controleberekening worden de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De variatie in beweidingstijd bij onbeperkt weiden bedraagt 10 tot 20 uren per etmaal. Die variatie bedraagt bij beperkt weiden 2 tot 9 uren per etmaal.
- In de praktijk krijgen weidende melkkoeien minstens twee uren weidegang. Bij 2 uur weidegang neemt een melkkoe 2 kg droge stof weidegras op (type 'Overige rassen' - zie Tabellen 2.1.1 en 2.1.2 - 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 drogestofopname uit weidegras met 2% worden verhoogd respectievelijk verlaagd.
- Bij zomerstalvoeding wordt ervan uitgegaan dat de drogestofopname 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 is de drogestofopname van vers gras gelijk aan 87% van de opname bij 9 uren weiden per etmaal.
- De drogestofopname 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 drogestofopname te berekenen (respectievelijk 6650 en 8075 kg FPCM/jaar).

2.1.2.13 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. Voor de BEX is alleen de verhouding van de gehalten VEM met N en P van belang (resp. N/VEM en P/VEM). Deze verhoudingen worden voor vers gras 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. Graskuil afkomstig van beheersland of van grasland van een matige of slechte kwaliteit is niet representatief voor het verse gras dat de melkkoeien krijgen. Daarom wordt voor de schatting van de VEM, N en P gehalten in vers (weide)gras uitgegaan van graskuilen die minstens 130 g RE/kg DS (RE totaal, inclusief N uit ammoniak) bevatten.

Tabel 2.1.3. *Forfaitaire kVEM-opname per jaar voor een aantal categorieën 'overig graasvee'.*

Diercategorie	Voer							
	Kunst-melk	Krachtvoer	Ruwvoer				Overige	Totaal ruwvoer en overige
			Hooi	Graskuil	Snijmaïs	Totaal		
Weide- en zoogkoeien	0	56	0	1582	0	1582	0	1582
Fokstieren (>2 jaar)	0	348	0	733	1314	2047	576	2623
Vleesstieren (kruising, >3 mnd)	0	1187	0	0	1327	1327	138	1465
Vleesstieren (vleesras, >3 mnd)	0	970	0	0	1652	1652	68	1720
Startklaveren voor vleesstieren, < 3 mnd	208	438	0	0	234	234	0	234
Startkalveren voor rosé, < 8 mnd	89	1091*	0	0	482	485	0	485
Schapen (cat. 550)	0	56**	15	50	0	65	0	65
Overige schapen (cat. 552)	0	11***	6	16	0	22	0	22
Paarden, > 450 kg	0	437	906	0	0	906	125	1031
Paarden, 250- 450 kg	0	445	690	0	0	690	0	690
Pony's, 250- 450 kg	0	247	673	0	0	673	0	673
Pony', < 250 kg	0	32	109	0	0	109	63	172

* Eventuele vochtrijke krachtvoerders zijn hierin begrepen.

** 32 uit schapenbrok + 24 uit lammerenkorrel.

*** 2 uit schapenbrok + 9 uit lammerenkorrel.

2.1.2.14 Correctie voor voeropname door overige graasdieren

Als op het bedrijf naast het 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 afgetrokken van de hoeveelheid die volgens de berekening op uw bedrijf wordt gevoerd (Tabel 2.1.3).

2.1.2.15 Overzicht rekenregels N en P opname

N/VEM en P/VEM vers gras:

N/VEM weidegras = $1,1 \times \text{N/VEM ingekuuld gras}$

P/VEM weidegras = $1,05 \times \text{P/VEM ingekuuld gras}$

N/VEM zomerstalvoeding = $1,05 \times \text{N/VEM ingekuuld gras}$

P/VEM zomerstalvoeding = $1,03 \times \text{P/VEM ingekuuld gras}$

VEM-opname uit kuilgras

Niet weiden (100% van de grasopname is graskuil)

VEM-opname graskuil = VEM-opname gras melkveestapel x C

Waarbij C = 1

Beperkt weiden gedurende 6 maanden (80% van de grasopname is graskuil)

VEM-opname graskuil = VEM-opname gras melkveestapel x Ca

Waarbij Ca = 0,8 bij 6 maanden weiden. Als het aantal maanden anders is, moet Ca worden aangepast: $Ca1 = Ca + (6 - \text{aantal weidemaanden})/6 \times (1 - Ca)$

Onbeperkt weiden gedurende 6 maanden (60% van de grasopname is graskuil)

VEM-opname graskuil = VEM-opname gras melkveestapel x Cb

Waarbij Cb = 0,6 bij 6 maanden weiden. Als het aantal maanden anders is, moet Cb worden aangepast: $Cb1 = Cb + (6 - \text{aantal weidemaanden})/6 \times (1 - Cb)$

Zomerstalvoeding beperkt gedurende 6 maanden (82,5% van de grasopname is graskuil)

VEM-opname graskuil = VEM-opname gras melkveestapel x Cc

Waarbij Cc = 0,825 bij 6 maanden zomerstalvoeding. Als het aantal maanden anders is, moet Cc worden aangepast: $Cc1 = Cc + (6 - \text{aantal weidemaanden})/6 \times (1 - Cc)$

Zomerstalvoeding onbeperkt gedurende 6 maanden (65% van de grasopname is graskuil)

VEM-opname graskuil = VEM-opname gras melkveestapel x Cd

Waarbij Cd = 0,65 bij 6 maanden zomerstalvoeding. Als het aantal maanden anders is, moet Cd worden aangepast: $Cd1 = Cd + (6 - \text{aantal weidemaanden})/6 \times (1 - Cd)$

Controleberekening hoeveelheid opname uit weidegras

VEM-waarde weidegras = 960 VEM/kg DS

Bij weiden:

kVEM-opname melkveestapel uit vers gras =

$(\text{aantal weidemaanden van melkkoeien} \times 30,5) \times ((2 + 0,75 \times (\text{weide-uren/dag} - 2)) \times (1 + (\text{meetmelkproductie} - 9.500) / 500 \times 0,02)) \times \text{aantal melkkoeien} \times \text{VEM-waarde weidegras} / 1.000$

hiervoor geldt: aantal weide-uren/dag ≤ 20

Bij zomerstalvoeding:

kVEM-opname melkveestapel uit vers gras =

kVEM-opname melkveestapel uit vers gras bij weiden x 0,87 =

$(\text{aantal maanden zomerstalvoeding van melkkoeien} \times 30,5) \times ((2 + 0,75 \times (\text{weide-uren/dag} - 2)) \times (1 + (\text{meetmelkproductie/koe/jaar} - 9.500) / 500 \times 0,02) \times 0,87) \times \text{aantal melkkoeien} \times \text{VEM-waarde weidegras} / 1.000$

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 vastlegging in melk en de aantallen dieren (Tabellen 2.1.4 en 2.1.5).

Tabel 2.1.4. Uitgangspunten voor vastlegging van N en P in melkveestapel.

Gewichten van categorieën melkveestapel			Afkorting
Gewicht volwassen melkkoe*	=	GEW	GEW
Gewicht kalf (kg)**	=	GEW x 44/600	GEWkalf
Gewicht pink (kg)**	=	GEW x 320/600	GEWpink
Gewicht vaars (kg)**	=	GEW x 530/600	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)	=	0,97	
<i>Dracht</i>			
Aantal geboren kalveren per koe per kalenderjaar	=	0,65	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	=	0,3625	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	=	0,63	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 600 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) 530 kg.

Tabel 2.1.5. Berekening vastlegging van N en P (in kg per jaar)*.

Vastlegging in melkkoeien*Tijdens melkproductie*

$$N_{\text{melk}} = (\text{totaal geleverde melk} \times (\text{eiwitpercentage} \times 10/6,38)) / 1.000$$

$$P_{\text{melk}} = (\text{totaal geleverde melk} \times 0,97) / 1.000$$

Tijdens dracht

$$GEW_{\text{kalf}} = GEW \times 44/600$$

$$N_{\text{kalf}} = ((GEW_{\text{kalf}} \times \text{aantalkalf}^{**} \times N_{\text{gehkalf}}) / 1.000) \times \text{aantal melkkoeien}$$

$$P_{\text{kalf}} = ((GEW_{\text{kalf}} \times \text{aantalkalf}^{**} \times P_{\text{gehkalf}}) / 1.000) \times \text{aantal melkkoeien}$$

In groei van (melkgevende) vaarzen (vervanging)

$$GEW_{\text{vaars}} = GEW \times 530/600$$

$$N_{\text{vaars}} = (GEW_{\text{vaars}} \times \text{aandervang} \times N_{\text{gehvaars}}^{**}) / 1.000$$

$$P_{\text{vaars}} = (GEW_{\text{vaars}} \times \text{aandervang} \times P_{\text{gehvaars}}^{**}) / 1.000$$

$$N_{\text{koe}} = (GEW \times \text{aandervang} \times N_{\text{gehkoe}}^{**}) / 1.000$$

$$P_{\text{koe}} = (GEW \times \text{aandervang} \times P_{\text{gehkoe}}^{**}) / 1.000$$

$$N_{\text{vervanging}} = (N_{\text{koe}} - N_{\text{vaars}}) \times \text{aantal melkkoeien}$$

$$P_{\text{vervanging}} = (P_{\text{koe}} - P_{\text{vaars}}) \times \text{aantal melkkoeien}$$

Vastlegging in jongvee*Jonger dan 1 jaar*

$$GEW_{\text{pink}} = GEW \times 320/600$$

$$N_{\text{kalf1}} = (GEW_{\text{kalf}} \times N_{\text{gehkalf}}^{***}) / 1.000$$

$$P_{\text{kalf1}} = (GEW_{\text{kalf}} \times P_{\text{gehkalf}}^{***}) / 1.000$$

$$N_{\text{pink}} = (GEW_{\text{pink}} \times N_{\text{gehpink}}^{***}) / 1.000$$

$$P_{\text{pink}} = (GEW_{\text{pink}} \times P_{\text{gehpink}}^{***}) / 1.000$$

$$N_{\text{JV}<1} = (N_{\text{pink}} - N_{\text{kalf1}}) \times \text{gem. aantal stuks jongvee} < 1\text{jr}$$

$$P_{\text{JV}<1} = (P_{\text{pink}} - P_{\text{kalf1}}) \times \text{gem. aantal stuks jongvee} < 1\text{jr}$$

Ouder dan 1 jaar

$$N_{\text{kalf2}} = (GEW_{\text{kalf}} \times \text{aantalkalf1}^{**} \times N_{\text{gehkalf}}^{***}) / 1.000$$

$$P_{\text{kalf2}} = (GEW_{\text{kalf}} \times \text{aantalkalf1}^{**} \times P_{\text{gehkalf}}^{***}) / 1.000$$

$$N_{\text{vaars1}} = (GEW_{\text{vaars}} \times N_{\text{gehvaars}}^{***}) / 1.000$$

$$P_{\text{vaars1}} = (GEW_{\text{vaars}} \times P_{\text{gehvaars}}^{***}) / 1.000$$

$$N_{\text{JV}>1} = (N_{\text{kalf2}} + N_{\text{vaars1}} - N_{\text{pink}}) \times \text{gem. aantal stuks jongvee} > 1\text{jr}$$

$$P_{\text{JV}>1} = (P_{\text{kalf2}} + P_{\text{vaars1}} - P_{\text{pink}}) \times \text{gem. aantal stuks jongvee} > 1\text{jr}$$

* 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.

2.1.2.16 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. Dit gebeurt in de BEX op basis van forfaits (Tabel 2.1.6). Met deze stikstofverliezen wordt rekening gehouden bij het bepalen van de al dan niet resterende N-gebruiksruimte. Voor het bepalen van het N-bodemoverschot wordt echter uitgegaan van de bruto N-excretie die vervolgens wordt vermeerderd met de N in voerresten en wordt verminderd met de gasvormige verliezen op basis van BEA-module binnen de KLV (paragraaf 2.2).

Tabel 2.1.6. *Forfaitaire bruto stikstofexcretie en forfaitaire netto hoeveelheid stikstof in de mest van melkveecategorieën (in kg per dier per jaar).*
(bron: <https://www.drloket.nl/xmlpages/page/Invloket/actueel/document/fileitem/49062>).

Diercategorie	Bruto N-excretie (kg/dier/jaar)	Netto N in de mest (kg/dier/jaar)	
		Drijfmest	Vaste mest
Melk- en kalfkoeien (inclusief nuchtere kalveren)	136,7	120,6	109,5
Vrouwelijk jongvee, fokstieren en overig vleesvee jonger dan 1 jaar	36,8	34,5	29,4
Vrouwelijk jongvee en overig vleesvee ouder dan 1 jaar en fokstieren van 1 tot 2 jaar	78,9	73,9	63,1

Op basis van Tabel 2.1.6 zijn de volgende N vervluchtigingspercentages per diercategorie berekend:

- Melkvee: drijfmest 11,8% en vaste mest 19,9%
- jongvee jonger dan 1 jaar: drijfmest 6,25% en vaste mest 20,1%
- jongvee ouder dan 1 jaar: drijfmest 6,34% en vaste mest 20,0%

Voor de berekening van het gemiddelde N vervluchtigingspercentage van de bedrijfsspecifieke veestapel wordt het gewogen gemiddelde over diersoorten berekend. Hiervoor wordt eerst per diercategorie de geproduceerde hoeveelheid stikstof vermenigvuldigd met het betreffende vervluchtigingspercentage. Dit product wordt vervolgens gedeeld door de totale hoeveelheid geproduceerde stikstof.

Overzicht rekenregels gasvormige verliezen

Algemeen

Aantal melkkoeien = n_{mk}

Aantal jongvee jonger dan 1 jaar = $n_{jv<1}$

Aantal jongvee ouder dan 1 jaar = $n_{jv>1}$

Bruto N excretie melkkoeien, $jv<1$ en $jv>1$ = resp. BN_{mk} , $BN_{jv<1}$ en $BN_{jv>1}$ (uit Tabel 2.1.6)

Netto N excretie melkkoeien, $jv<1$ en $jv>1$ = resp. NN_{mk} , $NN_{jv<1}$ en $NN_{jv>1}$ (uit Tabel 2.1.6)

N vervluchtiging drijfmest (N_{gas} drijfmest)

Aantal melkkoeien drijfmest = $n_{mkd} = n_{mk} \times \text{drijfmest\%}_{mk}$ (invoer BEX)

Aantal jongvee jonger dan 1 jaar drijfmest = $n_{jv<1d} = n_{jv<1} \times \text{drijfmest\%}_{jv<1}$ (invoer BEX)

Aantal jongvee ouder dan 1 jaar drijfmest = $n_{jv>1d} = n_{jv>1} \times \text{drijfmest\%}_{jv>1}$ (invoer BEX)

Bruto N excr drijfmest melkkoeien, $jv<1$ en $jv>1$ = resp. BN_{mkd} , $BN_{jv<1d}$ en $BN_{jv>1d}$ (uit Tabel 2.1.6)

Netto N excr drijfmest melkkoeien, $jv<1$ en $jv>1$ = resp. NN_{mkd} , $NN_{jv<1d}$ en $NN_{jv>1d}$ (uit Tabel 2.1.6)

N_{gas} drijfmest bedrijfsspecifieke veestapel (%) = $100 \times (1 - ((n_{mkd} \times NN_{mkd} + n_{jv<1d} \times NN_{jv<1d} + n_{jv>1d} \times NN_{jv>1d}) / (n_{mkd} \times BN_{mkd} + n_{jv<1d} \times BN_{jv<1d} + n_{jv>1d} \times BN_{jv>1d})))$

N vervluchtiging vaste mest (N_{gas} vaste mest)

Aantal melkkoeien vaste mest = $n_{mkv} = n_{mk} - n_{mkd}$

Aantal jongvee jonger dan 1 jaar vaste mest = $n_{jv<1v} = n_{jv<1} - n_{jv<1d}$

Aantal jongvee ouder dan 1 jaar vaste mest = $n_{jv>1v} = n_{jv>1} - n_{jv>1d}$

Bruto N excr vaste mest melkkoeien, $jv<1$ en $jv>1$ = resp. BN_{mkv} , $BN_{jv<1v}$ en $BN_{jv>1v}$ (uit Tabel 2.1.6)

Netto N excr vaste mest melkkoeien, $jv < 1$ en $jv > 1$ = resp. NN_mkv , $NN_jv < 1v$ en $NN_jv > 1v$ (uit Tabel 2.1.6)

$$N_gas \text{ vaste mest bedrijfsspecifieke veestapel (\%)} = 100 \times \frac{(n_mkv \times NN_mkv + n_jv < 1v \times NN_jv < 1v + n_jv > 1v \times NN_jv > 1v)}{(n_mkv \times BN_mkv + n_jv < 1v \times BN_jv < 1v + n_jv > 1v \times BN_jv > 1v)}$$

N vervluchtiging totale mestproductie (drijfmest + vaste mest)

$$N_gas \text{ bedrijfsspecifieke veestapel (\%)} = 100 \times (1 - (Ad + Av + Bd + Bv))$$

Waarin: $Ad = n_mkd \times NN_mkd + n_jv < 1d \times NN_jv < 1d + n_jv > 1d \times NN_jv > 1d$

$Av = n_mk \times NN_mkv + n_jv < 1v \times NN_jv < 1v + n_jv > 1v \times NN_jv > 1v$

$Bd = n_mk \times BN_mkd + n_jv < 1d \times BN_jv < 1d + n_jv > 1d \times BN_jv > 1d$

$Bv = n_mk \times BN_mkv + n_jv < 1v \times BN_jv < 1v + n_jv > 1v \times BN_jv > 1v$

2.1.3 Kanttekeningen bij BEX

BEX is een rekenprogramma voor praktijkbedrijven om de 'Handreiking bedrijfsspecifieke excretie melkvee' te kunnen toepassen. De BEX doet echter meer dan alleen de rekenregels van de Handreiking toegankelijk maken nl het verstrekken van bedrijfsspecifieke informatie ter ondersteuning van het bedrijfsmanagement. De informatie is gericht op het verhogen van de N en P efficiëntie van het bedrijf en helpt bij het verminderen van de bedrijfsspecifieke N en P excretie.

Constante invoer parameters BEX

Invoer parameters 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 evenals in BEX een VEM-dekkingspercentage van 102% gehanteerd waardoor uniformiteit met andere wet- en regelgeving wordt gewaarborgd. Echter, in proeven wordt VEM-dekking in een brede range waargenomen (grootweg 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 vaststellen van de VEM-dekking is in de praktijk zelden mogelijk. Vanwege verknopingen 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. TussenKalfTijd (TKT) van 411 dagen in 2005, bron: 'NRS jaarstatistieken 2007'.
3. Percentage droogstaande dieren (op jaarbasis) in de veestapel (15,7%). Volgens de 'NRS jaarstatistieken 2007' bedroeg de TKT in 2005 411 dagen waarvan 65 dagen droogstand. Teruggerekend naar kalenderjaar is dat 307 dagen lactatie en 58 dagen droogstand en daar gaat de BEX van uit.
4. Levend gewicht volwassen koe (klein, middel, groot respectievelijk 400, 500, 600 kg).
5. VEM-behoefte jongvee jonger en ouder dan 1 jaar (zie Tabel 2.1.1).
6. Extra behoefte aan energie (VEM) voor arbeid en groei (zie Tabel 2.1.2).
7. 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.
8. Percentage vervanging melkveestapel (36,25%) om leeftijdsopbouw veestapel en vastlegging in groei 1^e en 2^e kalfs koeien te kunnen berekenen.
9. Het aantal geboren kalveren per koe per kalender jaar (=0,65) om de vastlegging in foetus + adnexa bij melkvee te kunnen berekenen.
10. Het aantal geboren kalveren per pink per kalender jaar (=0,63) om de vastlegging in foetus + adnexa bij jongvee te kunnen berekenen.
11. Emissiepercentage voor N uit mest van jongvee jonger dan 1 jaar, jongvee ouder dan 1 jaar en van melkvee (voor drijfmest respectievelijk 6,25%, 6,34% en 11,77% en voor vaste mest respectievelijk 20,11%, 20,03% en 19,90%).
12. P gehalte in melk = 1 g/kg melk. Binnen K&K is een variatie vastgesteld van ongeveer 0,86 tot 1,12 g P/kg melk.
13. VEM-waarde weidegras = 960 VEM/kg DS.

Andere aannames in BEX

Melkproductie = aan fabriek geleverde melk

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) ruwvoeders 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.

In de berekening van de vers grasopname wordt verondersteld dat de droogstaande melkkoeien ook vers gras krijgen. In de praktijk zal dat meestal niet zo zijn. De hoeveelheid weidegras die deze dieren krijgen is gelijk verondersteld aan de hoeveelheid vers weidegras die het jongvee in de praktijk opneemt. Omdat in deze berekening de weidegrasopname van jongvee niet is meegenomen wordt deze ook in de controleberekening voor de weidegrasopname (paragraaf 2.1.2.12) niet meegenomen.

Bij de berekening van BEX wordt aangenomen dat alle aangelegde graskuil eenzelfde N/VEM en P/VEM verhouding heeft, te weten die van de graskuil van eigen land. In werkelijkheid kan en zal de verhouding van aangekochte graskuil anders zijn. De fout die hieronder ontstaat is vanzelfsprekend groter naarmate het aandeel aangekochte graskuil groter is.

2.2 BEA

2.2.1 Inleiding

De BEA is een rekentool om de 'Bedrijfsspecifieke Emissie van Ammoniak' op een melkveebedrijf te berekenen. Ammoniakemissie is een ongewenst verlies van stikstof (N) naar de omgeving. N wordt gebruikt omdat het een onmisbaar nutriënt is om de bodemvruchtbaarheid en gewasopbrengsten op peil te houden. De BEA berekent hoeveel N op een melkveehouderijbedrijf verloren gaat in de vorm van ammoniak ($\text{NH}_3\text{-N}$). Het betreft de 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 en uit sommige vormen van kunstmest. Daarnaast komen op het melkveebedrijf nog enkele andere NH_3 emissiebronnen voor (staande, beweidde en geoogste gewassen), die ook in dit onderdeel van de KringloopWijzer-rekenregels worden besproken. Bij de verrekeringen inclusief laatstgenoemde posten, wordt gesproken over 'BEA plus' in plaats van 'BEA basis'.

Voor de berekening van de NH_3 emissie op een melkveebedrijf wordt in de BEA aangesloten bij het Nationaal Emissie Model voor Ammoniak (NEMA, Velthof *et al.*, 2009). Deze methodiek baseert de berekening op de hoeveelheid Totaal Ammoniakale stikstof (TAN) en volgt de weg die de TAN aflegt op het melkveebedrijf, te weten achtereenvolgens: uitscheiding door de veestapel, stalvloer, stalopslag, opslag buiten de stal en aanwending. Bij iedere stap van die weg wordt via emissiefactoren (EF) berekend hoeveel TAN als ammoniak ($\text{NH}_3\text{-N}$) vervluchtigt. De EF's zijn gebaseerd op de resultaten van wetenschappelijk onderzoek en beschreven door Velthof *et al.* (2009) en sluiten waar mogelijk aan bij bestaande Nederlandse wet- en regelgeving. Zo zijn de EF 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 is ook de BEA in principe conform de RAV¹.

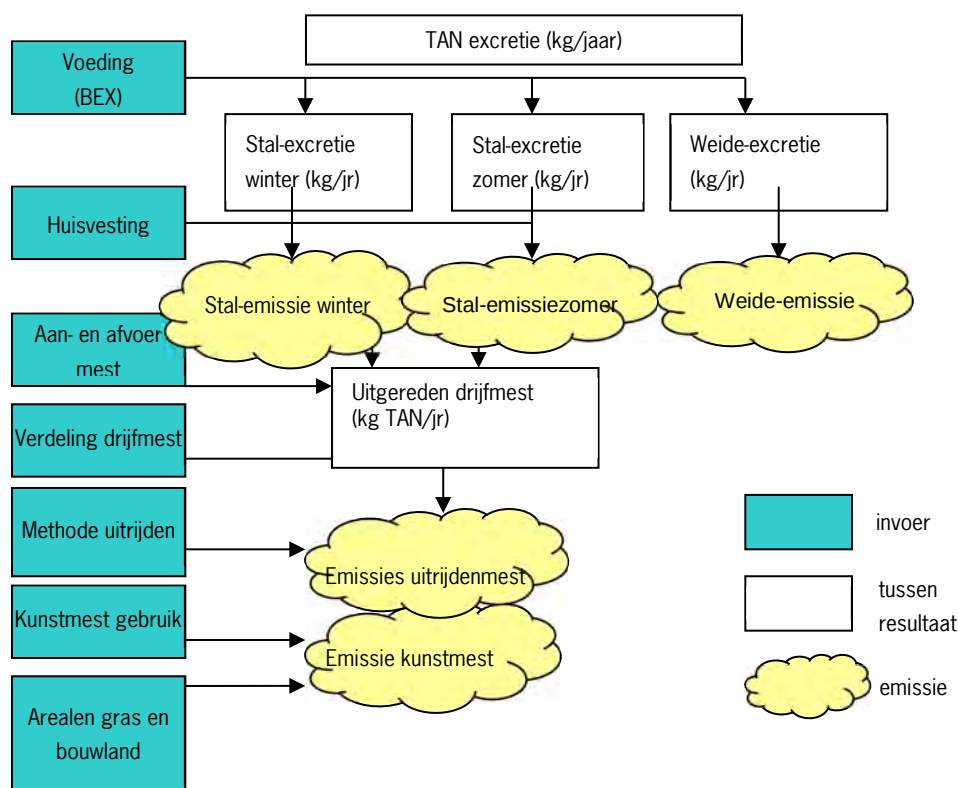
Voor de berekening van de uitgescheiden TAN (de bron van ammoniakemissie) op het melkveebedrijf maakt de BEA gebruik van de BEX. Daarmee is de BEA een rekentool waarmee de rekenregels van twee gevalideerde en door de Nederlandse overheid geaccepteerde rekenmethodieken worden samengevoegd. Er zijn echter 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 2.2.2 (Berekeningswijze) beschreven.

2.2.2 Berekeningswijze

2.2.2.1 Algemeen

De TAN excretie (de emissiebron) is afhankelijk van de samenstelling, productie en voeding van de veestapel en de vervluchtiging van die TAN (ammoniakverliezen) is afhankelijk van de inrichting van stallen en mestopslag, van het grondgebruik en van de manier waarop dierlijke mest wordt uitgereden. Daarnaast spelen ook de keuze van de kunstmestsoort en de gebruikte hoeveelheden op bouw- en grasland een rol. De rekenprocedure voor de BEA is in Figuur 2.2.1 schematische weergegeven.

¹ In principe, want ze zijn verschillend in uitgangspunten en resultaatweergave. De RAV gaat uit van de relatie tussen NH_3 emissie en de concentratie van ammonium in mest en urine (NEMA en BEA gaan uit van de relatie tussen NH_3 emissie en de kwantitatieve TAN excretie) en de RAV drukt de emissie uit in kg NH_3 per dierplaats per jaar (BEA drukt de ammoniakemissie kwantitatief uit in kg NH_3 per jaar per bedrijf).



Figuur 2.2.1. Schematische weergave van de berekening van de ammoniakemissies (kg NH₃ per jaar) van een melkveebedrijf.

Uit Figuur 2.2.1 volgt dat voor de berekeningen in BEA informatie nodig is over:

Hoeveelheden, berekend door BEA

- De hoeveelheid TAN die door de veestapel wordt geproduceerd (TAN-excretie in kg/jaar).
- De verdeling van de TAN-excretie (kg/jaar) over de stalperiode (in de zomer en in de winter) en de weideperiode.
- De hoeveelheid TAN (kg/jaar) die gevormd wordt door mineralisatie in de mestopslag.
- De hoeveelheid TAN (kg/jaar) die met mest wordt af- dan wel aangevoerd.
- De verdeling van TAN (de hoeveelheid in kg TAN/jaar wordt uitgerekend) bij aanwending op gras- dan wel bouwland, inclusief de manier van aanwenden.
- De hoeveelheid gebruikte kunstmest op gras- dan wel bouwland.

Emissiefactoren (EF, in procenten van TAN) en mineralisatiecoëfficiënt, afkomstig uit NEMA

- EF stal en opslag in de zomerperiode.
- EF stal en opslag in de winterperiode.
- EF beweiding.
- Mineralisatiecoëfficiënt voor organisch gebonden N in de mestopslag.
- 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.

2.2.2.2 TAN-excretie veestapel

De BEA berekent de ammoniakemissie op basis van de hoeveelheid TAN in de mest. 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 (VC_re) in die voedermiddelen. De VC_re 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).

De informatie over soort en hoeveelheid van de gebruikte voedermiddelen en de N-excretie van de veestapel levert BEX (paragraaf 2.1).

De BEX berekent de N-excretie als:

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

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 VC_re van de gebruikte voedermiddelen nodig (zie paragraaf 2.2.2.2).

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

$$N\text{-excretie_feces} (kg) = N\text{-opname} (kg) \times [1 - VC_re (g\text{ vre/g re})]$$

$$N\text{-excretie_urine} (kg) = [N\text{-opname} (kg) \times VC_re (g\text{ vre/g re})] - N\text{-vastlegging} (kg)$$

De berekende N-excretie_urine wordt gelijk gesteld aan TAN-excretie (conform NEMA).

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

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

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

$$TAN\text{ in stal en mestopslag} (kg) = TAN\text{-excretie} (kg) + TAN\text{ uit mineralisatie} (kg)$$

Berekening verteerbaarheid ruw eiwit

De VC_re van voedermiddelen is voor de melkveehouder niet bekend, maar wordt berekend via regressieformules van het Centraal Veevoederbureau (CVB, 2006). 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 VC_re uit de Veevoedertabel gerekend (CVB, 2004). In BEA worden de volgende categorieën voedermiddelen onderscheiden:

1. Categorie 'graskuil+grashooi'

$$VRE = 0,895 \times RE + 0,04 \times RAS - 40 + (8 - 0,7 \times NH_3\text{ fractie})$$

met VRE, RE en RAS in g per 1000 g DS en NH₃ fractie in g per 100 g vers product

De formule is voor praktisch gebruik desgewenst te vereenvoudigen door de NH₃-fractie vast te leggen op 8,9% (BLGG gemiddelde periode 2003-2007), zodat de uiteindelijke formule wordt:

$$VRE = 0,895 \times RE + 0,04 \times RAS - 38$$

2. Categorie 'maïskuil'

$$VRE = 0,969 \times RE + 0,04 \times RAS - 40$$

3. Categorie 'vers gras'

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 gemiddelde CVB gegevens van vers gras per oogsttijdstop (CVB, 2010) zijn zowel relaties vastgesteld tussen het RE gehalte en de N/VEM verhouding als tussen de VC_re en het RE gehalte:

$$RE_{\text{vers gras}} = 6315 (\pm 35) \times N/VEM$$

$$Adj R^2 = 0,83 \text{ en } se = 3,5$$

$$VC_{\text{re vers gras}} = 71,1 (\pm 0,6) + 0,059 (\pm 0,003) \times RE_{\text{vers gras}}$$

$$Adj R^2 = 0,84 \text{ en } se = 0,6$$

4. Categorie 'krachtvoerders'

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

$$VC_{\text{re}} = 54,7 (\pm 0,1) + 0,084 (\pm 0,001) \times RE_{\text{krachtvoer}}$$

$$Adj R^2 = 0,99 \text{ en } se = 0,1$$

5. Categorie 'melkpoeder'

$$VC_{\text{re}} = 86\% \text{ (CVB)}$$

6. Categorie 'overige ruwvoerders en natte producten'

Niet voor alle producten zijn schattingsformules beschikbaar. Wanneer een schattingsformule ontbreekt wordt een vaste VC_re gebruikt (Tabel 2.2.1).

Tabel 2.2.1. Vaststelling VC_re voor de groep 'Overige ruwvoerders en bijproducten' (bron: CVB 2004 en CVB 2006).

	Product	VC_re (%)	CVB Schattingsformule (indien aanwezig)	Samenstelling (g/kg DS)			
				re	ras	rc	vre
1	GPS granen	57	vre = 0,901 re – 30	91			52
2	Graszaadhooi	66	vre = 0,868 re + 0,04 ras -40	170	109		112
3	Luzernekuil	72	vre = 0,9 re + 0,04 ras – 40	193	147		140
4	Stro	23					
5	Voeraardappelen	54	vre = 1,042 re + 0,0224 ras - 52,4	102	63		55
6	Voederbieten	63	vre = 1,0 re – 30	80			50
7	Aardappelpersvezel	36					
8	Aardappelsnippers	31					
9	Aardappelstoomschillen	60					
10	Bierbostel	80					
11	Bietenperspulp	65					
12	CCM	58					
13	DDG (distillers dried grain)	74					
14	Maïsglutenvoer	77					
15	MKS	58	vre = 0,972 re - 0,056 rc – 30	87		81	50
16	Overig	60					

2.2.2.3 TAN-excretie in stal en weide

Voor de TAN-excretie berekening wordt onderscheid gemaakt in een zomer- en een winterperiode. Daar zijn verschillende redenen voor:

- De EF voor mest in stal en opslag zijn fors hoger dan de EF voor mest in de weide. Dit hangt samen met het effect van gezamenlijk (stal) dan wel gescheiden (weide) opvang van mest en urine.
- De EF voor mest in stal en opslag verschillen tussen de zomer en winter. Dit hangt samen met het effect van klimaat (temperatuur).
- De TAN-excretie per dier per dag verschilt tussen de zomer- en winterperiode. Dit hangt samen met verschillen in rantsoen.

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.

2.2.2.4 Ammoniakverlies uit stal en opslag

De NEMA geeft een gecombineerde EF voor de ammoniakemissie uit de stal (van vloeren en opgeslagen mest in de kelder) en de mestopslag buiten de stal. 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 veestapel op stal in de winterperiode (=100% van de TAN-excretie in die periode).
- TAN-excretie veestapel op stal in de zomerperiode (% van de TAN-excretie in die periode is afhankelijk van eventuele weidegang).
- Mineralisatie van de organisch gebonden N in de opslag (=10% van de N-excretie van de veestapel op stal in de periode met volledig opstallen + de periode met weidegang).

Van de hoeveelheid geproduceerde TAN gaat een deel verloren door vervluchtiging als ammoniak en overige N. De overige N betreft stikstofoxiden (N_2O en NO) of stikstof (N_2). 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 (Velthof *et al.*, 2009) maakt bij staltype onderscheid tussen stallen met roostervloer en emissiearme stallen (Tabel 2.2.2 en 2.2.3).

Tabel 2.2.2. De emissie tijdens de winterperiode van N via NH_3 en overige N (% van de in de desbetreffende periode geproduceerde TAN) uit melkveeststal plus mestopslag volgens NEMA (Velthof et al., 2009).

Staltype	Bij permanent opstallen en mestsoort:	
	Drijfmest EF(%)	Vaste mest EF(%)
Roostervloer		
$\text{NH}_3\text{-N}$	11,5	13,6
Overige N	2,9	38,5
Emissiearm		
$\text{NH}_3\text{-N}$	6,6	n.v.t.
Overige N	2,9	n.v.t.

Tabel 2.2.3. De emissie tijdens de zomerperiode van N via NH_3 en overige N (% van de in de desbetreffende periode geproduceerde TAN) uit melkveeststal plus mestopslag volgens NEMA (Velthof et al., 2009).

Staltype	Bij permanent opstallen en mestsoort		Bij weiden en mestsoort			
			Beperkt beweiden		Onbeperkt beweiden	
	Drijfmest EF(%)	Vaste mest EF(%)	Drijfmest EF(%)	Vaste mest EF(%)	Drijfmest EF(%)	Vaste mest EF(%)
Roostervloer						
$\text{NH}_3\text{-N}$	12,9	n.v.t.	16,1	n.v.t.	42,6	45,2
Overige N	2,5	n.v.t.	2,5	n.v.t.	2,3	28,8
Emissiearm						
$\text{NH}_3\text{-N}$	10,6	n.v.t.	9,1	n.v.t.	23,7	n.v.t.
Overige N	2,5	n.v.t.	2,5	n.v.t.	2,5	n.v.t.

De EF in Tabel 2.2.2 en 2.2.3 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 20 staltypes voor de categorie melkvee onderscheiden (Tabel 2.2.5), elk met hun specifieke emissiefactoren. De RAV-emissies worden uitgedrukt in kg NH_3 per dierplaats per jaar en zijn daarom niet zonder meer toepasbaar in BEA (zie paragraaf 2.2.1) 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-staltypes 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-staltypes wordt vervolgens de berekende stalemissie vermenigvuldigd met een correctiefactor voor staltype (zie Tabel 2.2.5), 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 2.2.4).

Tabel 2.2.4. Voorbeeld vergelijking RAV stal A1.5 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 A1.100	
	Beweiden	Perm. opstallen	Beweiden	Perm. opstallen
A 1.100 (standaard)	9,5	11,0		
A 1.5	7,7	9,2	$7,7/9,5 = 0,81$	$9,2/11,0 = 0,84$

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 0,81 bij beweiden en met 0,84 bij opstallen).

Tabel 2.2.5. 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	Overige huisvestingssystemen		
A 1.100.1	Beweiden	9,5	1,00
A 1.100.2	Permanent opstallen	11,0	1,00
A 1.1	Grupstal met drijfmest, emitterend mestoppervlak van grup en kelder max. 1,2 m ² per koe	4,3	0,39
A 1.2	Loopstal met hellende vloer en giergoot of met roostervloer; beide met spoelsysteem		
A 1.2.1	Beweiden	7,5	0,79
A 1.2.2	Permanent opstallen	8,6	0,78
A 1.3	Loopstal met hellende vloer en gier-goot; max. 3 m ² mestbesmeurd oppervlak per koe		
A 1.3.1	Beweiden	7,5	0,79
A 1.3.2	Permanent opstallen	8,6	0,78
A 1.4	Loopstal met hellende vloer en spoelsysteem; max. 3,75 m ² mestbesmeurd oppervlak per koe		
A 1.4.1	Beweiden	6,8	0,72
A 1.4.2	Permanent opstallen	7,8	0,71
A 1.5	Loopstal met sleufvloer en mestschuif		
A 1.5.1	Beweiden	7,7	0,81
A 1.5.2	Permanent opstallen	9,2	0,84
A 1.6	Ligboxenstal met dichte hellende vloer, met profilering, met snelle gierafvoer met mestschuif		
A 1.6.1	Beweiden	7,5	0,79
A 1.6.2	Permanent opstallen	8,6	0,78
A 1.7	Ligboxenstal met dichte hellende vloer, met rubbertoplaag, met snelle gierafvoer met mestschuif		
A 1.7.1	Beweiden	7,5	0,79
A 1.7.2	Permanent opstallen	8,6	0,78
A 1.8	Ligboxenstal met sleufvloer met noppen en mestschuif		

Code	Categorie	NH ₃ ¹⁾	Factor ²⁾
A 1.8.1	Beweiden	7,7	0,81
A 1.8.2	Permanent opstallen	9,2	0,84
A 1.9	Ligboxenstal met roostervloer voorzien van een bolle rubber toplaag en afdichtflappen in de roosterspleten		
A 1.9.1	Beweiden	4,1	0,43
A 1.9.2	Permanent opstallen	4,7	0,43
A 1.10	Ligboxenstal met roostervloer voorzien van een bolle rubber toplaag		
A 1.10.1	Beweiden	6,5	0,68
A 1.10.2	Permanent opstallen	7,4	0,67
A 1.11	Ligboxenstal met geprofileerde vlakke vloer met hellende gleuven, regelmatige mestafstorten en hoog frequente mestverwijdering met een vingerschuif		
A 1.11.1	Beweiden	8,1	0,85
A 1.11.2	Permanent opstallen	9,2	0,84
A 1.12	Ligboxenstal met geprofileerde vlakke vloer met hellende gleuven, regelmatige mestafstorten en frequent schuiven		
A 1.12.1	Beweiden	8,3	0,87
A 1.12.2	Permanent opstallen	9,5	0,86
A 1.13	Ligboxenstal met roostervloer voorzien van cassettes in de roosterspleten		
A 1.13.1	Beweiden	7,1	0,75
A 1.13.2	Permanent opstallen	8,1	0,74
A 1.14	Ligboxenstal met geprofileerde vlakke vloer met hellende gleuven, regelmatige mestafstorten voorzien van afdichtflappen en frequent schuiven		
A 1.14.1	Beweiden	7,1	0,75
A 1.14.2	Permanent opstallen	8,1	0,74
A 1.15	Ligboxenstal met geprofileerde vlakke vloer met hellende gleuven, regelmatige mestafstorten voorzien van afdichtflappen en frequente mestverwijdering met een vingerschuif		
A 1.15.1	Beweiden	7,0	0,74
A 1.15.2	Permanent opstallen	8,0	0,73
A 1.16	Ligboxenstal met v-vormige vloer van gietasfalt in combinatie met een gierafvoerbuï		
A 1.16.1	Beweiden	7,9	0,83
A 1.16.2	Permanent opstallen	9,1	0,83
A 1.17	Mechanisch geventileerde stal met een chemisch luchtwassysteem		
A 1.17.1	Beweiden	3,5	0,37
A 1.17.2	Permanent opstallen	4,0	0,36
A 1.18	Ligboxenstal met een v-vormige vloer van geprofileerde vloerelementen in combinatie met een gierafvoerbuï		
A 1.18.1	Beweiden	6,7	0,71
A 1.18.2	Permanent opstallen	7,7	0,70
A 1.19	Ligboxenstal met roostervloer met hellende groeven voorzien van afdichtflappen in de roosterspleten		
A 1.19.1	Beweiden	7,5	0,79
A 1.19.2	Permanent opstallen	8,6	0,78

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.

De emissie van $\text{NH}_3\text{-N}$ uit stal en mestopslag (kg N) wordt daarmee gelijk aan:

$$\begin{aligned} \text{NH}_3\text{-N}_{\text{stal+opslag}} &= \text{RAV}_{\text{correctie}} \times \\ &((\text{TAN in stal en mestopslag}_{\text{winter}} \times \text{emissiefactor stal met roostervloer}_{\text{winter}}) + \\ &(\text{TAN in stal en mestopslag}_{\text{zomer}} \times \text{emissiefactor stal met roostervloer}_{\text{zomer}})) \end{aligned}$$

Omdat de stalsystem van melkvee en jongvee kunnen verschillen is het in principe beter om de emissie voor melkvee en jongvee apart te berekenen. In NEMA worden dan ook EF uit stallen voor jongvee gegeven. Voor jongvee wordt geen onderscheid gemaakt tussen de zomer- en winterperiode. De EF voor jongvee wijken slechts weinig af van die voor melkvee, voor NH_3 respectievelijk 11,8% en 12,2%. Dit kleine verschil plus het feit dat BEA geen onderscheid maakt tussen jongvee en melkvee is de reden dat BEA gemakshalve werkt met de emissiepercentages behorend bij het staltype van melkvee en veronderstelt die van toepassing op de gehele veestapel.

2.2.2.5 Ammoniakverlies bij beweiding

Bij beweiding gaat minder N via NH_3 emissie verloren dan op stal. Er vindt in de weide immers minder contact plaats tussen urine en feces. De EF van de TAN-excretie bij beweiding is dan ook laag en wordt in NEMA voor de Nederlandse omstandigheden in 2005 berekend als constante waarde van 3,3% (Velthof *et al.*, 2009). Het ammoniakverlies uit TAN-excretie tijdens beweiding wordt berekend als:

$$\begin{aligned} \text{NH}_3\text{-N}_{\text{beweiding}} \text{ (kg)} &= \text{TAN}_{\text{beweiding}} \text{ (kg)} \times \text{EF}_{\text{beweiding}} \text{ (\%)}, \\ \text{waarin EF}_{\text{beweiding}} &= 3,3\% \end{aligned}$$

2.2.2.6 Ammoniakverlies bij mestaanwending

Het ammoniakverlies bij mestaanwending wordt berekend op basis van de aangewende TAN in combinatie met EF voor de verschillende aanwendingstechnieken. Binnen BEA wordt de TAN-aanwending (kg N) 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:

$$\begin{aligned} \text{TAN-aanwending (kg)} &= \% \text{TAN-mest} \times \text{kg N mestaanwending}, \\ \text{waarin: } \% \text{TAN-mest} &= \text{TAN-stalmest} / \text{N-excretie}_{\text{stal+opslag}} \\ \text{Kg N mestaanwending} &= \text{N-excretie}_{\text{stal+opslag}} + \text{N-mestaanvoer} - \text{N-mestafvoer} \\ \text{TAN-stalmest} &= \text{TAN-excretie}_{\text{stal+opslag}} - \text{totale gasvormige N-emissie}_{\text{stal+opslag}} \end{aligned}$$

Vervolgens wordt TAN-aanwending 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. Ten slotte wordt ook de wijze van aanwending (zie Tabel 2.2.6) opgegeven, waarmee de EF bij aanwending wordt vastgesteld. In de BEA-module van de KWL 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.

Tabel 2.2.6. Gemiddelde emissiefactoren per toedieningsmethode voor grasland en bouwland (Velthof et al., 2009).

Grondgebruik	Methode bemesting drijfmest	EF vervluchtiging TAN (%)
Grasland	Sleepvoet	26
	Sleufkouter ¹⁾	23
	Zodebemester	19
Bouwland	In één werkgang onderwerken	22
	Sleepvoet	26
	Injectie	2

¹⁾ Voor de emissiefactor van een sleufkouter wordt het gemiddelde aangehouden van de emissiefactor voor sleepvoeten en zodenbemester.

Uit de combinatie van de aangewende kg TAN en de EF uit Tabel 2.2.6 wordt de ammoniakemissie berekend:

$$NH_3N \text{ mestaanwending (kg)} = TAN\text{-aanwending}_{1...n} \times EF\text{-aanwending}_{1...n}$$

Waarbij 1...n = aanwendingsmethoden uit Tabel 2.2.6

2.2.2.7 Ammoniakverlies bij kunstmesttoediening

Ook uit kunstmest kan ammoniak vervluchtigen. Daarom wordt in BEA opgegeven hoeveel kg N kunstmest is aangewend. Analooq aan NEMA wordt bij de berekening van ammoniakemissie als gevolg van de aanwending van kunstmest onderscheid gemaakt tussen grasland en bouwland. Echter, om praktische redenen zijn de EF voor de verschillende kunstmestsoorten en de kalkrijke en kalkloze gronden in BEA gemiddeld voor aanwending van ureum houdende meststoffen en overige N-kunstmest, ongeacht de pH van de bodem. Met deze gemiddelde EF bij aanwending wordt de NH_3 berekend (Tabel 2.2.7).

Tabel 2.2.7. Emissiefactoren voor kunstmest ($EF_{NH_3N_{kunstmest}}$) (naar Velthof et al., 2006).

Kunstmestsoort en grondgebruik	Emissiefactor, %
Ureum –bouwland	14,0
Ureum –grasland	28,0
Overige soorten w.o. KAS-bouwland	0,9
Overige soorten w.o. KAS-grasland	2,0

Uit de combinatie van de aangewende kg aangewende kunstmest-N en de EF uit Tabel 2.2.7 wordt de ammoniakemissie berekend:

$$NH_3N \text{ kunstmestaanwending (kg)} = kg \text{ kunstmest-N aanwending}_{1...n} \times EF\text{-aanwending}_{1...n}$$

waarbij 1...n = kunstmestsoort en grondgebruik uit Tabel 2.2.7

2.2.2.8 Ammoniakverlies uit gewassen

In Figuur 1.3 zijn de op eigen land geproduceerde gewassen opgenomen als de 'oogst- en maaibare hoeveelheid voer gegroeid in jaar n' (dat wil zeggen: snijmaïs, kuilgras en vers gras ten behoeve van stalvoeding, steeds exclusief wortels, stoppels en vanggewassen maar inclusief de oogst- en maaiverliezen), en de 'in jaar n gegroeide hoeveelheid weidegras' (inclusief beweidingsverliezen). Op bedrijven met een neventak akkerbouw komen daar nog bij de af te voeren niet-ruwvoergewassen. In onderdeel BEN (paragraaf 2.3.2.1) wordt de berekening van deze posten beschreven onder $Af1_{\text{bouwland}}$, $Af3_{\text{bouwland}}$, $Af1_{\text{maaisgras}}$, $Af3_{\text{maaisgras}}$, $Af1_{\text{weide}}$ en $Af3_{\text{weide}}$ (kg N per ha). $Af1$ termen slaan steeds op de netto afvoer (via dam of bek en, bij een neventak akkerbouw, via erf) en $Af3$ termen slaan op de oogst-, maai- en beweidingsverliezen. Ammoniakverliezen (kg N) uit al deze gewasvormen worden becijferd op 3% (Vertregt & Rutgers, 1987) van $(TGO \times (Af1_{\text{maaisgras}} + Af3_{\text{maaisgras}} + Af1_{\text{weide}} + Af3_{\text{weide}}) + TAO \times (Af1_{\text{bouwland}} + Af3_{\text{bouwland}}))$, met TGO en TAO, respectievelijk de totale bedrijfsoppervlakte (ha's) aan grasland en bouwland.

2.2.3 Kanttekeningen bij BEA

- TAN excretie beweiding: er wordt alleen informatie opgevraagd over de beweiding van het melkvee. In de berekening wordt aangenomen dat het overige vee (droge koeien en jongvee) dezelfde dagen en hetzelfde aantal uren per dag weidegang krijgt. De reden daarvoor is pragmatisch, de BEA moet eenvoudig blijven voor praktische bruikbaarheid. De controleerbaarheid en handhaafbaarheid van weidegang is (zeker voor het overige vee) een lastig punt. Bovendien worden droge koeien dikwijls niet echt geweid (staan binnen of hebben wat uitloop op een schrale weide), staat het jonge jongvee binnen en staat ook het oudere jongvee binnen of wordt dat onbeperkt geweid. BEA neemt dus impliciet aan dat er geen grote fout wordt gemaakt wanneer de beweiding van het melkvee op de hele veestapel wordt toegepast. Deze aanname is echter niet onderbouwd.
- De gebruikte formules voor de schatting van VRE zijn inmiddels door CVB herzien. De referentie moet worden uitgebreid met CVB, 2011. De nieuwe formules zijn:

Graskuil: *gewijzigd in VRE = $0,970 \times RE + 0,044 \times RAS - 40$*

Grashooi: *ongewijzigd VRE = $0,868 \times RE + 0,04 \times RAS - 40$*

Snijmaiskuil: *ongewijzigd VRE = $0,969 \times RE + 0,04 \times RAS - 40$*

GPS granen: *gewijzigd in VRE = $0,932 \times RE + 0,04 \times RAS - 40$*

Luzernekuil: *ongewijzigd VRE = $0,9 \times RE + 0,04 \times RAS - 40$*

Voeraardappelen: *ongewijzigd VRE = $1,042 \times RE + 0,0224 \times RAS - 52,4$*

Voederbiet: *ongewijzigd VRE = $1,0 \times RE - 30$*

MKS: *ongewijzigd VRE = $0,972 \times RE + 0,056 \times RC - 30$*

- Ook zijn voor enkele producten de VC_re (%) aangepast:

GPS granen VC_re van 57 naar 53

Voederbieten VC_re van 63 naar 62

Aardappelpersvezels VC_re van 36 naar 38

Aardappelsnippers VC_re van 31 naar 43

Aardappelstoomschillen VC_re van 60 naar 61

Maisglutenvoer VC_re van 77 naar 72

- Er is geen definitie gegeven van de zomer- en winterperiode. BEA gaat daarom uit van een winterperiode van 6 maanden en een zomerperiode van 6 maanden. Bij permanent opstallen (jaarrond) wordt daarom voor 6 maanden met de EF stalperiode gerekend en ook 6 maanden met de EF weideperiode/permanent opstallen. Voor weidende bedrijven ligt dat moeilijker (zie volgende opmerking).

- Er worden voor zomer- en winterperiode verschillende EF voor de stalemissie gebruikt. Daarvoor zijn twee redenen: klimaatverschillen en verschillen in emitterend besmeurd oppervlak. Bij summer feeding gaat het alleen om klimaatverschillen. Pas wanneer de stal enige uren per dag leeg staat (beweiding) gaan ook de verschillen in emitterend besmeurd oppervlak meetellen. Daardoor is bij onbeperkt weiden de EF zeer hoog (42,1%) in vergelijking met beperkt weiden (15,4%) en summer feeding (12,2%). De NH_3 emissie is echter laag voor onbeperkt weiden nl 2,8 kg N ten opzichte van 4,1 en 5,4 kg N voor respectievelijk beperkt weiden en summer feeding. De reden ligt in de lagere N-excretie op stal. In BEA gaat dat echter fout, omdat de uren beweiding worden gevraagd en dan toegedeeld aan beperkt of onbeperkt weiden. De grens ligt daarbij op 10 uren weiden. BEA berekent voor een bedrijf dat 12 uur weidt een N-excretie op stal die $12/24=50\%$ van de totale N-excretie is. Dat geeft een geringer emitterend oppervlak dan bij 20 uur weiden en dus is de EF van 42,1% veel te hoog. Voorlopig wordt daarom alleen gerekend met de EF voor beperkt weiden. Hierover moeten nog afspraken gemaakt worden. In de BEA wordt vooralsnog geen aparte EF voor onbeperkt weiden gebruikt.
- Ook moeten afspraken gemaakt worden hoe wordt omgegaan met bedrijven die langer dan 6 maanden weiden. Stel dat er zeven maanden geweid wordt, dient dan die zevende maand met de EF voor de zomerperiode of met de EF voor de winterperiode te worden berekend? Voor wat betreft klimaat met EF winter, maar voor wat betreft emitterend besmeurd oppervlak met zomer. Deze combi worden niet aangereikt door NEMA.
- 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 prima als het gaat om de onderlinge vergelijking met cq afleiding van de EF voor de 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 (Velthof *et al.*, 2009). Velthof *et al.* melden dat berekeningen van Smits *et al.* (2007) aangeven dat de RAV-emissiefactor voor melkvee tot ca. 20% hoger kan liggen.
- De hoeveelheid aangewende N wordt door het melkveebedrijf in BEA opgegeven door aan te geven hoeveel N naar bouwland gaat. De overige 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 b.v. door N uit voerverliezen.
- NEMA geeft emissiepercentages voor de stal en voor de opslag. Deze worden in NEMA opgeteld tot de emissie uit 'stal en opslag'. Dat doet BEA ook. Een BEA-berekening is bedrijfsspecifieker te maken door precies te bepalen welk deel van de mest daadwerkelijk (snel) in een afgesloten opslag terecht komt waaruit tenslotte nauwelijks NH_3 vrijkomt en waarvoor, gegeven andere temperaturen, ook de veronderstelde 10% extra mineralisatie van organische N niet langer geldt.
- De berekeningen in BEA zijn sterk geënt op drijfmestsystemen met een minimaal gebruik van strooisel of andere toevoegmiddelen. Bij een ruim gebruik van koolstofrijk strooisel ('vaste mest' ofwel stalmest in engere zin) kan een groot deel van de uitgescheiden TAN microbieel worden omgezet in organische gebonden N zodat ammoniakverliezen vanuit de stal beperkt worden. Hoewel de correctiefactoren voor het stalsysteem dit beogen te verdisconteren kan in dit stadium niet met zekerheid bepaald worden of dit correct plaatsvindt. Daarbij zij ook gewezen op het feit dat strooiselgebruik de ammoniakverliezen vanuit stallen kan beperken, maar dat de bewaring van vaste mest buiten de stal, al dan niet in combinatie met het mechanisch omzetten van deze mest, alsnog tot aanzienlijke ammoniakverliezen kan leiden (Dewes, 1995; Thomsen, 2001; Berry *et al.*, 2002; Rotz, 2004).
- Zoals aangegeven maakt BEA geen onderscheid tussen de stalsystemen voor melkvee en jongvee. Door aan te nemen dat jongvee in hetzelfde staltype gehuisvest wordt als melkvee, wordt een fout geïntroduceerd. Deze fout is beperkt om dat 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. Daarnaast kunnen ook de be- en verwerking van mest (vergisten, scheiden) nog een rol spelen bij de uiteindelijke ammoniakverliezen.

- De emissiefactoren voor kunstmest (Tabel 2.2.7) zijn verkregen via ‘persoonlijke mededeling van F. Aarts’ en vinden hun oorsprong in de beschrijving van NEMA. Echter, in het NEMA rapport (Bijlage 16 van Velthof *et al.* (2009), waarin data uit Bouwman *et al.* (2002)) worden meer kunstmestsoorten onderscheiden dan in Tabel 2.2.7 en bovendien wordt er onderscheid gemaakt naar gronden met een pH groter dan wel kleiner dan 7.3 (kalkloos en kalkrijk). In NEMA worden deze cijfers niet, maar in BEA wel, gemiddeld over ureum houdende kunstmestsoorten en overige N-kunstmesten.

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 aangenomen dat de aangevoerde mest eenzelfde TAN-aandeel heeft als de mest die op het bedrijf zelf geproduceerd wordt. Dit is in werkelijkheid niet het geval.

2.3 BEN: bedrijfsspecifieke N stromen

2.3.1 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 op klei- en veengronden) en de emissie van het broeikasgas N₂O (lachgas). Dit deel van de KLW-berekeningen heeft primair tot doel om a) de N-concentratie van het bovenste grondwater onder het bedrijf (zandgronden) of oppervlaktewater binnen het bedrijf (veen- en kleigronden) te schatten en de emissie van het broeikasgas N₂O uit b) de bodem en c) de mestopslagen te schatten.

2.3.2 Berekeningswijzen

2.3.2.1 N-concentratie in water

Om N-concentraties in water te schatten dient het zogenaamde N-bodemoverschot berekend te worden. Dit N-bodemoverschot wordt omgerekend naar een N-concentratie op basis van relaties zoals die tussen beide gevonden wordt bij deelnemers aan het LMM, het Landelijke Meetnet effecten Mestbeleid, van RIVM en LEI-Wageningen UR (http://www.rivm.nl/Onderwerpen/L/Landelijk_Meetnet_effecten_Mestbeleid).

De factor die de 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:

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

Uit het LMM blijkt dat UF en NO afhankelijk zijn van het grondgebruik (grasland, bouwland) en van de grondsoort (Tabel 2.3.1). Voorts geeft de desbetreffende tabel aan dat er tussen jaren aanmerkelijke verschillen bestaan in de waarden van de uitspoelfractie en het neerslagoverschot.

Ten behoeve van BEN worden de N-bodemoverschotten van al het grasland en al het bouwland afzonderlijk berekend. Op basis van de opgegeven (zie Bijlage II voor de op te vragen bedrijfsinfo om BEN te kunnen berekenen) procentuele verdeling over de diverse grondsoorten van het grasland en bouwland 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 2.3.1. *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.*

Aanvoerposten

Het N-bodemoverschot wordt berekend op basis van de termen zoals aangegeven in Tabel 2.3.2. 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). 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 2.3.2. 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 sterk 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 KLV wordt dan ook niet naar een bedrijfsspecifieke waarde gevraagd.

De term Aan1 (weidemest) wordt uitgedrukt als kg totaal N per ha totaal grasland. De termen Aan2 ('stalmest', dat wil zeggen binnenshuis uitgescheiden en opgeslagen mest, meest drijfmest) en Aan3 (kunstmest) worden uitgedrukt als kg N per ha grasland en per ha bouwland. Aan1 en Aan3 worden opgegeven door KLV-deelnemers. Aan2 wordt afgeleid uit de gegevens over de bruto N-excretie in het kader van BEX (paragraaf 2.1) na verrekening van alle gasvormige verliezen uit stal en opslag volgens BEA (paragraaf 2.2), onder verrekening van aan- en afgevoerde mest, vermeerderd met voerresten maar nog niet gecorrigeerd voor de NH₃-N verliezen die bij beweiding en 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 Aan2 in mindering gebracht:

$$\text{Aan2} = \text{uitgescheiden mest} + \text{voerrest-N} - (\text{NH}_3\text{-N}_{\text{stal+opslag}} + \text{afgevoerde mest}) \pm \text{voorraadswijziging}.$$

De voerrest-N (kg N/ha) wordt 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:

$$\text{Voyerrest-N} = 0.05 \times (\text{N-opname in de vorm van geconserveerde ruwvoerders} / (1 - 0.05)) + 0.02 \times (\text{N-opname in de vorm van krachtvoerders} / (1 - 0.02)),$$

met N-opname uit de diverse voedermiddelen op basis van gegevens van het onderdeel BEX (paragraaf 2.1). KLV-deelnemers geven vervolgens aan wat de 'stalmest' gift op grasland ($\text{Aan2}_{\text{grasland}}$) en op bouwland ($\text{Aan2}_{\text{bouwland}}$) is (of andersom), en wel zodanig dat:

$$\text{Aan2} = ((\text{TGO} \times \text{Aan2}_{\text{grasland}}) + (\text{TAO} \times \text{Aan2}_{\text{bouwland}})) / (\text{TGO} + \text{TAO}), \text{ met}$$

TGO = totale oppervlakte grasland en TAO = totale oppervlakte bouwland. In plaats van specifieke opgaven van $\text{Aan2}_{\text{grasland}}$ en $\text{Aan2}_{\text{bouwland}}$ (waaruit Aan2) volgt, kunnen vanzelfsprekend ook Aan2 en $\text{Aan2}_{\text{bouwland}}$ worden opgegeven (waaruit dan $\text{Aan2}_{\text{grasland}}$ volgt).

In combinatie met de gevraagde gegevens aangaande:

- 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 (ESA, 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 (EKA, positief als gift op continueelt > gift bij wisselbouw),
- Totale bedrijfsoppervlakte (TBO, ha), de totale oppervlakte grasland (TGO, ha), de oppervlakte grasland in wisselbouw (WGO, ha) en de oppervlakte bouwland in wisselbouw (WAO, ha), kunnen de totale oppervlakte bouwland (TAO, ha) en de 'stalmest'- en kunstmestgift worden uitgerekend op continu grasland, continu bouwland, grasland in wisselbouw en bouwland in wisselbouw volgens:

$$\text{Aan2 op gras in wisselbouw} = ((\text{TGO} \times \text{Aan2}_{\text{grasland}}) + ((\text{TGO} - \text{WGO}) \times \text{ESG})) / \text{TGO}$$

$$\text{Aan2 op gras in continueelt} = \text{Aan2 op gras in wisselbouw} - \text{ESG}$$

$$\text{Aan2 op bouwland in wisselbouw} = ((\text{TAO} \times \text{Aan2}_{\text{bouwland}}) - ((\text{TAO} - \text{WAO}) \times \text{ESA})) / \text{TAO}$$

$$\text{Aan2 op bouwland in continueelt} = \text{Aan2 op bouwland in wisselbouw} + \text{ESA},$$

en:

$$\text{Aan3 op gras in wisselbouw} = ((\text{TGO} \times \text{Aan3}_{\text{grasland}}) + ((\text{TGO} - \text{WGO}) \times \text{EKG})) / \text{TGO}$$

$$\text{Aan3 op gras in continueelt} = \text{Aan3 op gras in wisselbouw} - \text{EKG}$$

$$\text{Aan3 op bouwland in wisselbouw} = ((\text{TAO} \times \text{Aan3}_{\text{bouwland}}) - ((\text{TAO} - \text{WAO}) \times \text{EKA})) / \text{TAO}$$

$$\text{Aan3 op bouwland in continueelt} = \text{Aan3 op bouwland in wisselbouw} + \text{EKA}$$

Zoals eerder opgemerkt, wordt in de huidige versie van KLV nog geen vragen gesteld naar gegevens die het mogelijk maken om bovenstaand onderscheid tussen teelten in continueelt en teelten in wisselbouw te maken.

De term Aan4 (N-binding door klaver, kg N per ha) wordt geschat als het product van de geschatte hoeveelheid gegroeide drogestof (voor aftrek van veldverliezen) in de vorm van klaver (als % klaveraandeel in geoogste hoeveelheid gras plus klaver) en een veronderstelde binding van 4,5 kg N per ton drogestof in de vorm van klaver (Elgersma & Hassink, 1997; Schils, 2002). De hoeveelheid gegroeide drogestof 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 x ($\text{Af1}_{\text{maigras}} + \text{Af1}_{\text{weide}} + \text{Af3}_{\text{maigras}} + \text{Af3}_{\text{weide}}$). Hierbij moet nog wel worden opgemerkt dat het hiervoor genoemde 'klaveraandeel' niet gelijk staat aan de visueel geschatte 'klaverbezetting' (percentage

bedekking) in gras-kloverbestanden. De relatie tussen beide bedraagt globaal: klaveraandeel/klaverbezetting = 0,82 (Schils *et al.*, 2001).

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 ($Af3_{\text{maai}} + Af3_{\text{weide}}$, kg N/ha) en voor bouwland ($Aan6_{\text{bouwland}}$, kg N/ha) als de oogstverliezen. De beweidingsverliezen worden gesteld op 15-20% van de N-opbrengst van weidesneden (zie Tabel 1.1) en de maaiverliezen ('maaien, schudden, wiersen, laden') op 5% van de N-opbrengst van maaisneden. De oogstverliezen van maïsland ('hakselen, laden') worden gesteld op 2% van de N-opbrengst.

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 2.2.2.8) 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.

De term Aan7 (gewasresten) worden voor grasland ($Aan7_{\text{grasland}}$) gesteld op 75 kg N/ha (Velthof & Oenema, 2001) en voor bouwland ($Aan7_{\text{bouwland}}$) 25 kg N/ha (Schröder, 1991). De waarde van 25 kg N/ha heeft betrekking op snijmaïsland. De berekening neemt dus impliciet aan het eventuele overige bouwland (andere gewassen dan snijmaïs) diezelfde waarde heeft. Dit zal niet geheel in overeenstemming zijn met de werkelijkheid. Toekomstige versies van de KLV zullen hiermee op een correctere manier rekening houden. Bij de nalevering vanuit beweidings-, maai- en oogstverliezen (Aan6) en gewasresten (Aan7) wordt 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 hier genegeerd.

De waarde die aan de term Aan8 (onbemeste) vanggewassen) wordt toegekend, varieert na maïs tussen 0 en 40 kg N per ha. Vooralsnog wordt aan de KLV-deelnemer niet anders gevraagd dan of er een vanggewas wordt geteeld. Zo ja, dan wordt verondersteld dat dat vanggewas (stoppelzaai van rogge, onderzaai van gras) gemiddeld 40 kg N per ha zal vastleggen (Schröder *et al.*, 1996). Als naast snijmaïs ook andere bouwlandgewassen worden geteeld, zal deze 40 kg N per ha zowel een over- als een onderschatting kunnen zijn. Toekomstige versies van de KLV zullen hiermee meer rekening gaan houden. In die toekomstige versies kan aan deelnemers ook gevraagd een onderscheid te maken tussen het al dan niet telen van een vanggewas in de continueelten dan wel in de wisselbouwteelten. Bij continueelt van gras komen geen vanggewassen voor en geldt Aan8 = 0, bij continueelt van bouwland (i.c. maïs) geldt Aan8 = 40, althans wanneer de KLV-deelnemer aangeeft een vanggewas te telen. Bij wisselbouw van gras en bouwland wordt aangenomen dat het eerste bouwlandjaar niet voorafgegaan wordt door een vanggewas en het eerste grasjaar wel voorafgegaan wordt door een vanggewas, althans als de KLV-deelnemer aangeeft een vanggewas na het bouwlandgewas in wisselbouw te telen. Dat betekent dat in wisselbouw geldt:

$$Aan8_{\text{gras in wisselbouw}} = 40 / (\text{duur van de graslandfase}), \text{ en}$$

$$Aan8_{\text{bouwland in wisselbouw}} = 40 \times ((\text{duur van de bouwlandfase} - 1) / (\text{duur van de bouwlandfase}))$$

met een duur van de graslandfase (jaren) volgens opgave en een duur van de bouwlandfase (jaren) volgens:

$$\text{Duur van de bouwlandfase} = \text{duur van de graslandfase} \times \text{WAO} / \text{WGO}.$$

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 Aan0 = 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) gedeeld door de duur van de bouwlandfase:

$$\text{Aan10 bij wisselbouw van bouwland} = 75 \times \text{duur graslandfase} / (\text{duur bouwlandfase}) = 75 \times \text{WGO} / \text{WAO}.$$

Tabel 2.3.2. 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	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		X	
	Aan9	veenmineralisatie		X	
	Aan10	uit scheuren grasland			X
	Aan	SUBTOTAAL			
Afvoer	Af0	Nmin voorjaar, jaar x+1	X		
	Af1	geoogst van eigen land		X	(X)**
	Af2	ammoniak verliezen bij beweiding, (kunst)mesttoediening en uit staand gewas*		X	
	Af3	beweidings-, maai- en oogstverliezen		X	
	Af4	gewasresten		X	
	Af5	vanggewassen		X	
	Af6	opbouw kunstweide			X
	Af	SUBTOTAAL			
Bodemoverschot	Aan-Af	TOTAAL			X

* N-verlies bij veroudering of tijdens voordrogen.

** 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.

Afvoerposten

Elders in deze paragraaf wordt toegelicht hoe de term Af1 (geoogst van eigen land) wordt berekend.

De term Af2 (ammoniakverliezen bij beweiding, uit mest en kunstmest, uit gewassen te velde) wordt ontleend aan het onderdeel BEA (paragraaf 2.2). 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 geldt dat term Af4 (gewasresten) gelijk is aan Aan7. De term Af5 (vanggewassen) is, zoals hierboven aangegeven, gesteld op 40 kg N per ha en is alleen aan de orde bij bouwland. Eerder in deze paragraaf is aangegeven dat deze waarde in werkelijkheid zal variëren omdat niet ieder bouwlandgewas dezelfde groeikansen biedt aan een nateelt.

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.

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 he 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) en maïskuil ($NOP_{maïskuil}$, kg N). Hierbij geldt voor de afvoer in de vorm van weidegras ($Af1_{weide}$) en de beweidingsverliezen ($Af3_{weide}$):

$$Af1_{weide} = (NOP_{weide}) / TGO,$$

met TGO (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:

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

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 ($NOP_{maigras_eigenland}$) geldt:

$$NOP_{maigras_eigenland} = (NOP_{maigras} - NOP_{maigras_aangekocht})$$

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

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

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

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

Vervolgens geldt voor de geoogste hoeveelheid gemaaid gras N (kg N) van eigen land ($N_{\text{maigras_dam}}$):

$NDAM_{\text{maigras}} = NAAN_{\text{maigras_eigenland}} / ((100 - \text{conserveringsverlies}) / 100)$, waarbij verrekend dient dat niet alle gras dat gemaaid wordt noodzakelijkerwijs ook geconserveerd behoeft te zijn geworden (nl. ingeval van stalvoeding).

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

$$Af1_{\text{maigras}} = NDAM_{\text{maigras}} / TGO$$

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 ($Af1_{\text{maigras}} + Af3_{\text{maigras}}$), gelijk aan:

$$Af1_{\text{maigras}} + Af3_{\text{maigras}} = Af1_{\text{maigras}} + Af1_{\text{maigras}} / ((100 - \text{maai-verlies}) / 100)$$

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, 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 geoogste hoeveelheid maïs N (kg N) van eigen land ($N_{\text{maïs_dam}}$):

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

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

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

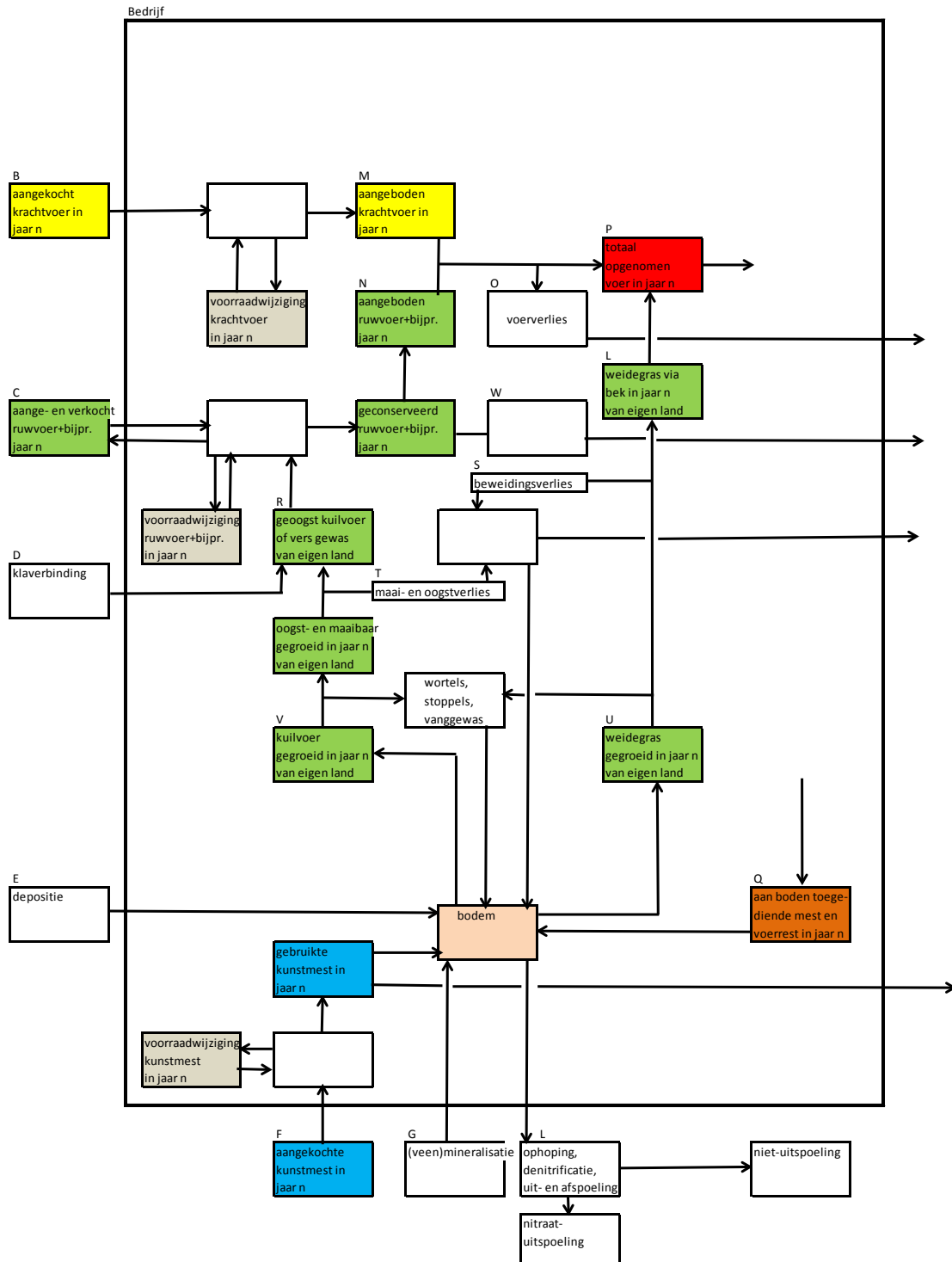
waarbij wel moet worden aangetekend dat deze berekening van $Af1$ alleen dan correct is als het totale areaal bouwland ('TAO', ha) volledig uit snijmaïs bestaat. Zo niet, dan dient ter berekening van $Af1_{\text{totaal}}$ bij $Af1_{\text{maïs}}$ een term $Af1_{\text{niet-maïs}}$ te worden opgeteld volgens:

$$Af1_{\text{totaal}} = (Af1_{\text{niet-maïs}} \times \text{ha's niet-maïs}) + NDAM_{\text{maïs}} / TAO$$

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

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

Figuur 2.3.1 geeft een samenvattend stroomschema. Dit stroomschema beperkt zich tot de teelten die op het bedrijf zelf worden verwerkt door het vee ('weidegras, snijmaïs en MKS'). 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 2.3.1. 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.

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 KLV gehanteerde conventie na aftrek van ammoniakverliezen bij beweiding en toediening van (kunst)mest) die tot benutbare N-afvoer leidt (afvoer 'via bek of dam'). 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 KLV-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 is door een individuele KLV-deelnemer maar is net als depositie, tot op zekere hoogte wel een gevolg gezamenlijk genomen landbouwkundige beslissingen. Dit alles overwegende definieert de KLV de N-benutting in het compartiment bodem als:

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

2.3.2.2 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 melkveebedrijf 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 2.3.2.3 behandeld.

De onderhavige paragraaf vangt aan met een beschrijving van de wijze waarop de zogenaamde indirecte bodem-emissies berekend kunnen worden, vooruitlopend op een beslissing of de KLV deze emissies moet meenemen. Indirecte bodememissies hebben namelijk 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.

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 en onlangs vernieuwd door Velthof & Mosquera (2011) op basis van de meest recente proeven in Nederland (zie Tabel 2.3.3). 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. Zoals hiervoor aangegeven zijn de zogenaamde indirecte N₂O emissies het gevolg van vervluchtiging en uit- en afspoeling van N en worden zij berekend volgens vergelijkingen Eq 2.3.1 en 2.3.2 (zie Tabel 2.3.3 voor de verklaring van de termen/codes en de waarden voor de emissiefactoren):

$$N_2O_{\text{em}}(\text{vol}) = EF(\text{vol}) * N_{\text{loss}}(\text{vol}) \quad (\text{Eq 2.3.1})$$

met $N_{\text{loss}}(\text{vol})$ = totale NH₃-N verlies volgens BEA (inclusief ammoniakverliezen uit zwaden) in kg NH₃-N, dus Af2 x TBO.

$$N_2Oem(lea) = EF(lea) * Nloss(lea) \quad (Eq\ 2.3.2)$$

met $Nloss(lea) = N\text{-bodemoverschot} \times UF$ (volgens BEN)

Aangezien de bodemomstandigheden buiten het bedrijf (relatief) onbekend zijn, worden in de vergelijkingen Eq 2.3.1 en Eq 2.3.2 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.

Voor de berekening van de directe N_2O bodememissies uit het bedrijf worden de volgende N-stromen onderscheiden: kunstmest (vergelijking Eq 2.3.3), organische mest (vergelijking Eq 2.3.4), N-uitscheiding in de wei (vergelijking Eq 2.3.5), netto N-input in de bodem afkomstig van N-fixatie door vlinderbloemigen (vergelijking Eq 2.3.6), N-input door gewasresten (vergelijking Eq 2.3.7), netto afname van organische bodem-N op minerale gronden (vergelijking Eq 2.3.8) en netto afname van organische bodem-N door ontwatering van veengronden (vergelijking Eq 2.3.9). Iedere stroom (behalve in vergelijking Eq 2.3.9) dient apart gekwantificeerd te worden voor het grasland- en het akkerbouwdeel 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 2.3.3). 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 N_2O emissie berekend (zie ook Tabel 2.3.3):

De N-stromen die samenhangen met de bemesting (vergelijkingen Eq 2.3.3 en 2.3.4) en met de totale N-excretie in de wei (mest en urine; vergelijking Eq 2.3.5), zijn geënt op informatie die eerder gebruikt is voor de berekening van de N-concentratie in water in het kader van BEN.

$$N_2Oem(cf) = EF(cf) * Ninp(cf) \quad (Eq\ 2.3.3)$$

met:

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

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

$EF(cf)$ volgens Tabel 2.3.3.

$$N_2Oem(of) = EF(of) * Ninp(of) \quad (Eq\ 2.3.4)$$

met:

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

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

$EF(of)$ volgens Tabel 2.3.3.

$$N_2Oem(an) = EF(an) * Ninp(an) \quad (Eq\ 2.3.5)$$

met:

$$Ninp(an) = Aan1 \times TGO, \text{ en}$$

$EF(an)$ volgens Tabel 2.3.3.

Bij de N-stroom die samenhangt met N-fixatie door vlinderbloemigen (vergelijking Eq 2.3.6) gaat het niet om de totale N-fixatie, maar om het deel dat via gewasresten van de vlinderbloemige in de bodem terechtkomt. IPCC neemt namelijk aan dat bij het proces van fixatie geen N_2O geproduceerd wordt, waardoor er geen directe N_2O 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 het aandeel klaver in grasland en de aldus geschatte hoeveelheid wordt vermenigvuldigd met 0.33 om de hoeveelheid N in de niet-geoogste delen van de vlinderbloemige te schatten (gebaseerd op witte klaver, zie Tabel 2.3.3). Tabel 2.3.3 onderscheidt de teelt in monocultuur en de teelt in een mengsel met gras, maar BEN rekent vooralsnog alleen met eventuele gras-klaver mengsels. BEN maakt wel onderscheid tussen minerale grond en veengrond bij berekening van de emissie. De berekening verloopt als volgt:

$$N_2O_{em}(cl) = EF(cl) * N_{inp}(cl) \quad (Eq\ 2.3.6)$$

met:

$$N_{inp}(cl) = Aan4 \times TGO \times 0,33, \text{ en}$$

EF(cl) volgens Tabel 2.3.3.

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 2.3.7). IPCC hanteert daarbij een aangepaste definitie van gewasresten; naast de wortel- en stoppelresten van bouwland, omvatten gewasresten ook beweidings-, maa- en oogstverliezen van grasland en bouwland, alsmede nateelten geteeld na bouwland-hoofdteelten (i.c. vanggewassen na maïs). 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 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:

$$N_2O_{em}(cr) = EF(cr) * N_{inp}(cr) \quad (Eq\ 2.3.7)$$

met:

$$N_{inp}(cr) = TAO \times (Aan7_{bouwland} + Af3_{maïskuil} + WAO/TAO \times (Aan8 \text{ bij bouwland in wisselbouw}) + (TAO-WAO)/TAO \times (Aan8 \text{ bij bouwland in continue teelt}))$$

$$+ TGO \times (Af3_{weide} + Af3_{maigras} + WGO/TGO \times (Aan8 \text{ bij gras in wisselbouw})) +$$

$$(fractie \text{ van } (TGO-WGO)/TGO \text{ die gemiddeld jaarlijks wordt geherinzaaid op gescheurd grasland} \times 190) + WGO/TGO \times 75),$$

en EF(cr) volgens Tabel 2.3.3.

De bovenstaande rekenregel neemt vooralsnog aan, in afwachting van een verbeterde versie van de KLV, dat de gewasrest (Aan7), de oogstverliezen (Af3) en de nateelt (Aan8) die betrekking heeft op het maïsland precies hetzelfde is voor eventuele andere bouwlandgewassen.

De laatste twee bronnen van directe N₂O emissie vanuit de bodem hangen samen met een daling in de voorraad organisch gebonden N in de bodem (vergelijking Eq 2.3.8). 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 2.3.7 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 2.3.2.1).

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 2.3.3) waaronder een jaarlijkse veenmineralisatie van 235 kg N/ha. De N₂O emissie die verbonden is aan de veenmineralisatie, wordt als volgt geschat:

$$N_2O_{em}(pt) = EF(pt) * N_{inp}(pt) \quad (Eq\ 2.3.8)$$

met:

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

$$\text{en } EF(pt) = 0,02 \text{ (zie Tabel 2.3.3).}$$

Voor het berekenen van de totale N₂O bedrijfsemissie worden de verschillende emissies van vergelijkingen Eq 2.3.1 tot en met Eq 2.3.8 gesommeerd (in kg N₂O-N per jaar) en worden tenslotte de bodememissies onder onbemeste omstandigheden opgeteld. Het IPCC (2006) meldt hierover: '*Natural N₂O 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 N₂O-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 akkerbouw heeft het IPCC de jaarlijkse input van gewasresten meegenomen (vergelijking Eq 2.3.7) waarmee de emissie uit voornoemd onbemest akkerland 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 (N₂O_{em}(backgr_grassl_m) op minerale gronden wordt geschat op gemiddeld 1 kg N₂O-N per ha per jaar (Velthof *et al.*, 1996) en wordt vermenigvuldigd met het aantal ha grasland op het bedrijf:

$$N_2O_{em}(\text{backgr_grassl_m}) = TGO \times (1 - \text{fractie veengrond binnen TGO}) \times 1 \quad (Eq\ 2.3.9)$$

- b) De emissie van onbemest grasland op veengronden (N₂O_{em}(backgr_grassl_p) wordt geschat op gemiddeld 5,3 kg N₂O-N per ha per jaar (Velthof *et al.*, 1996). Echter, er is al rekening gehouden met 235 x 0,02 = 4,7 kg N₂O-N emissie per ha veengrond als gevolg van extra mineralisatie op ontwaterde veengronden (zie vergelijking Eq 2.3.8 en Tabel 2.3.3). Correctie hiervoor levert:

$$N_2O_{em}(\text{backgr_grassl_p}) = TGO \times (\text{fractie veengrond binnen TGO}) \times (5,3 - 4,7) \quad (Eq\ 2.3.10)$$

Deze 'extra' N₂O emissies worden toegevoegd aan de emissies van vergelijkingen Eq 2.3.1 tot en met Eq 2.3.8. Door vermenigvuldiging met 44/28 wordt de totale N₂O bedrijfsemissie verkregen in kg N₂O per jaar.

Tabel 2.3.3. De bodem-gerelateerde N inputs en N₂O 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 ₂ O-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 ₂ O-N ha ⁻¹ j ⁻¹	4,7 kg N ₂ O-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 N₂O emissies (NIR2011), 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 N₂O-N emissie van gecultiveerde organische gronden in de gematigde klimaatzone.

2.3.2.3 Emissie van N₂O uit mestopslagen

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 activiteiten-data 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 2.3.2.2.

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:

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

N₂O_{(D(mm))} :

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 (paragraaf 2.1), 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.*, 2009; 2012). Naast NH_3 schat het model ook de emissies van N_2O , NO en N_2 uit stallen en opslagen (Tabellen 2.2.2 en 2.2.3).

Voor de emissiefactoren wordt gebruikt gemaakt van de default waarden IPCC 2006 (Tabel 2.3.4).

Tabel 2.3.4. Emissiefactoren (EF_3) per mestmanagementsysteem in $\text{kg N}_2\text{O-N} / \text{kg N}$ uitgescheiden mest.

Mestmanagementsysteem	Emissiefactoren in $\text{kg N}_2\text{O-N} / \text{kg N}$ uitgescheiden mest in de stal
Dunne mest	0,002
Vaste mest	0,005

Bron: IPCC, 2006.

2.3.2.4 Overige gasvormige N-verliezen

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 gasvormige verliezen. Aangenomen wordt dat deze 'overige 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 N_2 en NO_x .

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

De overige gasvormige N-verliezen uit stal en opslag worden becijferd als het verschil tussen 'overige gasvormige N-verliezen volgens Tabellen 2.2.2 of 2.2.3 en de lachgasverliezen volgens Tabel 2.3.4, waarbij de verliezen steeds betrokken worden op de som van de bruto uitgescheiden hoeveelheid 'stal'mest, de afgevoerde mest en aangevoerde mest (gecorrigeerd voor voorraadswijzigingen).

2.3.3 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:

- Bedrijven waarvan de overwegende mestsoort geen drijfmest is,
- 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 continuïteit en de afvoertermen beweidings-, maai- en oogstverliezen nog niet exact aan de correcte volgteelten als aanvoerterm worden toegewezen,
- Het nauwkeurig bepalen van N-overschotten en N-uitspoeling voor bedrijven die andere gewassen dan gras en snijmaïs telen omdat vooralsnog wordt aangenomen dat eventuele andere ruwvoergewassen of af te voeren

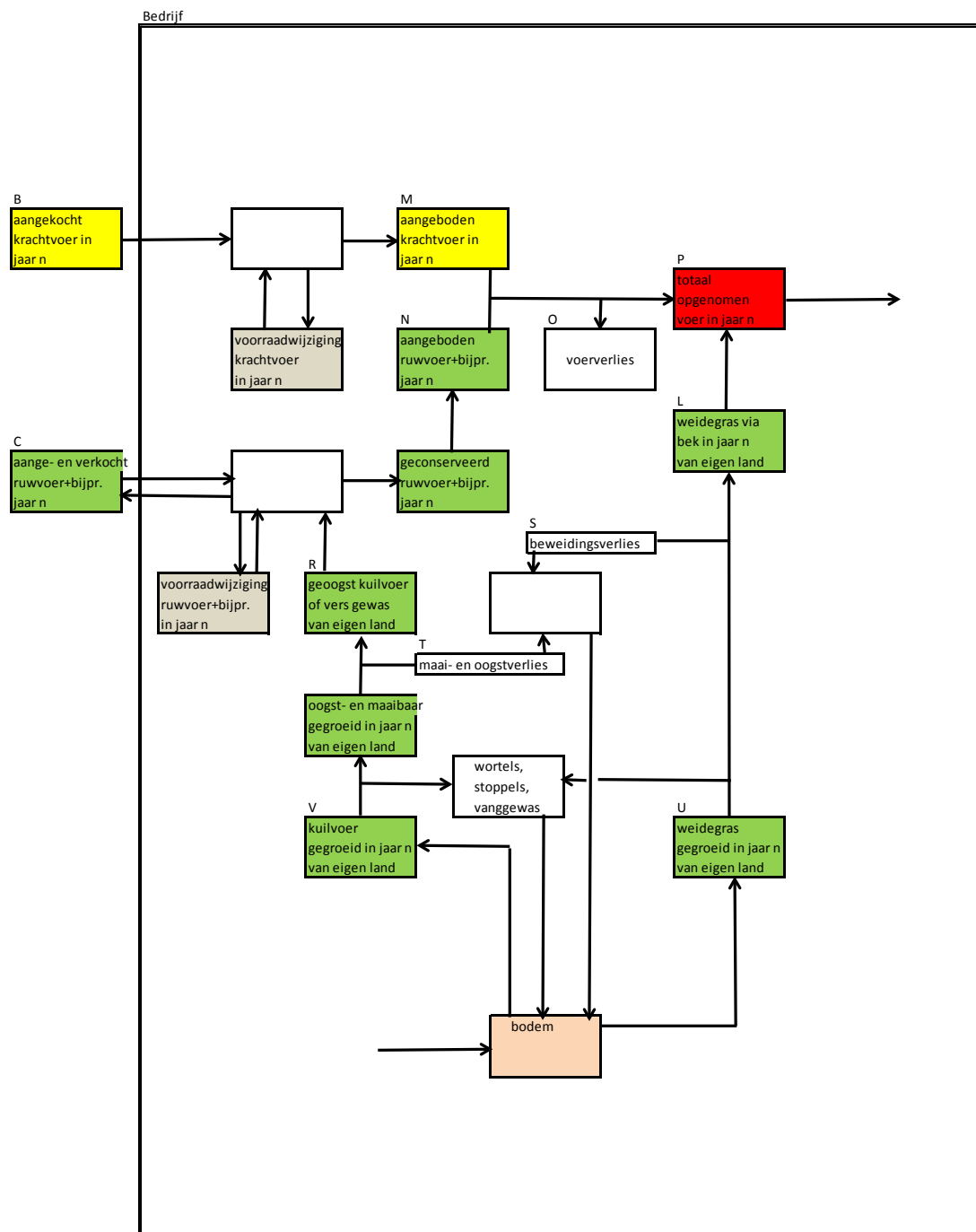
akkerbouwgewassen een gewasrest met dezelfde N-inhoud als snijmaïs bezitten (25 kg N/ha) en eventuele nateelten in alle gevallen een N-inhoud bezitten zoals die typerend is voor nateelten na snijmaïs (40 kg N/ha),

- De mineralisatie vanuit veengrond op grasland wordt in de KLV 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, neerslag-overschotten variëren en ook denitrificatie van veel 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 N_2O 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 meetperioden (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; zie Conijn *et al.*, 2014). 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 (meer uitgebreidere beschrijving in Conijn *et al.*, 2014):
 - N_2O emissie van onbemeste velden.
In de database van Velthof en Mosquera (2011) is een groot aantal proeven aanwezig voor de 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 N_2O 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 N_2O -productie die het gevolg is van veenmineralisatie, maar negeert de N_2O -productie die op zou treden als op een minerale grond het organische stof gehalte 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 N_2O 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.

2.4 BEP: bedrijfsspecifieke P-stromen

2.4.1 Inleiding

BEP heeft tot doel te becijferen hoeveel P (P_2O_5) door weidende dieren ('via de bek') opgenomen wordt en door machines ('over de dam') in de vorm van vers gras of kuilgras en snijmaïs naar het erf gebracht wordt. 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 2.4.1. Nutriëntenstromen betrokken bij de berekening van de hoeveelheid door machines en dieren geoogste P van eigen land.

2.4.2 Berekeningswijze

In het kader van BEX wordt op basis van de veestapelsamenstelling en de productie de totale VEM-behoefte van het bedrijf berekend. Daarbij wordt een opsplitsing gemaakt tussen aangekochte voeders (krachtvoer, aangekocht ruwvoer) en zelf geteelde voeders (kuilgras, snijmaïskuil, weidegras). Door elk van deze voeders met hun bedrijfsspecifieke P/VEM verhouding te vermenigvuldigen, wordt berekend hoeveel P (kg P_2O_5 /ha) uit eigen voer is opgenomen en 'via bek of dam' is geoogst. Figuur 2.4.1 verduidelijkt een en ander.

$$P \text{ opname uit eigen voer} = \text{totale P opname} - P \text{ opname uit aangekocht voer}, \quad (\text{Eq 2.4.1})$$

$$\text{met: } P \text{ opname uit eigen voer} = P \text{ geoogst via bek of dam} - P \text{ voerrest}_{\text{eigenvoer}}, \quad (\text{Eq 2.4.2})$$

$$\leftrightarrow P \text{ geoogst via bek of dam} = P \text{ opname uit eigen voer} + P \text{ voerrest}_{\text{eigenvoer}}$$

en:

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

$$P \text{ in aangekocht voer} - P \text{ voorraadvorming} - P \text{ voerrest}_{\text{aangekochtvoer}} \quad (\text{Eq 2.4.3})$$

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:

$$\text{Voerrest-P} = 0.05 \times (P\text{-opname in de vorm van geconserveerde ruwvoerders} / (1 - 0.05)) + 0.02 \times (P\text{-opname in de vorm van krachtvoerders} / (1 - 0.02)) \quad (\text{Eq 2.4.4})$$

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

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

$$P \text{ in mest (inclusief voerrest)} + P \text{ in melk en vlees} \quad (\text{Eq 2.4.5})$$

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:

$$P \text{ in kunstmest} + P \text{ in aangekocht voer gecorrigeerd voor voorraadswijzigingen} =$$

$$P \text{ in melk en vlees} \leftrightarrow$$

$$P \text{ in aangekocht voer gecorrigeerd voor voorraadswijzigingen} =$$

$$P \text{ in melk en vlees} - P \text{ in kunstmest}. \quad (\text{Eq 2.4.6})$$

Substitutie van vergelijking Eq 2.4.6 in Eq 2.4.5 geeft:

$P_{\text{geoogst via bek of dam}} + (P_{\text{in melk en vlees}} - P_{\text{in kunstmest}} =$

$P_{\text{in mest (inclusief voerrest)}} + (P_{\text{in melk en vlees}}) \leftrightarrow$

$$P_{\text{in mest (inclusief voerrest)}} + P_{\text{in kunstmest}} = P_{\text{geoogst via bek of dam}} \quad (\text{Eq 2.4.7})$$

Dat betekent dat van evenwichtsbermesting sprake is als de P aanvoer via (kunst)mest in overeenstemming is met hetgeen via bek of dam aan P geoogst is.

Op basis van de verhouding van de hoeveelheid aangelegde voorraden van eigen gras en snijmaïs (aanleg grasproducten, opname weidegras, aanleg snijmaïskuilen; zie BEX) wordt een afgeleide P-opbrengst van het grasland en maïsland bepaald. Voor de hoeveelheid P van grasland (P_{grasland}) geldt:

$$P_{\text{grasland}} \text{ geoogst via bek of dam} = P_{\text{geoogst via bek of dam}} / (P_{\text{maai gras}} + P_{\text{weide}} + P_{\text{maïskuil}}) * (P_{\text{maai gras}} + P_{\text{weide}}) \quad (\text{Eq 2.4.8})$$

met: $P_{\text{maai gras}}$ is de hoeveelheid P in aangelegde eigen graskuil of vers vervoerd, P_{weide} is de hoeveelheid P opgenomen in weidegras en $P_{\text{maïskuil}}$ is de hoeveelheid P in aangelegde eigen maïskuil.

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

$$P_{\text{maïsland}} \text{ geoogst via dam} = P_{\text{geoogst via bek of dam}} / (P_{\text{maai gras}} + P_{\text{weide}} + P_{\text{maïskuil}}) * (P_{\text{maïskuil}}) \quad (\text{Eq 2.4.9})$$

2.4.3 Kanttekeningen bij BEP

Eerder onderzoek (Oenema *et al.*, 2011) geeft aan dat er een goede overeenstemming bestaat tussen de 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 kuilrichtheden. Hiernaar loopt op dit moment dan ook onderzoek.

2.5 BEC: bedrijfsspecifieke C stromen

2.5.1 Inleiding

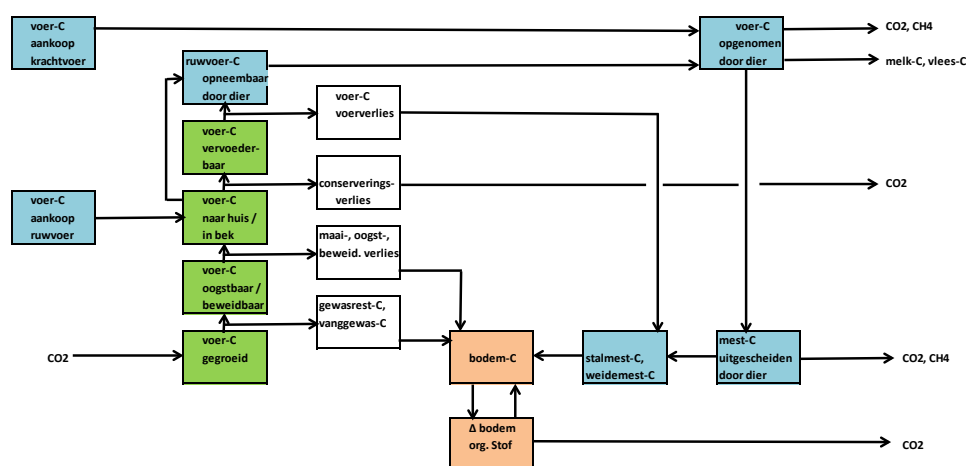
Gewassen nemen koolstof (C) op uit de lucht in de vorm van koolzuur (CO_2) en zetten dit om in koolhydraten. Op een melkveebedrijf zetten dieren de C in koolhydraten in ruw- en krachtvoer vervolgens om in melk- en vlees-C (suikers, vetten, eiwitten), in mest-C, in CO_2 en in methaan (CH_4). Tijdens de bewaring van 'stalmest' wordt een deel van de mest-C verder omgezet in CO_2 en CH_4 . Het resterende deel van de C in 'stalmest' wordt samen met weidemest-C, en de C in gewasresten, in vanggewassen, in weide-, maa- en oogstverliezen, en in voerverliezen, aan de bodem

toegevoegd (Figuur 2.5.1). Het bodemleven gebruikt deze C als voedsel en produceert daarbij CO_2 . Als de toevoegingen van C groter zijn dan de C-consumptie door het bodemleven, stijgt het organische stof gehalte van de bodem, en als de C-consumptie de toevoeging overstijgt, daalt het organische stof gehalte. De verbindingen waaruit deze 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, 48 kg N, en 6 kg P (14 kg P_2O_5). Omgekeerd geldt dat als het organische stofgehalte van een bodemlaag van 25 cm met, zeg, 0,1 procentpunt stijgt (of daalt) dat dat overeenkomt met een toename (of afname) van de hoeveelheden vastgelegde C, N en P (P_2O_5) van, respectievelijk, circa 1960, 160 en 20 (47) kg per ha.

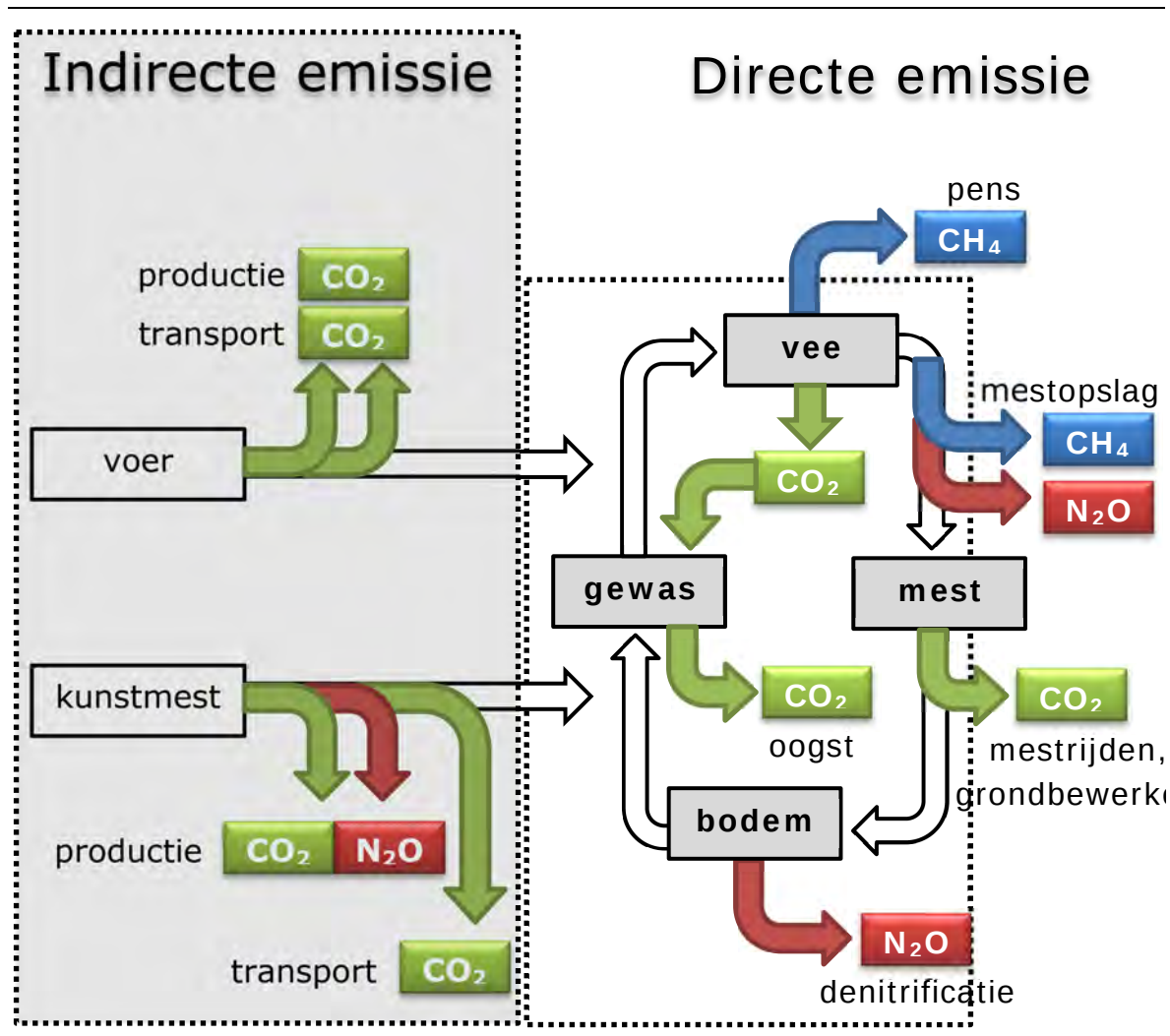
Voor de productie van melk is energie nodig. Dit betreft energie voor, bijvoorbeeld, koelen, verwarmen en het gebruik van machines op veld en erf. Dat energiegebruik kan plaatsvinden in de vorm van brandstoffen (diesel, gas) of in de vorm van elektriciteit. Elk van die vormen kan in principe meer of minder op het bedrijf zelf zijn 'gemaakt' of van buiten betrokken worden en gebaseerd zijn op fossiele dan wel vernieuwbare bronnen. Voor de productie van melk zijn naast energie ook vaak andere grondstoffen gebruikt, waaronder kunstmest 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.

Het onderdeel BEC van de KringloopWijzer heeft onder meer tot doel om te schatten hoeveel CH_4 en CO_2 vrijkomt op een melkveebedrijf. Dat is van belang omdat beide, net als N_2O , zogenaamde broeikasgassen zijn. Omwille van de optelbaarheid van de verschillende gassen wordt het broeikaseffect van CH_4 en N_2O daarbij omgezet naar CO_2 -equivalenten: 1 kg CH_4 komt overeen met 25 kg CO_2 en 1 kg N_2O komt overeen met 298 kg CO_2 (IPCC, 2007). De rekenmethode KringloopWijzer beperkt zich tot de broeikasgassen die binnen de bedrijfsgrenzen ontstaan, de zogenaamde directe emissies (Figuur 2.5.2). De KringloopWijzer roept ook aanvullende informatie aan om de geschatte productie van CO_2 -equivalenten die voor de poort van het bedrijf ontstaat ('upstream') bij de productie en het transport van kunstmest, (kracht)voer en elektriciteit te berekenen.

Daarnaast heeft de BEC module tot doel om na te gaan of de C-toevoegingen aan de bodem in evenwicht zijn met de C-consumptie door het bodemleven: het saldo van de zogenaamde organische stof balans.



Figuur 2.5.1. De C-stromen op een melkveebedrijf (vereenvoudigd, exclusief de aanvoer van C met strooisel, vee, mest, of de afvoer van C met niet-ruwwoergewassen).



Figuur 2.5.2. Vereenvoudigd schema van emissies van broeikasgassen op het melkveebedrijf.

2.5.2 Berekeningswijzen

2.5.2.1 Emissie van methaan uit dieren

Tiers

De methaanemissie die het gevolg is van fermentatie in het maagdarmkanaal vertegenwoordigt circa 75-80% van de totale methaanemissie van het melkveebedrijf. Het complement van die emissie, 20-25%, is afkomstig uit de mestopslag.

Voor de emissie uit de pens zijn er binnen de IPCC rekenreeksen (in het Engels 'Tiers') op drie niveaus, waarbij de beschikbaarheid van data leidend is voor de keuze van rekenreeks of Tier. Met toenemend Tier-nummer neemt zowel de datavraag als de nauwkeurigheid van de berekende methaanemissie toe (Tabel 2.5.1).

Tabel 2.5.1. De benodigde en geleverde informatie bij verschillende Tier-niveaus voor berekening methaanemissie uit pens- en darmfermentatie.

Tier	Input	Output
Tier 1	- Aantal dieren - Land specifieke emissiefactor per diercategorie	- Basis voor grove vergelijking van emissie tussen landen - Onnauwkeurigheid relatief groot: ca. 30-50%
Tier 2	- Hoeveelheid opgenomen bruto energie uit voer - Methaanemissie 6.5% van energieopname	- Verbetering van Tier 1 met eerste aanpassing naar omstandigheden per land - Onnauwkeurigheid ca. 20%
Tier 3	- Opgenomen hoeveelheid voer per type voersoort in kg drogestof (DS) - Chemische samenstelling en verteringskarakteristieken per voedermiddel - Dynamisch simulatiemodel dat de fermentatie in het maagdarmkanaal beschrijft	- Specifieke emissiefactor per kg DS voedermiddel - Schatting van emissie op individuele bedrijven of onder specifieke productieomstandigheden (bijv. regio's, bedrijfstypen, e.d.) - Meest nauwkeurig; onnauwkeurigheid van Tier 3 bij melkvee onder Nederlandse omstandigheden is ca. 15% (Bannink <i>et al.</i> 2011).

De Tier 3 methode biedt de meeste nauwkeurigheid én de meeste sturingsmogelijkheden om de methaanemissie te verlagen. Binnen de KringloopWijzer willen we waar mogelijk gebruik gaan maken van deze methode. 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 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 voer) wordt vervolgens toegepast om de methaanemissie te berekenen.

De Tier 3 methode is echter op dit moment nog niet geschikt voor inbouw in de KringloopWijzer / BEC omdat:

1. Gegevens over voerkenmerken vanuit de reguliere dataverzameling (BEX) nog onvoldoende beschikbaar zijn om nauwkeurige emissiefactoren te kunnen berekenen,
2. Aanvullende gegevens mogelijk via veevoederleveranciers verkrijgbaar zijn, maar de verzameling van deze gegevens is nog niet praktisch haalbaar,
3. De berekening en definitie van enkele factoren nog onvoldoende wetenschappelijk zijn vastgelegd om het eindresultaat handhaafbaar te maken.

Voorlopig gebruiken we daarom de Tier 2 methode, die in de komende jaren verbeterd zal worden naar een Tier 3 methode.

Rekenregels

De Tier2 berekening voor de methaanemissie is erop gebaseerd 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. Op basis van onderzoek naar melkveerantsoenen onder Nederlandse omstandigheden van 1990 tot 2008 (Bannink *et al.*, 2011) is dit voor de Nederlandse situatie aangepast naar gemiddeld 5,97%. Voor jongvee blijft het percentage van 6,5% gehandhaafd, omdat voor jongvee geen specifieke Nederlandse data beschikbaar zijn. De opname van drogestof (DS) in de vorm van melkpoeder wordt hierbij niet meegenomen, omdat er van uit wordt gegaan dat de methaanproductie door ongespeende kalveren (zonder functionele pens) verwaarloosbaar is.

Als alleen de DS opname van de veestapel bekend is, is het jongvee-aandeel van de DS opname (excl. melkpoeder) in te schatten met behulp van de dieren aantallen en de verhouding tussen de hoeveelheid DS-opname van volwassen melkvee t.o.v. jongvee (Tabel 2.5.2).

Tabel 2.5.2. Relatie DS opname van jongvee ten opzicht van volwassen melkvee (bron: Tamminga *et al.*, 2004).

Categorie	Relatieve DS opname t.o.v. volwassen melkvee
Volwassen melkvee	100
Jongvee >1 jaar	46
Jongvee <1 jaar	22

Rekenvoorbeeld verdeling DS opname

Bij een DS opname van in totaal 1.000.000 kg DS voor een veestapel van 120 melkkoeien, 40 stuks jongvee >1 jaar en 50 stuks jongvee <1 jaar zal het aandeel DS dat naar het volwassen melkvee gaat $\frac{1.000.000}{(120 \cdot 100 + 40 \cdot 46 + 50 \cdot 22)} \cdot 120 \cdot 100 = 803.213$ kg zijn; evenzo gaat er 123.159 kg DS naar het jongvee >1 jaar en 73.628 kg DS naar het jongvee <1 jaar.

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 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).

NB: De emissie wordt meestal uitgedrukt per eenheid eindproduct (melk). Door hierbij de geproduceerde hoeveelheid meetmelk (FPCM) aan te houden, is het resultaat over verschillende bedrijven te vergelijken. De berekening verloopt als volgt:

In formules:

$$\text{BE opname veestapel}^* = \text{DS opname veestapel} \cdot 18,45$$

$$\text{CH}_4 \text{ emissie (in kg CO}_2\text{-equivalenten)} = \frac{\text{BE opname} \cdot \text{Ym} \cdot 25}{55,65} \cdot 100$$

$$\text{FPCM} = \text{M} \cdot (0,337 + 0,116 \cdot \text{vet\%} + 0,06 \cdot \text{eiwit\%})$$

* *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 herkauwende veestapel, in kg
Y_M	=	Methaan conversie factor; 5,97% voor melkvee en 6,5% voor jongvee
FPCM	=	'Fat and Protein Corrected Milk'; melkgift gecorrigeerd naar een vetgehalte van 4% en een eiwitgehalte van 3,3% (NL: meetmelk, berekening CVB)
M	=	Totale melkgift veestapel, in kg
vet%	=	Gemiddeld vet% melkgift veestapel
eiwit%	=	Gemiddeld eiwit% melkgift veestapel

Gebruikte factoren:

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)
5,97%	= methaan conversie factor voor Nederland: het aandeel bruto energie dat onder Nederlandse omst.
55,65 MJ/kg=	energie-inhoud van een kg CH ₄
25 kg/kg	= omrekenfactor kg CH ₄ naar kg CO ₂ equivalenten (IPCC 2006)

Forfaits overige graasdieren

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 en schapen zijn voor de op het melkveebedrijf aanwezige 'overige graasdieren' forfaits uitgerekend (in kg CH₄ per dier per jaar). Voor paarden en pony's zijn alleen IPCC Tier 1 emissies beschikbaar (IPCC, 2006) (Tabel 2.5.3).

Tabel 2.5.3. Methaanemissies van overige graasdieren.

Categorie	Kg DS/jr	Y _M	CH ₄ (kg/jr)	CH ₄ (kg CO ₂ -eq/jr)
Weide- en zoogkoeien, drijfmest	3750 ¹	6.5%	80.8	2020
Weide- en zoogkoeien, vaste mest	3750 ¹	6.5%	80.8	2020
Fokstieren >2jr	3286 ²	6.5%	70.8	1771
Vleesstieren, kruisling >3mnd	2599 ³	6.5%	56.0	1400
Vleesstieren, vleesras >3mnd	2684 ³	6.5%	57.8	1446
Startkalveren vleesst (<3mnd)	651 ³	6.5%	14.0	351
Rosékalveren, 2wkn-8mnd	1535 ⁴	6.5%	33.1	827
Fokschapen + lam	493 ³	6.5%	10.6	266
Overige schapen	332 ³	6.5%	7.2	179
Pony <250 kg	983 ⁵	-	6.0	149
Pony 250-450 kg	1872 ⁵	-	11.4	284
Paard 250-450 kg	2225 ⁵	-	13.5	337
Paard >450 kg	2968 ⁵	-	18.0	450

¹ Tamminga et al., 2004.

² op basis van gegevens CRV fok- en wachstierbedrijven.

³ Kemme et al., 2005a.

⁴ Evers et al., 2011.

⁵ Kemme et al., 2005b.

Stroomschema

Benodigde gegevens vanuit de KringloopWijzer: Totaal DS verbruik veestapel

Aantal stuks volwassen melkvee

Aantal stuks jongvee >1 jaar

Aantal stuks jongvee <1 jaar

Totale melkproductie veestapel

Gemiddeld eiwit% melkproductie veestapel

Gemiddeld vet% melkproductie veestapel

Suggesties voor de toekomst

Deze module is nog volop in ontwikkeling, omdat er in verschillende lopende onderzoeksprojecten (o.a. 'Emissiearm Veevoer') Tier 3 kennis ontwikkeld wordt die in de komende jaren toegepast kan worden om de Tier 3 schattingsformules verder te verbeteren en wetenschappelijk vast te leggen. Voor de huidige conceptversie van de Tier 3 methode verwijzen we naar Bijlage III.

Benodigde gegevens vanuit de KringloopWijzer:

Karakterisering (type, VEM per kg DS, RE per kg DS) per voedermiddel per partij.

Voor het nauwkeurig kunnen berekenen van emissiefactoren met de Tier 3 methode zullen bovendien aanvullende gegevens moeten worden vastgelegd in de KringloopWijzer. Waarschijnlijk zal het gaan om de volgende factoren:

Factor	Omschrijving
Grondstofsamenstelling mengvoerders	Emissiefactor voor krachtvoer
Nader onderscheid in 'overige voeders'	Namen en voederwaarde van bijproducten + overige ruwvoerders apart vermelden
Zetmeelgehalte per kg DS	
NDF gehalte per kg DS	
DVE gehalte per kg DS	
Suikergehalte per kg DS	

Enkele openstaande onderzoeksvragen voor het vastleggen van de Tier 3 rekenregels:

- Is de emissiefactor voor een voedermiddel wel constant bij inmenging in totaal verschillende rantsoenen?
- Is de emissiefactor afhankelijk van het voeropnameniveau?
- In samenhang met de twee bovenstaande vragen: gelden voor kalveren, pinken, pasgekalfde koeien, koeien einde lactatie of droogstaande koeien voor dezelfde voedermiddelen steeds dezelfde emissiefactoren?

2.5.2.2 Emissie van methaan uit mest

Uitgangspunten

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

- Rundvee
- 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).

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 anaërobe 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 aëroob en is de CH₄-productie relatief laag.

Rundveemest kan worden opgedeeld in dunne 'stalmest', vaste 'stalmest' (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 'stalmest' wordt opgeslagen in de stal en in een buitenopslag. In beide gevallen kan sprake zijn van anaërobe condities met als gevolg de emissie van CH₄. Deze emissie kan worden verminderd door anaërobe condities te voorkomen, bijvoorbeeld door beluchten of regelmatig omzetten. De hierbij optredende aërobe 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 aërobe condities is de CH₄-emissie uit weidemest veelal relatief laag. Naast de mate waarin sprake is van anaërobe 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 verblijfsduur 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.

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:

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

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

VS_(T) : de productie van feces ('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 IPCC 2006 (Tabel 2.5.3).

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 2.5.3).

VS_(T)

Feces (VS) is de vaste (organische) fractie in dierlijke mest en bevat biologisch en niet-biologisch afbreekbare onderdelen. De hoeveelheid VS in de excretie is afhankelijk van het rantsoen. De berekening is als volgt:

$$VS = \sum(Nexretie_T * 15,6), \text{ met:}$$

VS:	de productie van feces ('vluchtige vaste stof') per diercategorie in kg drogestof per dier per dag
Nexcretie _(T) :	totale N-excretie per diercategorie in kg per dag (melkvee, jongvee en (totaal) overige graasdieren). Deze N-excretie wordt afgeleid uit BEX (paragraaf 2.1), maar niet verminderd met de gasvormige N-verliezen uit stal en opslag.
15,6:	omrekeningsfactor van N naar VS

Tabel 2.5.3. Parameterwaarden voor de bepaling van de methaanemissiefactoren van mestmanagementsystemen. Voor uitleg van de parameters, zie bovenstaande tekst.

Diercategorie	B ₀	MCF		
		Dunne mest	Vaste mest	Weide-mest
Melkkoeien	0,24	19	2	1
Jongvee	0,18	19	2	1
Overige graasdieren*	0,2		1	

Bron: IPCC, 2006 (Chapter 10: Emissions from livestock and manure management).

* 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.

2.5.2.3 CO₂ emissie als gevolg van direct energiegebruik op het melkveebedrijf

Algemeen

Om melk en gewassen te kunnen produceren wordt op het melkveebedrijf energie verbruikt in de vorm van elektriciteit, diesel, gas en overige brandstoffen. Melkwinning (melken en koelen) en het gebruik van trekkers en landbouwmachines zijn in Nederland de processen die verantwoordelijk zijn voor het merendeel van het energiegebruik op het melkveebedrijf (Moerkerken *et al.*, 2011). Bij de verbranding van fossiele brandstoffen komt CO₂ vrij. De KringloopWijzer brengt de omvang van deze CO₂ verliezen in beeld.

Berekeningswijze

De hoeveelheid vrijkomende CO₂ wordt berekend in de vorm van primaire energie. Primaire energie is energie in de vorm zoals men die aantreft in de oorspronkelijk gewonnen energiedrager (bijvoorbeeld aardgas, steenkool, olie). Secundaire energie is energie in de vorm die ontstaat na omzetting van primaire energie (zoals elektriciteit). Het omzetten van primaire energie in secundaire energie gaat gepaard met verliezen. Het energieverbruik van secundaire energiedragers wordt daarom teruggerekend naar de stookwaarde (verbrandingswaarde) van de primaire energiedragers.

In de KringloopWijzer wordt onderscheid gemaakt tussen energieverbruik via brandstoffen (hoofdzakelijk diesel) en elektriciteit. Om administratieve lasten voor melkveehouders te beperken wordt het verbruik van energie niet direct bij de melkveehouders opgevraagd maar berekend op basis van 'activiteiten' op een melkveebedrijf.

Voor de energie uit diesel wordt de volgende formule gebruikt:

$$\text{CO}_2 \text{ emissie (kg)} = \text{activiteit} * \text{emissiefactor (kg CO}_2\text{eq / m}^2 \text{ of kg of stuk)}$$

Voor de emissiefactoren van de activiteiten wordt hoofdzakelijk gebruikt gemaakt van Eco-invent 2007 (Tabel 2.5.4). Indien de activiteit niet in Eco-invent is opgenomen, wordt gebruik gemaakt van energieverbruik in DairyWise. Overige brandstoffen zoals aardgas, propaangas, stookolie e.d. worden buiten beschouwing gelaten.

Tabel 2.5.4 Activiteiten en emissiefactoren (EF) voor energieverbruik brandstoffen.

Activiteit	EF	Eenheid
Gras maaien	23	kg CO ₂ -eq./ha
Gras schudden	16	kg CO ₂ -eq./ha
Gras wiersen	16	kg CO ₂ -eq./ha
Gras inkuilen met opraapwagen (incl. hakselen)	101	kg CO ₂ -eq./ha
Graskuil aanrijden	61	kg CO ₂ -eq./ha
Kunstmeststrooien grasland	13.8	kg CO ₂ -eq./ha
Emissiearme mesttoediening op bouwland- en grasland	1.2	kg CO ₂ -eq./m3
Stalmeststrooier + kraan	3.1	kg CO ₂ -eq./ton
Ploegen	118	kg CO ₂ -eq./ha
Frezen	242	kg CO ₂ -eq./ha
Cultivateren bouwland	31	kg CO ₂ -eq./ha
Cultivateren bouwland met rotorkopeg*	62	kg CO ₂ -eq./ha
bouwlandgewas zaaien + evt. rijenbemesting	97	kg CO ₂ -eq./ha
Spuiten	11	kg CO ₂ -eq./ha
Snijmaïs inkuilen	319	kg CO ₂ -eq./ha
Slepen	17.9	kg CO ₂ -eq./ha
Rollen	20.9	kg CO ₂ -eq./ha
Bloten	11.6	kg CO ₂ -eq./ha
Graslandvernieuwing (spuiten t/m zaaien)	58	kg CO ₂ -eq./ha
Gemengd voeren maïs/gras, geen bijproducten	35.3	kg CO ₂ -eq./ton DS
Gemengd voeren maïs/gras, met bijproducten	38.8	kg CO ₂ -eq./ton DS
Zomerstalvoederen (0.5 ha per uur)	30	kg CO ₂ -eq./ton DS

* Op kleigrond.

Opgenomen activiteiten worden zoveel mogelijk afgeleid van de bestaande data:

- Maaipercantage wordt afgeleid van de totale hoeveelheid graskuil (BEP) en een aangenomen gemiddelde zwaarte van maaisnede (3000 kg DS/ha)
- Per maaisnede wordt het gras geschud (1,5 keer), gewierst en ingekuild (opraapsnijwagen, trekker+kuilverdeler)
- De hoeveelheid dierlijke bemesting is uitvoer in de KringloopWijzer. Drijfmest wordt als zodebemesting ingerekend (de energieconsumptie van de andere emissie-arme methoden worden hieraan gelijk verondersteld).
- Bij de bouwland worden jaarlijks de volgende activiteiten verondersteld: ploegen, eggen (rotorkopeg), zaaien + evtueel een rijenbemesting, spuiten en oogsten,
- Kunstmeststrooien: 5 keer per ha per jaar,
- Slepen, rollen en bloten: 1 keer per ha per jaar.

Bij elektriciteit wordt de hoeveelheid bepaald in kilowattuur (kWh). Op dit moment is gekozen om geen extra informatie op te vragen over elektriciteit gebruik (facturen van de energieleveranciers, meterstanden etc.), maar het gebruik van elektriciteit wordt normatief berekend. Daarvoor worden de volgende rekenregels (KWIN) gebruikt:

Koeling melk:

$$\text{Verbruik} = 14.0 * \text{melkleverantie}/1000 \text{ (KWh)}$$

Reiniging (verwarming water):

$$a = \text{aantal koeien} \times 0,85 + (45 + \text{aantal koeien} \times 0,75) / 2 \text{ (liters water)}$$

$$b = \text{aantal melkstellen} \times 3 + (20 + \text{aantal melkstellen} \times 5) \times 2 \text{ (liters water)}$$

$$c = \text{melkleiding ruim gedimensioneerd: } c = 0,43 \times b \text{ (liters water)}$$

$$\text{Verbruik} = (a+b+c) * 29.9644 \text{ (KWh)}$$

Melken:

$$\text{Verbruik} = 800 * \text{aantal melkstellen (KWh)}$$

Overige, waaronder verlichting:

$$\text{Verbruik} = 1924 + 163 * \text{aantal koeien (KWh)}$$

In deze berekening van het gebruik van elektriciteit zijn een paar invoergegevens nodig. De melkproductie en het aantal koeien zijn bekend in de KringloopWijzer. Het aantal melkstellen niet. Deze worden (arbitrair) ingeschat op basis van de melkproductie (Tabel 2.5.5).

Tabel 2.5.5. Relatie tussen melkproductie per bedrijf en het aantal benodigde melkstellen.

Melkproductie	Aantal melkstellen
< 6 ton melk	12
Tussen 6 en 12 ton melk	16
> 12 ton melk	20

Voor de omrekening van kWh naar CO₂ wordt de volgende regel gehanteerd (bron: IEA, 2012):

$$\text{CO}_2 \text{ emissie (kg)} = \text{KWh} * 0.415$$

2.5.2.4 Indirecte emissie van CO₂

Kunstmest

Voor de fabricage van kunstmest is energie nodig. De hoeveelheid energie per eenheid nutriënt is sterk afhankelijk van het gevolgde fabricageproces. Een samenvatting van energieconsumptie bij Europese fabrikanten wordt gegeven in Jensen & Kongshaug (2003). Zij becijferen de emissie van CO₂-equivalenten tijdens de productie (incl. N₂O) op 5,3 kg CO₂-eq. per kg N, 0,2 kg CO₂-eq. per kg P₂O₅ en 0,3 kg CO₂-eq. per kg K₂O. Dit is exclusief

transportemissies. Vervoer per vrachtwagen van een kg kunstmest (met, zeg, 25% nutriënt) over 1000 km gaat gepaard met een additionele emissie van circa 0.6 kg CO₂-equivalent.

Geïmporteerde voeders

Omdat de KringloopWijzer zich primair richt op de benutting en verliezen van N, P en C binnen de grenzen van het bedrijf, blijft de CO₂-emissie die volgt uit de productie van voer (kunstmest, veldwerk, transport, opslag en bewerking) buiten beeld zodra dit voer niet binnen het bedrijf maar elders geteeld wordt. Het aandeel van deze vorm van indirecte emissies wordt becijferd met getallen uit Tabel 2.5.6.

Elektriciteit

Bij gebruik van elektriciteit vindt binnen de grenzen van het melkveebedrijf geen CO₂ emissie plaats. Met uitzondering van 'groene stroom' heeft de opwekking van elektriciteit buiten het melkveebedrijf vanzelfsprekend wel tot emissie van CO₂ geleid. Wanneer er behoefte bestaat om deze emissie in kengetallen op te nemen, neemt de KringloopWijzer hiervoor een conversie van 415 g CO₂-equivalenten per kWh aan.

Tabel 2.5.6. Emissie (CO₂-equivalenten per kg DS) van aangevoerde voedermiddelen (inclusief transport (bron: Feedprint versie 2013.04 (Vellinga et al., 2013), zoals geraadpleegd op 25 november 2013).

Voedermiddel	CO ₂ -emissie
Graskuil	462
Snijmaïs	163
GPS granen	193
Graszaadstro (= Graszaadhooi)	113
Luzernekuil	380
Stro	253
Voeraardappelen	1183
Voederbieten	566
Aardappelpersvezel	270
Aardappelsnippers	46
Aardappelstoomschillen	71
Bierbostel	46
Bietenperspulp	55
CCM	346
DDG (distillers dried grain)	993
Maïsglutenvoer	1652
MKS	234
Overig bijproduct	427
Krachtvoer	962
Melkpoeder	3460

2.5.2.5 Organische stof balans

In kwalitatieve zin komen de aanvoerposten van de organische stof balans ook voor als aanvoerpost bij de berekening van het N-bodemoverschot in het kader van BEN (paragraaf 2.3.2.1). Die posten vormen daarmee ook het uitgangspunt voor dit deel van BEC. Daartoe moet wel allereerst een conversie plaatsvinden op basis van bepaalde organische stof : N ratios (OS/N). Daarna dienen de aanvoerposten volgens conventie gecorrigeerd te

worden voor dat deel van de aanvoer dat al gedurende de eerste 12 maanden verademd wordt; de organische stof die van een aanvoerpost na die periode resteert, wordt de effectieve organische stof genoemd. De humificatie-coëfficiënt (HC) van een organische stof bepaalt welk deel na 12 maanden over is. Voor vers plantmateriaal (beweidings-, maa- en oogstverliezen, voerresten, vanggewassen), voor gewasresten en graszodes, en voor rundermesten, worden HC's van respectievelijk 0,25, 0,30 en 0,70 aangehouden (<http://www.kennisakker.nl/kenniscentrum/handleidingen/adviesbasis-voor-de-bemesting-van-akkerbouwgewassen-organische-stof>).

Net als BEN, maakt ook BEC een onderscheid tussen de organische stofbalansen van het grasland en het bouwland. Hoewel nu nog niet als zodanig geprogrammeerd, maakt de KringloopWijzer ook onderscheid tussen continueelten en teelten in wisselbouw. De gedachten daarachter is dat de door BEC geschatte ontwikkelingen van organische stof gehalten, indien gewenst, op termijn getoetst moeten kunnen worden aan waarnemingen van het deelnemende bedrijf en deze waarnemingen sterk beïnvloed kunnen zijn door het geteelde gewas en door de keuze voor wisselbouw dan wel continueelt.

De aanvoerposten van de (effectieve) organische balans zijn weergegeven in Tabel 2.5.7. De term OSAan1 (effectieve organische stof uit weidemest) is alleen op het grasland van toepassing, waarbij geldt:

$$EOAan1 = Aan1 \times OS/N_{mest} \times HC_{mest}, \text{ met:}$$

$$OS/N_{mest} = 15,6 \text{ (Den Boer et al., 2012) en } HC_{mest} = 0,70$$

De term OSAan2 (effectieve organische stof uit 'stalmest') kan niet zonder meer ontleend worden aan de gewas- en wisselbouwspecifieke termen uit de BEN berekening omdat die termen inclusief de voerrest-N zijn berekend en OS/N_{mest} niet hetzelfde is als OS/N_{voer} of $OS/N_{vanggewas}$, en ook HC_{mest} niet hetzelfde is als $HC_{versgewas}$. Op basis van de invoergegevens van BEX wordt het gewogen gemiddelde N-gehalte van de drogestof (DS) in het ruwvoer berekend ($N\%_{ruwvoer}$, % N in DS). Aannemende dat 90% van de voer-DS uit organische stof bestaat, geldt dat:

$$OS/N_{voer} = 90 / (N\%_{ruwvoer})$$

Deze OS/N wordt niet alleen van toepassing verondersteld op de voerrest, maar ook op de gewasresten en op de weide-, maa- en oogstverliezen. Dit is een veréenvoudiging van de werkelijkheid omdat de verschillende gewassen in werkelijkheid meer of minder organische stof per eenheid N zullen bevatten ('in eiwitgehalte verschillen').

De effectieve organische stof die als 'stalmest' (OSAan2) wordt aangevoerd op grasland en op bouwland, met onderscheid tussen continueelt en wisselbouw, wordt dan gelijk aan:

$$EOAan2 \text{ op gras in wisselbouw} = \text{Fractie 'echte' mest} \times Aan2 \text{ op gras in wisselbouw} \times OS/N_{mest} \times HC_{mest}$$

$$EOAan2 \text{ op gras in continueelt} = \text{Fractie 'echte' mest} \times Aan2 \text{ op gras in continueelt} \times OS/N_{mest} \times HC_{mest}$$

$$OSAan2 \text{ op bouwland in wisselbouw} = \text{Fractie 'echte' mest} / Aan2 \times Aan2 \text{ op bouwland in wisselbouw} \times OS/N_{mest} \times HC_{mest}$$

$$OSAan2 \text{ op bouwland in continueelt} = \text{Fractie 'echte' mest} / Aan2 \times Aan2 \text{ op bouwland in continueelt} \times OS/N_{mest} \times HC_{mest}$$

$$\text{met Fractie 'echte' mest} = ((Aan2 \text{ op bedrijfsgemiddeld niveau, kg N/ha} - \text{gewogen gemiddelde voerrest van alle gebruikte voedermiddelen, kg N/ha}) / (Aan2 \text{ op bedrijfsgemiddeld niveau, kg N/ha}))$$

De effectieve organische stof die als voerrest via de mest op het land terechtkomt ($OSAan2_{voerrest}$) wordt dan gelijk aan:

$$EOSAan2_{\text{voerrest}} \text{ op gras in wisselbouw} = (1 - \text{Fractie 'echte' mest}) \times \text{Aan2 op gras in wisselbouw} \times OS/N_{\text{voer}} \times HC_{\text{versgewas}}$$

$$EOSAan2_{\text{voerrest}} \text{ op gras in continueelt} = (1 - \text{Fractie 'echte' mest}) \times \text{Aan2 op gras in continueelt} \times OS/N_{\text{voer}} \times HC_{\text{versgewas}}$$

$$EOSAan2_{\text{voerrest}} \text{ op bouwland in wisselbouw} = (1 - \text{Fractie 'echte' mest}) \times \text{Aan2 op bouwland in wisselbouw} \times OS/N_{\text{voer}} \times HC_{\text{versgewas}}$$

$$EOSAan2_{\text{voerrest}} \text{ op bouwland in continueelt} = (1 - \text{Fractie 'echte' mest}) \times \text{Aan2 op bouwland in continueelt} \times OS/N_{\text{voer}} \times HC_{\text{versgewas}}, \text{ met}$$

$$HC_{\text{versgewas}} = 0,25$$

De effectieve organische stof die als beweidings- en maaiverliezen op het grasland terechtkomt ($EOSAan6_{\text{gras}}$) en via oogstverliezen op het bouwland terechtkomt ($EOSAan6_{\text{bouwland}}$) is gelijk aan, respectievelijk:

$$EOSAan6_{\text{grasland}} = (Aan6_{\text{grasland}}) \times OS/N_{\text{voer}} \times HC_{\text{versgewas}}$$

en

$$EOSAan6_{\text{bouwland}} = (Aan6_{\text{bouwland}}) \times OS/N_{\text{voer}} \times HC_{\text{versgewas}}$$

De effectieve organische stof die als gewasresten op het grasland terechtkomt ($EOSAan7_{\text{grasland}}$) en via gewasresten op het bouwland terechtkomt ($EOSAan7_{\text{bouwland}}$) is gelijk aan, respectievelijk:

$$EOSAan7_{\text{grasland}} = (Aan7_{\text{grasland}}) \times OS/N_{\text{voer}} \times HC_{\text{gewasrest}}$$

en

$$EOSAan7_{\text{bouwland}} = (Aan7_{\text{bouwland}}) \times OS/N_{\text{voer}} \times HC_{\text{gewasrest}}, \text{ met}$$

$$HC_{\text{gewasrest}} = 0,30$$

Bij de toevoegingen van effectieve organische stof in de vorm van beweidings-, maa- en oogstverliezen ($EOSAan6$) en gewasresten ($EOSAan7$) 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 die aan de term $EOSAan8$ (effectieve organische stof in de vorm van vanggewassen) wordt toegekend, hangt (overeenkomstig verwante termen binnen BEN) af van het gewas en het al dan niet telen van gewassen in continueelt dan wel wisselbouw:

$$EOSAan8 \text{ bij continueelt van gras} = 0$$

$$EOSAan8 \text{ bij continueelt van bouwland} = Aan8 \text{ bij continueelt van bouwland} \times OS/N_{\text{nateelt}} \times HC_{\text{versgewas}} = 40 \times OS/N_{\text{nateelt}} \times HC_{\text{versgewas}}$$

$$EOSAan8 \text{ bij wisselbouw van gras} = Aan8 \text{ bij continueelt van bouwland} / (\text{duur van grasfase}) \times OS/N_{\text{nateelt}} \times HC_{\text{versgewas}} = 40 / (\text{duur van grasfase}) \times OS/N_{\text{nateelt}} \times HC_{\text{versgewas}}$$

$$EOSAan8 \text{ bij wisselbouw van bouwland} = Aan8 \text{ bij continueelt van bouwland} / ((\text{duur van bouwlandfase} - 1) / (\text{duur van de bouwlandfase})) \times OS/N_{\text{nateelt}} \times HC_{\text{versgewas}} = 40 / ((\text{duur van bouwlandfase} - 1) / (\text{duur van de bouwlandfase})) \times OS/N_{\text{nateelt}} \times HC_{\text{versgewas}},$$

met een duur van de graslandfase (jaren) volgens opgave en een duur van de bouwlandfase (jaren) volgens:

$$\text{duur van de bouwlandfase} = \text{duur van de graslandfase} \times WAO/WGO$$

Bij wisselbouw van gras en bouwland wordt aangenomen dat het eerste bouwlandjaar niet voorafgegaan wordt door een vanggewas en het eerste grasjaar wel voorafgegaan wordt door een vanggewas, althans als de KLV-deelnemer aangeeft een vanggewas na bouwland in wisselbouw te telen.

In de huidige versie van de KLV wordt omwille van de eenvoud nog aangenomen dat nateelten na bouwland 40 kg N per ha vastleggen. Dit getal is geënt op bevindingen na snijmaïs maar kan, afhankelijk van het type bouwland, in werkelijkheid hoger of lager zijn.

Bij grasland in wisselbouw vormt ook de opbouw van effectieve organische stof in de vorm van een nieuwe zode een aanvoerpost ($EOSA_{\text{aan kunstweide}}$) volgens:

$$EOSA_{\text{aan kunstweide}} = Af_6 \times OS/N_{\text{voer}} \times HC_{\text{gewasrest}}$$

Op bedrijfsniveau is het product van het aantal ha's grasland in wisselbouw (WGO) en $EOSA_{\text{aan kunstweide}}$ gelijk aan het product van het aantal ha's bouwland in wisselbouw (WAO) en de afbraak van organische stof die per ha bouwland in wisselbouw (OS_{afWB} , kg OS/ha) plaatsvindt, met:

$$\begin{aligned} OS_{\text{afWB}} &= A_{\text{aan10 bij wisselbouw bouwland}} \times OS/N_{\text{voer}} \times HC_{\text{gewasrest}} = \\ 75 \times \text{duur graslandfase} / (\text{duur bouwlandfase}) \times OS/N_{\text{voer}} \times HC_{\text{gewasrest}} &= \\ 75 \times WGO / WAO \times OS/N_{\text{voer}} \times HC_{\text{gewasrest}} \end{aligned}$$

Het saldo van de organische stof balans wordt gedefinieerd als:

$$OS \text{ saldo} = EOSA_{\text{aan}} - OS_{\text{afWB}}$$

Tabel 2.5.7. Aan- en afvoertermen ter bepaling van het saldo van de organische stof balans (kg effectieve OS/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	Gewas & wel/niet wisselbouw
Aanvoer	EOSAan1	Weidemest		X	
	EOSAan2	'Stalmest', excl. voerresten ruwvoer			X
	EOSAan2 _{voerrest}	Voyerresten			X
	EOSAan6	Beweidings-, maai- en oogstverliezen	X		
	EOSAan7	Gewasresten	X		
	EOSAan8	Vanggewassen	X		
	EOSAan _{kunstweide}	Opbouw van graszode in wisselbouw			X
	EOSAan	SUBTOTAAL			
Afvoer	OS _{afWB}	Afbraak ondergeploegde graszode in wisselbouw			X
OS saldo	EOSAan - OS _{afWB}	Resterend voor bodemleven of accumulatie/depletie			X

2.5.3 Kanttekeningen bij BEC

- 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,
- Door het zelf produceren van energie op het melkveebedrijf via zonnepanelen, windmolens en/of mestvergistingsinstallaties kan de CO₂ emissie als gevolg van direct energiegebruik fors afnemen. Zeker bij windmolens en mestvergistingsinstallaties kan sprake zijn van een netto productie van energie in plaats van gebruik. De huidige registratie in de KringloopWijzer houdt nog geen rekening met de productie van duurzame energie op het melkveebedrijf en/of de aankoop van duurzame energie. Er wordt nog gewerkt aan een praktisch toepasbare registratie om het effect van duurzame energieproductie en –gebruik op de CO₂ emissie in beeld te brengen.
- 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,
- Het nauwkeurig bepalen van een organische stof balans is nog niet mogelijk voor bedrijven die andere gewassen dan gras en snijmaïs telen omdat vooralsnog wordt aangenomen dat eventuele andere ruwvoergewassen of af te voeren akkerbouwgewassen eenzelfde effectieve organische stof bijdrage hebben als snijmaïs en ook omdat de effectieve organische stof bijdrage van eventuele nateelten vooralsnog gebaseerd is op die van nateelten na snijmaïs.

Referenties

- Anonymus, 2009.
Milieubalans. Planbureau voor de Leefomgeving. Bilthoven, 248 pp.
- Anonymus, 2012a.
Protocol 12-029 mest CH₄. Ministerie van Infrastructuur en Milieu. www.agentschapnl.nl/programmas-regelingen/monitoring-protocollen.
- Anonymus, 2012b.
Protocol 12-028 mest N₂O. Ministerie van Infrastructuur en Milieu. www.agentschapnl.nl/programmas-regelingen/monitoring-protocollen.
- Anonymus, 2013.
www.compendiumvoordeleefomgeving.nl/indicatoren/nl0189-Vermestende-depositie.html?i=14-66
- Anonymus, 2014.
<http://www.soilquality.org.au/factsheets/organic-carbon>
- Bannink, A., M.C.J. Smits, E. Kebreab, J.A.N. Mills, J.L. Ellis, A. Klop, J. France & J. Dijkstra, 2010.
Simulating the effects of grassland management and grass ensiling on methane emission from lactating cows. *Journal of Agricultural Science* 148: 55-72.
- Bannink, A., M.W. Van Schijndel & J. Dijkstra, 2011.
A model of enteric fermentation in dairy cows to estimate methane emission for the Dutch National Inventory Report using the IPCC Tier 3 approach. *Animal Feed Science and Technology* 166-167: 603-618.
- Berry, P.M., R. Sylvester-Bradley, L. Philipps, D.J. Hatch, S.P. Cuttle, F.W. Rayns & P. Gosling, 2002.
Is the productivity of organic farms restricted by the supply of available nitrogen? *Soil Use and Management* 18: 248-255.
- 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.
- Conijn *et al.*, 2014.
Calculation of N₂O emission from soils of dairy farms in The Netherlands. Background report (in voorbereiding).
- 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.
- CVB, 2010.
Tabellenboek Veevoeding 2010. Voedernormen landbouwhuisdieren en voederwaarde veevoerders. CVB-reeks nr. 49. Productschap Veevoerders, Den Haag.
- 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.
- Dewes, T., 1995.
Nitrogen losses from manure heaps. *Biological Agriculture and Horticulture* 11, 309-317.
- 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.

- Evers, A., B. Bosma, J. Heeres, H. Luesink, E. Schuiling & I. Vermeij. 2011.
Update kengetallen voor WUM. Wageningen UR Livestock Research, Rapport 276.
- Fraters, B., T.C. van Leeuwen Hooijboer A, 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.
- 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>
- IPCC, 2007.
Climate Change 2007: The physical science casus. Contribution of working group I to the Fourth assessment
report of the intergovernmental panel on climate change. In: S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen,
M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.) (Ed.), (pp. 996). Cambridge University Press,
Cambridge, United Kingdom and New York.
- Jensen, T.K. & G. Kongshaug, 2003.
Energy consumption and greenhouse gas emissions in fertiliser production. Proceedings No 509, International
Fertiliser Society, York, United Kingdom, 28 pp.
- Kemme, P., G. Smolders & J. van der Klis, 2005a.
Schatting van de uitscheiding van N en P door paarden en pony's en ezels. Rapport 05/101614, ASG,
Wageningen UR.
- Kemme, P., J. Heeres-van der Tol, G. Smolders, H. Valk & J. van der Klis, 2005b.
Schatting van de uitscheiding van N en P door diverse categorieën graasdieren. Rapport 05/100653, ASG,
Wageningen UR.
- Kenniscentrum Infomil [http://www.infomil.nl/onderwerpen/landbouw-tuinbouw/ammoniak-en/regeling-
ammoniak/stalbeschrijvingen/map-staltypen/hoofdcategorie](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.
- 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.
- Moerkerken, A., T. Gerlagh, G. de Jong & D. Verhoog, 2011.
Energie- en klimaatmonitor Agrosectoren 2011. Utrecht: Agentschap NL.
- 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.
- Rotz, C.A., 2004.
Management to reduce nitrogen losses in animal production. *Am. Soc. Animal Sci.* 82: 119-137.
- 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, 1991.
De benutting van stikstof door maïs met speciale aandacht voor de wortels. Verslag 152, CABO, Wageningen,
53 pp.

- Schröder, J.J., W. van Dijk & W.J.M. de Groot, 1996.
Effects of cover crops on the nitrogen fluxes in a silage maize production system. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 44, 293-315.
- 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.
- Šebek, L., 2008.
Notitie evaluatie 'Handreiking bedrijfsspecifieke excretie melkvee' 2006 en 2007, Notitie tbv EL&I, juni 2008.
- 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.
- Thomsen, I.K., 2001.
Recovery of nitrogen from composted and anaerobically stored manure labelled with ^{15}N . *European Journal of Agronomy* 15: 31-41.
- 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>
- 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.
- Zeeman, G., 1994.
Methane production and emission in storages for animal manure. *Fertilizer Research* 37, 207-211.

Bijlage I.

Acronymenlijst

Indeling naar thema

Algemene bedrijfsaspecten

N:	Stikstof
P:	Fosfor
NO ₃ :	Nitraat
N ₂ O	Lachgas
PO ₄ :	Fosfaat
NO _x :	Stikstofoxide
CH ₄ :	Methaan
NH ₃ :	Ammoniak
NH ₄ :	Ammonium
EF:	Emissiefactor, %
TGO:	Totale oppervlakte grasland, ha
TAO:	Totale oppervlakte bouwland, ha
TBO:	Totale bedrijfsoppervlakte, ha
WGO:	oppervlakte grasland in wisselbouw (= afwisseling van bouwland en grasland), ha
WAO:	oppervlakte bouwland in wisselbouw (= afwisseling van bouwland en grasland), ha

Dier

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

EOSA _{ann} :	Effectieve organische stof verbonden met aanvoerpost n op de N-balans, kg organische stof/ha
OSA _{WB} :	Jaarlijkse afbraak van organische stof, kg organische stof/ha
OS/N _{mest} :	Organische stof per eenheid mest-N, kg organische stof per kg N
OS/N _{voer} :	Organische stof per eenheid voer-N, kg organische stof per kg N
OS/N _{nateelt} :	Organische stof per eenheid nateelt-N, kg organische stof per kg N
HC _{mest} :	Humificatiecoëfficiënt van mest, kg per kg
HC _{versgewas} :	Humificatiecoëfficiënt van vers gewas, kg per kg
HC _{gewasrest} :	Humificatiecoëfficiënt van gewasresten, kg per kg

Bodemstikstof

N:	Stikstof
P:	Fosfor
NO ₃ :	Nitraat
Af1 _{bouwland} :	Netto afgevoerde N in de vorm van een bouwlandgewas, kg N per ha bouwland
Af1 _{maai gras} :	Netto afgevoerde N in de vorm van kuilgras of vers stalvoergewas, kg N per ha grasland
Af1 _{weide} :	Netto opgenomen N in de vorm van door dier opgenomen weidegras, kg N per ha grasland
Af3 _{bouwland} :	Oogstverliezen bij een bouwlandgewas, kg N per ha bouwland
Af3 _{maai gras} :	Maaiverliezen bij winning van kuilgras of vers stalvoergewas, kg N per ha grasland
Af3 _{weide} :	beweidingsverliezen in beweide gras, kg N per ha grasland
NOP _{weide} :	N door dier opgenomen via beweiding, kg N
NOP _{maai gras} :	N door dier opgenomen in de vorm van vers gras of kuilgras, kg N
NOP _{maiskuil} :	N door dier opgenomen in de vorm van snijmaïs, kg N
NOP _{maai gras_eigenland} :	N door dier opgenomen in de vorm van vers gras of kuilgras van eigen land, kg N
NOP _{maai gras_aangekocht} :	N door dier opgenomen in de vorm van aangekocht vers gras of kuilgras, kg N
NAAN _{maai gras_eigenland} :	N aan dier op stal aangeboden in de vorm van vers gras of kuilgras van eigen land, kg N
NDAM _{maai gras} :	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
Afn _{bouwland} :	Afvoerterm n op de N-balans van bouwland, kg N per ha bouwland
Afn _{grasland} :	Afvoerterm n op de N-balans van grasland, kg N per ha grasland
Aann _{bouwland} :	Aanvoerterm n op de N-balans van bouwland, kg N per ha bouwland
Aann _{grasland} :	Aanvoerterm n op de N-balans van grasland, kg N per ha grasland
ESG:	Eventuele extra 'stalmest'-N die aan gras in wisselbouw gegeven wordt, kg N per ha grasland
ESA:	Eventuele extra 'stalmest'-N die aan bouwland in continueelt gegeven wordt, kg N per ha bouwland
EKG:	Eventuele extra kunstmest-N die aan gras in wisselbouw gegeven wordt, kg N per ha grasland
EKA:	Eventuele extra kunstmest-N die aan bouwland in continueelt gegeven wordt, kg N per ha bouwland
UF:	Uitspoelingsfractie, kg N/kg N
NO:	Neerslagoverschot, mm
Gt:	Grondwatertrap, -

Lachgas

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

$N_2O_{em}(of)$:	Emissie van lachgas a.g.v. organische mest-N in de vorm van 'stal'mest, kg N
$N_2O_{em}(an)$:	Emissie van lachgas a.g.v. organische mest-N in de vorm van weidemest, kg N
$N_2O_{em}(cl)$:	Emissie van lachgas a.g.v. de aanwezigheid van grasklavers, kg N
$N_2O_{em}(cr)$:	Emissie van lachgas a.g.v. gewasresten, onder te ploegen nateelten, maai-, beweidings- en oogstverliezen en nieuwe graszodes, kg N
$N_2O_{em}(pt)$:	Emissie van lachgas a.g.v. de aanwezigheid van veengrond, kg N
$N_2O_{em}(backgr_grassl_m)$:	Emissie van lachgas t.g.v. achtergrondsemissie op minerale gronden, kg N
$N_2O_{em}(backgr_grassl_p)$:	Emissie van lachgas t.g.v. achtergrondsemissie op veengronden, kg N
$N_2O_{(D,mm)}$:	Emissie van lachgas uit opslagen van dierlijke mest, kg N_2O (!)
$Nloss(vol)$:	Ammoniak-N die het bedrijf verlaat volgens BEA incl. N uit zwaden, kg
$Nloss(lea)$:	Nitraat-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

Ammoniak

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
$EF_{(T)}$:	Emissiefactor voor methaan uit mestopslag voor diercategorie T, kg CH_4 per dier
$VS_{(T)}$:	Fecesproductie van diercategorie T, kg DS 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_{4Mest} :	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 _{bouwland} :	Aanvoerterm n op de N-balans van bouwland, kg N per ha bouwland
Aann _{grasland} :	Aanvoerterm n op de N-balans van grasland, kg N per ha grasland
Af1 _{bouwland} :	Netto afgevoerde N in de vorm van een bouwlandgewas, kg N per ha bouwland
Af1 _{maai gras} :	Netto afgevoerde N in de vorm van kuilgras of vers stalvoergewas, kg N per ha grasland
Af1 _{weide} :	Netto opgenomen N in de vorm van door dier opgenomen weidegras, kg N per ha grasland
Af3 _{bouwland} :	Oogstverliezen bij een bouwlandgewas, kg N per ha bouwland
Af3 _{maai gras} :	Maaiverliezen bij winning van kuilgras of vers stalvoergewas, kg N per ha grasland
Af3 _{weide} :	Beweidingsverliezen in beweide gras, kg N per ha grasland
Afn _{bouwland} :	Afvoerterm n op de N-balans van bouwland, kg N per ha bouwland
Afn _{grasland} :	Afvoerterm n op de N-balans van grasland, kg N per ha grasland
B0 _(T) :	Potentiele methaanproductie van diercategorie T, m ³ CH ₄ per kg uitgescheiden VS
BE:	bruto energie, MJ
CH ₄ :	Methaan
CH ₄ :	Methaan
CH ₄ _{Mest} :	Gesommeerde emissie van methaan uit mestopslagen volgens systeem S voor diercategorie T, kg CH ₄
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, %
EKA:	Eventuele extra kunstmest-N die aan bouwland in continueelt gegeven wordt, kg N per ha bouwland
EKG:	Eventuele extra kunstmest-N die aan gras in wisselbouw gegeven wordt, kg N per ha grasland
EOSAann:	Effectieve organische stof verbonden met aanvoerpost n op de N-balans, kg organische stof/ha
ESA:	Eventuele extra 'stalmest'-N die aan bouwland in continueelt gegeven wordt, kg N per ha bouwland
ESG:	Eventuele extra 'stalmest'-N die aan gras in wisselbouw gegeven wordt, kg N per ha grasland
FPCM:	Voor vet- en eiwitgehalte gecorrigeerde melkproductie
GEW:	Levend Gewicht
Gt:	Grondwatertrap, -
HC _{gewasrest} :	Humificatiecoëfficiënt van gewasresten, kg per kg
HC _{mest} :	Humificatiecoëfficiënt van mest, kg per kg
HC _{versgewas} :	Humificatiecoëfficiënt van vers gewas, kg per kg
MCF _S :	Methaanconversiefactor voor mestmanagementsysteem S, kg per 100 kg
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. achtergrondsemissie op minerale gronden, kg N
N ₂ Oem(backgr_grassl_p):	Emissie van lachgas t.g.v. achtergrondsemissie 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 _{maai gras_eigenland} :	N aan dier op stal aangeboden in de vorm van vers gras of kuilgras van eigen land, kg N
NAAN _{maïs_eigenland} :	N aan dier op stal aangeboden in de vorm van maïskuil van eigen land, kg N
NDAM _{maai gras} :	N via dam afgevoerd in de vorm van vers gras of kuilgras van eigen land, kg N
NDAM _{maïs} :	N via dam afgevoerd in de vorm van maïskuil 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 ₃ :	Ammoniak
NH ₄ :	Ammonium
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):	Nitraat-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 _{maai gras} :	N door dier opgenomen in de vorm van vers gras of kuilgras, kg N
NOP _{maai gras_aangekocht} :	N door dier opgenomen in de vorm van aangekocht vers gras of kuilgras, kg N
NOP _{maai gras_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 _{weide} :	N door dier opgenomen via beweiding, kg N
NOx:	Stikstofoxide
OS/N _{mest} :	Organische stof per eenheid mest-N, kg organische stof per kg N
OS/N _{nateelt} :	Organische stof per eenheid nateelt-N, kg organische stof per kg N
OS/N _{voer} :	Organische stof per eenheid voer-N, kg organische stof per kg N
OSaFWB:	Jaarlijkse afbraak van organische stof, kg organische stof/ha
P:	Fosfor
P:	Fosfor
PO ₄ :	Fosfaat
RAS:	Ruw As

RAV:	Regeling Ammoniak en Veehouderij
RE:	Ruw Eiwit
TAN:	Totaal Ammoniakale Stikstof
TAO:	Totale oppervlakte bouwland, ha
TBO:	Totale bedrijfsoppervlakte, ha
TGO:	Totale oppervlakte grasland, ha
TKT:	Tussen Kalf Tijd
UF:	Uitspoelingsfractie, kg N/kg N
VC:	Verteringscoëfficiënt, g/g
VEM:	Voedereenheden Melk
VRE:	Verteerbaar Ruw Eiwit
VS _(T) :	Fecesproductie van diercategorie T, kg DS per dier per dag
WAO:	Oppervlakte bouwland in wisselbouw (= afwisseling van bouwland en grasland), ha
WGO:	Oppervlakte grasland in wisselbouw (= afwisseling van bouwland en grasland), ha
Y _m :	Methaanconversiefactor, MJ / 100 MJ

Bijlage II.

Gevraagde gegevens om onderdeel BEN en BEC (organische stof balans) van de K LW te kunnen berekenen

- Totale bedrijfsoppervlakte grasland en maïsland TBO (ha)
- Totale oppervlakte grasland TGO (ha)
- Totale oppervlakte bouwland TAO (ha)
- De procentuele verdeling van het areaal grasland over grondsoorten (%)
- De procentuele verdeling van het areaal bouwland over grondsoorten (%)
- Oppervlakte grasland in wisselbouw WGO (ha)
- Oppervlakte bouwland in wisselbouw WAO (ha)
- Duur van de graslandfase in wisselbouw (jaren)
- Het verschil 'stalmest' gift (kg N/ha) tussen grasland in continueelt en wisselbouw (ESG, positief als gift bij wisselbouw > gift bij continueelt)
- Het verschil 'stalmest' gift (kg N/ha) tussen bouwland in continueelt en wisselbouw (ESM, positief als gift op continueelt > gift bij wisselbouw)
- Het verschil kunstmestgift (kg N/ha) tussen grasland in continueelt en wisselbouw (EKG, positief als gift bij wisselbouw > gift bij continueelt)
- Het verschil kunstmestgift (kg N/ha) tussen bouwland in continueelt en wisselbouw (EKM, positief als gift op continueelt > gift bij wisselbouw)
- Klaveraandeel ('bezetting') van het grasland (%)
- De aanwezigheid van een nateelt op bouwland bij continueelt van bouwland (ja/nee)
- De aanwezigheid van een nateelt op bouwland bij wisselbouw van bouwland (ja/nee)
- De hoeveelheid uitgescheiden mest-N ('onder de staart') (kg)
- De gasvormige N-verliezen uit stal en opslag (kg)
- De hoeveelheid afgevoerde mest-N (kg)
- De hoeveelheid weidemest-N (kg N per ha grasland)
- De mest-N gift op grasland, exclusief weidemest (kg N per ha grasland)
- De mest-N gift op bouwland (kg N per ha bouwland)
- De kunstmest-N gift op grasland (kg N per ha grasland)
- De kunstmest-N gift op bouwland (kg N per ha bouwland)
- De totale hoeveelheid opgenomen weidegras-N $\text{nop}_{\text{weide}}$ (kg)
- De totale hoeveelheid opgenomen kuilgras-N $\text{nop}_{\text{graskuil}}$ (kg)
- De totale hoeveelheid opgenomen maïskuil-N $\text{nop}_{\text{maïskuil}}$ (kg)
- De hoeveelheid opgenomen ruwvoer-N via aangekocht kuilgras (kg)
- De hoeveelheid opgenomen ruwvoer-N via aangekochte maïskuil (kg)

Bijlage III.

Rekenmethodiek voor methaanemissie uit dieren volgens TIER 3 (concept)

Met behulp van de Tier3 methode kunnen schattingsformules ontwikkeld worden om per voedermiddel te berekenen hoeveel methaan er na opname wordt geproduceerd (in CH₄ per kg droge stof). Met de additieve benadering kunnen de verschillende voedermiddelen optellen om een totale methaanemissie te berekenen.

Vers gras

Op basis van de resultaten van een simulatie met vers gras, gegroeid na verschillende bemestingsschema's (Bannink *et al.* 2010) lijkt de CH₄-emissie te correleren met het VEM-niveau per kg DS:

$$\text{Methaan (g/kg DS)} = 43.9 - \text{VEM} / 42.9$$

Deze schattingsformule wordt in de komende jaren verbeterd op basis van meetresultaten uit het onderzoeksprogramma Emissiearm Veevoer.

Graskuil

Op basis van de resultaten van een simulatie met verschillende graskuilen (Bannink *et al.* 2010) blijkt de CH₄-emissie uit graskuil te correleren met het RE en NDF gehalte:

$$\text{Methaan (g/kg DS)} = 35.52 - \text{RE} / 35.2 - \text{NDF} / 48.6$$

Deze schattingsformule wordt in de komende jaren verbeterd op basis van meetresultaten uit het onderzoeksprogramma Emissiearm Veevoer.

NB: Zo lang de NDF-gehalten van graskuil nog niet in de KringloopWijzer zijn ingevoerd, wordt de volgende benadering gehanteerd op basis van het VEM en RE-gehalte:

$$\text{Methaan (g/kg DS)} = 6.4 + \text{VEM} / 48.1 - \text{RE} / 40$$

Snijmaïskuil

Verscheidende typen snijmaïskuil zullen variëren in methaanemissie, afhankelijk van het (onbestendig) zetmeelgehalte en de hoeveelheid NDF. Hiervoor worden schattingsformules ontwikkeld binnen het onderzoeksprogramma Emissiearm Veevoer.

Tot die tijd houden we de emissiefactor van Feedprint (Vellinga *et al.*, 2013) aan: 17.74 g methaan/kg DS

Mengvoer

In principe komt hier rechtstreeks input van een emissiefactor vanuit de mengvoerindustrie op basis van de specifieke grondstoffensamenstelling (output FeedPrint).

Tot het zo ver is, gebruiken we de volgende regressieformule :

$$\text{Methaan (g/kg DS)} = 23.1 - \text{RE} / 84.0$$

Gebaseerd op data van:

Grondstofsamenstelling van een serie commerciële 'standaard' krachtvoerders met verschillende eiwitgehaltes (90, 105, 120, 150 en 180 g DVE/kg); doorgerekend met FeedPrint emissiefactoren.

Overig ruwvoer en bijproducten

Voor de methaanemissie 'overige ruwvoerders en bijproducten' in de KringloopWijzer worden de emissiefactoren uit Feedprint aangehouden (in g methaan / kg DS):

Bijproduct	CH ₄ per kg DS
Aardappelpersvezel	21.54
Aardappelsnippers	21.44
Aardappelstoomschillen	22.02
Bierbostel	15.53
Bietenperspulp	24.37
CCM	19.51
DDG (distillers dried grain)	-
GPS granen	20.00
Graszaadhooi	15.00
Luzernekuil	20.24
Maïsglutenvoer	19.78
MKS	20.51
Stro	10.00
Voederbieten	25.00
Voeraardappelen	19.95

Melkpoeder

Kalveren hebben nog geen functionele pensfermentatie. Mogelijk ontstaat er een kleine hoeveelheid methaan uit dikke darm fermentatie.

Voorlopig:

Methaan = 0 g/kg