

## Klimrek melkvee

Methodologische beschrijving Klimrek melkvee  
klimaatscan 2026



Samengesteld door: ILVO

Auteurs: Heuts, R., Sacré, A.-S., Michiels, F., Vanderhaeghen, A. & Van linden, V.

Versie: April 2026



Versie	Datum	Beschrijving
Versie 3.0	April 2026	Methodologie Klimrek melkvee

Heuts, R., Sacré, A.-S., Michiels, F., Vanderhaeghen, A. & Van linden, V. (2026). *Methodologische beschrijving Klimrek melkvee klimaatscan 2026*. Instituut voor Landbouw-, Visserij- en Voedingsonderzoek.

Dit rapport is gratis te downloaden op: [\[DOI\]](#)

*Dit technisch document is eigendom van het Klimrek project (partners: ILVO, Boerenbond en VITO). Vanwege het auteursrecht is het verboden om dit document (of inhoud ervan) te reproduceren, geheel of gedeeltelijk. Schendingen van het auteursrecht worden vervolgd.*

**Aanpassingen t.o.v. versie februari 2025:**

Wijzigingen zijn doorheen het document aangeduid in groen.

- Inputs en emissies bij deelsysteem Voederproductie
  - Specificiëren van de default bodemtextuur: zandleem
  - Toevoeging van berekening van ammoniakemissies uit oogstresten
  - N<sub>2</sub>O-N<sub>OS,i</sub>: update van de arealen van weilanden en akkerland met veen o.b.v. statistieken van 2024.
  
- Inputs en emissies bij deelsysteem Veebeheer
  - Mature weight melkvee: correctie van levend gewicht van 629 naar 650kg (rechtzetting fout)
  - Verduidelijking van de berekening van de defaultopname van vers gras bij beweiding (\$Rantsoengegevens en opname vers gras bij beweiding)



## Inhoudsopgave

Gebruikte afkortingen .....	6
Lijst met tabellen .....	7
Lijst met figuren.....	7
1. Inleiding .....	8
a. Wat is een klimaattraject?.....	8
i. De klimaatscan .....	8
ii. De klimaatkoers.....	9
b. Wat is de scope van Klimrek melkvee? .....	9
c. Levenscyclusanalyse als basis.....	9
d. Berekeningsmethode .....	10
e. Functionele eenheid.....	11
f. Systeemgrenzen .....	12
2. Inputs en emissies bij deelsysteem Voederproductie.....	14
a. Lachgas (N <sub>2</sub> O).....	14
i. N <sub>2</sub> O_N inputs,i .....	15
ii. N <sub>2</sub> O_N <sub>OS,i</sub> .....	17
iii. N <sub>2</sub> O_N <sub>PRP,i</sub> .....	17
b. Indirecte N <sub>2</sub> O-emissies .....	18
c. Koolstofdioxide (CO <sub>2</sub> ) .....	18
d. Ammoniak (NH <sub>3</sub> ) .....	20
e. Nitraat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) .....	21
f. Stikstofdioxide (NO <sub>x</sub> ) .....	21
g. Fosfor (P) .....	22
i. Fosfaatuitspoeling naar grondwater .....	22
ii. Fosfaat run-off naar oppervlaktewater .....	22
iii. Fosforemissies naar water via erosie .....	23
3. Inputs en emissies bij deelsysteem Voederaankoop .....	24
4. Inputs en emissies bij deelsysteem Veebeheer .....	24
a. Aankoop en verkoop van dieren .....	25
b. Diercategorieën .....	25
c. Rantsoengegevens en opname vers gras bij beweiding.....	25
d. Methaan (CH <sub>4</sub> ) enterisch .....	26
5. Inputs en emissies bij deelsysteem Mestbeheer .....	35



a.	Aankoop van beddingmaterialen .....	35
b.	Methaanemissies bij mestopslag .....	35
c.	Directe N <sub>2</sub> O emissies bij mestopslag .....	37
d.	Ammoniak (NH <sub>3</sub> ) .....	38
e.	Stikstofoxide (NO <sub>x</sub> ) .....	39
f.	Lachgas (N <sub>2</sub> O) .....	41
i.	Directe N <sub>2</sub> O emissies .....	41
ii.	Indirecte N <sub>2</sub> O emissies .....	42
g.	Stikstofgas (N <sub>2</sub> ) .....	44
h.	Stikstofflow .....	45
6.	Inputs en emissies bij deelsysteem Stalwerk .....	48
7.	Inputs en emissies bij deelsysteem Energiebeheer .....	50
8.	Inputs en emissies bij deelsysteem Waterbeheer .....	50
9.	Allocatie .....	50
10.	Literatuur .....	51
11.	BIJLAGEN .....	53
a.	BIJLAGE 1: Meststoffen en default NPK-gehaltenes .....	53
b.	BIJLAGE 3: N-excretie .....	54
c.	BIJLAGE 4: Emissiefactor per opslagsysteem .....	56
d.	BIJLAGE 5: default krachtvoedersamenstellingen .....	56

## Gebruikte afkortingen

<b>BKG</b>	Broeikasgas
<b>CH<sub>4</sub></b>	Methaan
<b>CO<sub>2</sub></b>	Koolstofdioxide
<b>CO<sub>2</sub>-eq.</b>	Koolstofdioxide equivalenten
<b>DS</b>	Droge stofgehalte
<b>EF</b>	Emissiefactor
<b>EMAV</b>	EmissieModel Ammoniak Vlaanderen
<b>IPCC</b>	Intergovernmental Panel on Climate Change
<b>LCA</b>	Levenscyclusanalyse
<b>N<sub>2</sub>O</b>	Lachgas
<b>NH<sub>3</sub></b>	Ammoniak
<b>NMVOG</b>	Vluchtige organische stoffen zonder methaan
<b>NO</b>	Stikstofoxide
<b>NO<sub>3</sub>-</b>	Nitraat
<b>P</b>	Fosfor
<b>PAS</b>	Programmatische Aanpak Stikstof
<b>PM</b>	Fijn stof (particulate matter)
<b>TAN</b>	Totale ammoniakale stikstof
<b>VCOS</b>	Verteringscoëfficiënt van de organische stof
<b>VS</b>	Vluchtige vaste stoffen (volatile solids)

## Lijst met tabellen

Tabel 1: Impactcategorieën die berekend worden met de Environmental Footprint (EF 3.1) methode. ....	10
Tabel 2: Overzicht van de processen waarbij BKG gevormd worden op een melkveebedrijf. ....	11
Tabel 3: Karakterisatiefactoren (GWP-100) per broeikasgas (IPCC 2021) .....	11
Tabel 4: Inputdata, outputstromen en zaken die niet in de scan worden meegenomen voor deelsysteem voederproductie.....	14
Tabel 5: Inputdata, outputstromen en zaken die niet meegenomen worden in deelsysteem Voederaankoop. ....	24
Tabel 6: Gebruikte diercategorieën in Klimrek melkvee.....	25
Tabel 7: Gebruikte defaultwaarden voor de coëfficiënt voor onderhoud (Cfi), gemiddeld levend gewicht (BW, kg), volwassen levend gewicht van dier met gemiddelde conditie (MW, kg), gemiddelde gewichtstoename (WG, kg/dag). Voor BW kunnen bedrijfsspecifieke waarden ingegeven worden in de invultool.....	29
Tabel 8 Erkende maatregelen voor reductie van de enterische emissies en de gebruikte reductiepercentages. Bij bepaalde maatregelen hangt het reductiepercentage af van de toepassingsduur (dagen) en de lactatieduur (dagen). Opdat een reductiepercentage verrekend wordt, moet het rantsoen aan de randvoorwaarden voldoen (Rundveeloket, 2023). ....	33
Tabel 9: Mestopslagtypes waarvoor een mestmanagementsysteem kan worden ingegeven in de Klimrek tool. ....	37

## Lijst met figuren

Figuur 1: Overzicht van welke Inputs en processen al dan niet behouden werden in de klimaatscan. ....	10
Figuur 2: Systeemanalyse van een Vlaams melkveebedrijf. ....	13
Figuur 3: Berekening van de N-balans.....	18



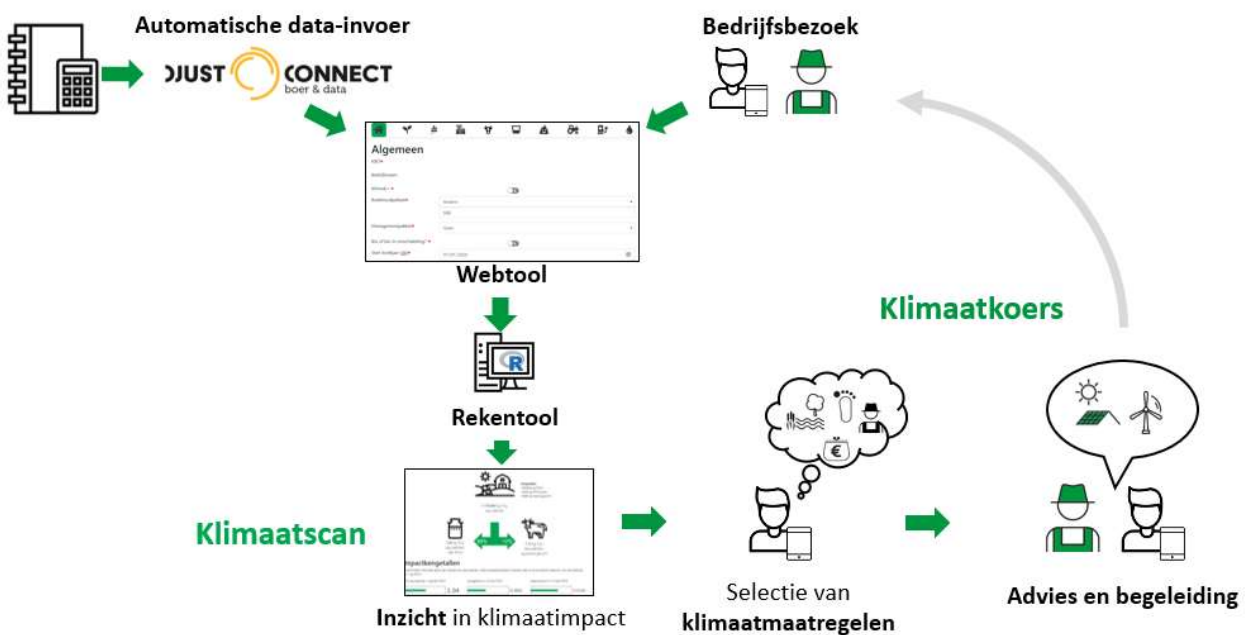
## 1. Inleiding

Dit document beschrijft de methodologie achter de **Klimrek melkvee klimaatscan**. Deze klimaatscan werd ontwikkeld tijdens het Klimrek-project (Vlaio-LA 2019-2023). Tijdens dit project ontwikkelden ILVO, Boerenbond en VITO samen klimaattrajecten voor melkvee-, maar ook voor varkens-, en akkerbouwbedrijven. De ontwikkeling gebeurde in co-creatie met stakeholders uit de sector om het traject zo correct, gebruiksvriendelijk en gedragen mogelijk te maken. Na afloop van het Klimrek-project wordt het Klimrek melkvee klimaattraject verder onderhouden met steun van MilkBE. Via jaarlijkse updates worden de achterliggende rekenregels up-to-date gehouden. Dit methodologisch document beschrijft de methodologie van Klimrek melkvee versie 2026.

### a. Wat is een klimaattraject?

Een Klimrek **klimaattraject** is een traject waar individuele landbouwbedrijven vrijwillig in kunnen stappen. Ze worden gedurende het volledige traject begeleid door een opgeleide klimaatconsulent. Het klimaattraject bestaat uit:

- 1) de **klimaatscan**: een op levenscyclusanalyse gebaseerde klimaatimpactanalyse, die gedetailleerd inzicht geeft in de klimaatimpact van het melkveebedrijf en de geproduceerde melk;
- 2) de **klimaatkoers**: een begeleidingstraject bij het nemen van klimaatmaatregelen, waarbij het potentieel economisch en ecologisch effect van klimaatmaatregelen voorberekend wordt via scenario-analyses.



### i. De klimaatscan

De **klimaatscan** bestaat uit een digitale vragenlijst (**invultool**) waarmee de bedrijfsinfo van een specifiek jaar verzameld wordt, die nodig is om de klimaatimpact van het melkveebedrijf te berekenen. Voor toelichting bij de invultool verwijzen we naar de handleiding en opleiding voor klimaatconsulenten. De data uit de invultool wordt in een rekentool (R-script) verwerkt en het resultaat is voor landbouwer en consulent te raadplegen via een digitaal dashboard.

## ii. De klimaatkoers

De klimaatkoers omvat het adviseren van de melkveehouder rond maatregelen die de klimaatimpact van het bedrijf kunnen verlagen of de klimaatweerbaarheid ervan kunnen vergroten. Voor meer info rond de klimaatkoers verwijzen we naar de handleiding en opleiding voor klimaatconsulenten. Meer info over klimaatmaatregelen is terug te vinden op de [Klimrek website](#).

### b. Wat is de scope van Klimrek melkvee?

De Klimrek klimaatscan heeft tot doel om de klimaatimpact van een gespecialiseerd melkveebedrijf en de geproduceerde melk voor een specifiek jaar inzichtelijk te maken ter ondersteuning van de landbouwer bij het kiezen en implementeren van klimaatmaatregelen die op zijn/haar bedrijf passen. Via een vereenvoudigde levenscyclusanalyse brengen we de volledige klimaat- en milieu-impact van het bedrijf in kaart. Het inzicht in de andere milieu-impactcategorieën wordt gebruikt om probleemverschuivingen bij het aanraden van klimaatmaatregelen te voorkomen; de focus van Klimrek ligt echter op de impactcategorie klimaatverandering. De [systeempgrenzen](#) van de analyse lopen tot de boerderijpoort. Verdere transport- en verwerkingsstappen zijn niet meegenomen in Klimrek.

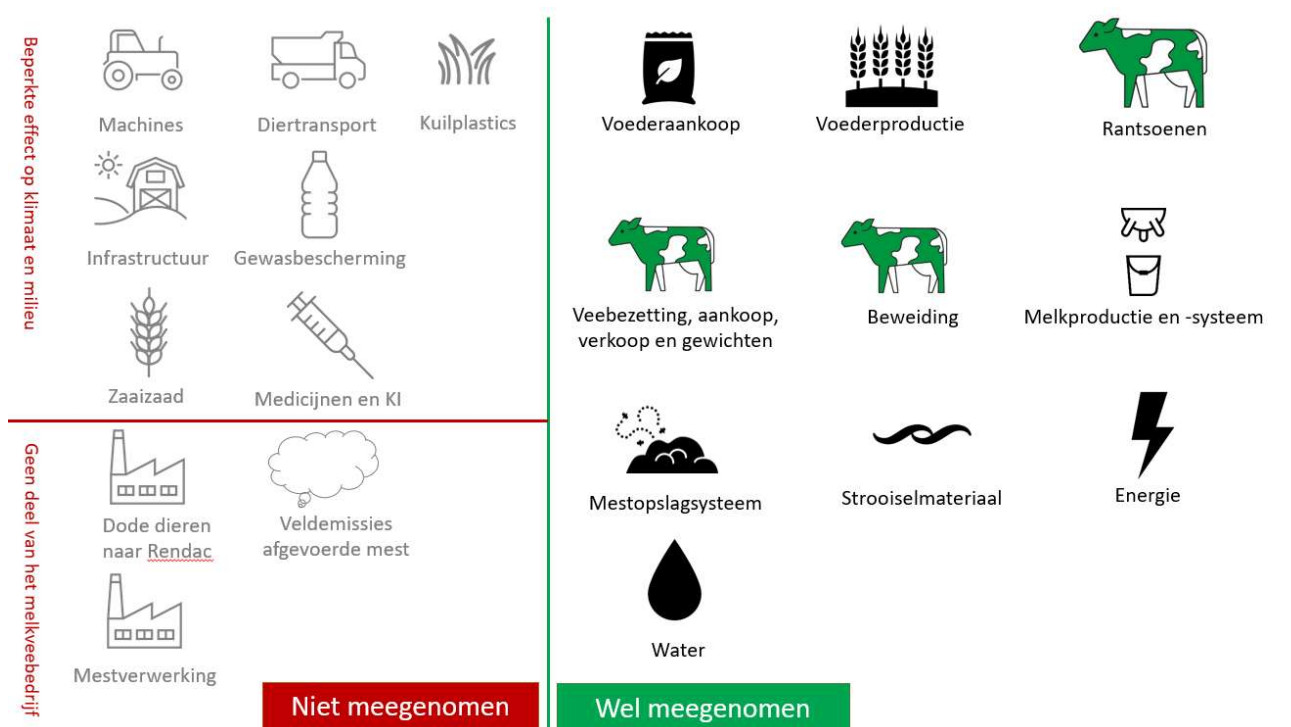
Klimrek melkvee is ontwikkeld voor toepassing op gespecialiseerde melkveebedrijven met melkkoeien van het ras Holstein-Friesian. Op gemengde bedrijven kan enkel de melkveetak van het bedrijf doorgerekend worden en dienen alle gegevens voor die bedrijfstak dus te worden uitgesplitst van de rest van het bedrijf (zoals beschreven in de [Handleiding voor Klimrek melkvee voor consulenten](#)). Op bedrijven met andere melkveerassen wordt enkel rekening gehouden met de aangepaste diergewichten die de consulent zelf ingeeft. Op bedrijven met dubbeldoeldieren, kan geen exacte berekening van de klimaatimpact gemaakt worden, o.w.v. de hoger allocatie op vlees.

Meer info over het correct gebruik van Klimrek, is terug te vinden in het [gebruikersreglement](#).

### c. Levenscyclusanalyse als basis

De berekeningsmethodiek achter de klimaatscan is gebaseerd op [levenscyclusanalyse](#) (LCA). Op basis van een volledige LCA van 5 piloot-melkveebedrijven, werd een vereenvoudigde scan samengesteld, waarin inputs en processen met een minimale bijdrage (< 3% cumulatief in elke impactcategorie) werden uitgesloten (Figuur 1). Meer info over hoe de klimaatscan tot stand kwam, is terug te vinden op de [Klimrek website](#).





Figuur 1: Overzicht van welke Inputs en processen al dan niet behouden werden in de klimaatscan.

#### d. Berekeningsmethode

Door te werken met levenscyclusanalyse brengen we de volledige klimaat- en milieu-impact van het bedrijf in kaart. We volgen hiervoor de Europese Product Environmental Footprint Category Rules 2025 voor zuivelproducten ([PEFCR Dairy](#)) en berekenen de impact met de *Environmental Footprint 3.1 (adapted) V1.00*-methode. De impactcategorieën weergegeven in Tabel 1 worden daarbij in kaart gebracht.

Tabel 1: Impactcategorieën die berekend worden met de Environmental Footprint (EF 3.1) methode.

Impactcategorie	Getoond op dashboard
Verzuring	X
Klimaatverandering	X
Klimaatverandering – Biogeen	
Klimaatverandering – Fossiel	
Klimaatverandering – Landgebruik en verandering in landgebruik	
Ecotoxiciteit voor zoetwaterleven	
Fijn stofvorming	
Eutrofiëring mariene milieu	X
Eutrofiëring zoetwater milieu	X
Eutrofiëring terrestrisch milieu	
Toxiciteit voor de mens, kankerverwekkend	
Toxiciteit voor de mens, niet-kankerverwekkend	
Ioniserende straling	
Landgebruik	X

<b>Ozonafbraak</b>	
<b>Fotochemische ozonvorming</b>	
<b>Gebruik van bronnen, fossiel</b>	x
<b>Gebruik van bronnen, mineralen en metalen</b>	
<b>Watergebruik</b>	x

De focus van Klimrek ligt op de impactcategorie *klimaatverandering*. Het inzicht in de andere milieu-impactcategorieën wordt gebruikt om probleemverschuivingen bij het aanraden van klimaatmaatregelen te voorkomen. In co-creatie met stakeholders uit de sector werden enkele impactcategorieën geselecteerd, waarin de kans op probleemverschuivingen het grootst is. Op het dashboard worden enkel deze impactcategorieën getoond (zie Tabel 1).

Voor de bepaling van de klimaatimpact worden de IPCC 2019 (Gavrilova et al. 2019) richtlijnen gevolgd. Er zijn drie broeikasgassen (BKG) die bijdragen aan de klimaatimpact van een melkveebedrijf: koolstofdioxide (CO<sub>2</sub>), methaan (CH<sub>4</sub>) en lachgas (N<sub>2</sub>O). Deze BKG worden op het melkveebedrijf zelf (voorgrond) of bij productie van inputs (achtergrond) gevormd bij de productie van melk (Tabel 2). De bijdrage van elke BKG aan de klimaatimpact wordt uitgedrukt in kg CO<sub>2</sub>-equivalenten (Tabel 3).

Tabel 2: Overzicht van de processen waarbij BKG gevormd worden op een melkveebedrijf.

CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub> biogeen	CH <sub>4</sub> fossiel	N <sub>2</sub> O
Energieverbruik (productie en verbruik)	Enterische emissies	Energieverbruik (vnl. productie)	Veldemissies (direct en indirect/geïnduceerd)
Dieserverbruik (verbranding en productie)	Mestopslagemissies		Mestopslagemissies
Veldemissies (ureumgebaseerde meststoffen en kalk)			Energieverbruik

Tabel 3: Karakterisatiefactoren (GWP-100) per broeikasgas (IPCC 2021)

Broeikasgas	Karakterisatiefactor (kg CO <sub>2</sub> eq./kg)
CO <sub>2</sub>	1,00
CH <sub>4</sub> , niet fossiel	27,0
CH <sub>4</sub> , fossiel	29,8
N <sub>2</sub> O	273

De klimaatimpact van het melkveebedrijf wordt berekend door de bijdrage van de drie broeikasgassen op te tellen. Zo bekomen we de koolstofvoetafdruk of carbon footprint van de geproduceerde producten.

### e. Functionele eenheid

De klimaatimpact wordt uitgedrukt per kg meetmelk. Dit is de hoeveelheid melk gecorrigeerd naar 3.3% eiwit en 4% vet, berekend volgens Formule 1 (Stichting CVB 2018).

$$\text{netto meetmelkproductie} = \text{netto melkproductie} * (0.337 + 0.116 * \%vet + 0.06 * \%eiwit) \quad \text{Formule 1}$$

**Met:**

- netto meetmelkproductie (kg/jaar)
- netto melkproductie= de totale melkproductie op het bedrijf, excl. melk voor de kalveren en probleemmelk naar de mestput (L/jaar)
- %vet= jaargemiddeld vetgehalte van de melk (%)
- %eiwit= jaargemiddeld totaal eiwitgehalte van de melk (%). Het totaal eiwitgehalte (*total protein*) is de meest gebruikte eenheid om het eiwitgehalte in uit te drukken in Vlaanderen.

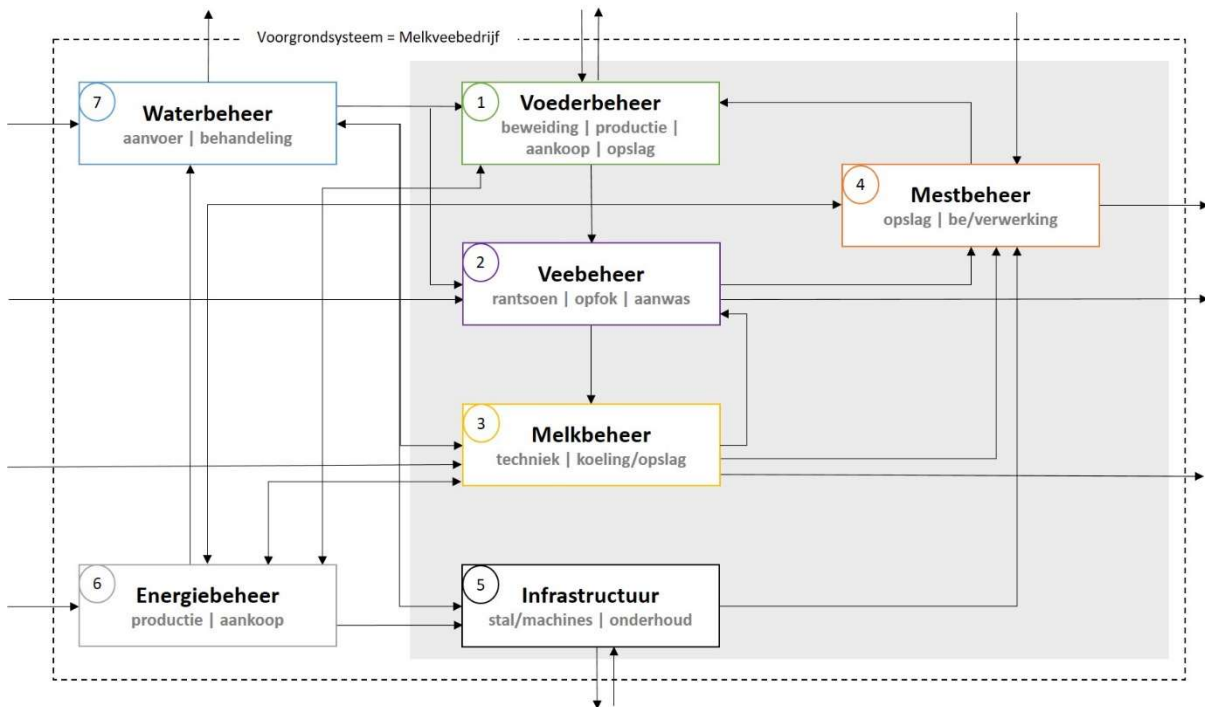
Naast de melk worden ook kalveren en reforme dieren verkocht, die naar het slachthuis gaan of aan andere melk- of vleesveebedrijven worden verkocht. Voor deze verkochte dieren wordt ook een klimaatimpact weergegeven op het dashboard, uitgedrukt per kg levend gewicht. De allocatie die toegepast wordt om een deel van de totale klimaatimpact van een melkveebedrijf toe te schrijven aan de verkochte dieren wordt beschreven in paragraaf 11.

## f. Systeemgrenzen

We evalueren de milieu-impact en in het bijzonder de klimaatimpact van het melkveebedrijf van 'cradle-to-gate', wat inhoudt dat we de impact van alle processen meenemen die plaatsvinden vanaf de extractie van natuurlijke grondstoffen (die gebruikt worden voor de aanmaak van allerlei ingekochte producten) tot op het moment dat de dieren het landbouwbedrijf verlaten. Al deze processen vallen binnen wat in levenscyclusanalyse de 'systeemgrenzen' genoemd worden. Binnen deze systeemgrenzen onderscheiden we twee systemen: het achter- en het voorgrondstelsel.

Het achtergrondstelsel omvat alle inputs of ingekochte producten (zoals voeder en energie) en infrastructuur (machines, technische installaties en gebouwen) die het melkveebedrijf binnenkomen en die bij de productie van melk rechtstreeks of onrechtstreeks verbruikt worden. De klimaatimpact van processen in het achtergrondstelsel becijferen we aan de hand van gegevens uit LCA-databanken. Denk hierbij aan de klimaatimpact van de productie van een enkelvoudige krachtvoerders.

Het voorgrondstelsel komt overeen met het melkveebedrijf zelf. Hierbinnen onderscheiden we zes deelsystemen: voederbeheer, veebeheer, melkbeheer, mestbeheer, infrastructuur, energiebeheer en waterbeheer. Om de klimaat- en milieuimpact van de processen die onder elk van deze deelsystemen vallen te bepalen, maken we zoveel mogelijk gebruik van bedrijfsspecifieke data. Die data halen we onder andere uit het boekhoud- of het managementpakket van het bedrijf, mestbankaangiftes en uit de bevraging van de landbouwer. Ontbrekende data schatten we in met de informatie voor handen, dit gebeurt bijvoorbeeld bij data rond emissies die met mestopslag gepaard gaan.



Figuur 2: Systeemanalyse van een Vlaams melkveebedrijf.

Per deelsysteem bekeken we de processen die erin plaatsvinden en de bijbehorende input- en outputstromen, die zowel materieel als energetisch kunnen zijn. Sommige stromen komen van buiten of gaan buiten de systeemgrenzen, andere stromen lopen tussen (processen van) deelsystemen. Elke stroom wordt gekwantificeerd. Belangrijk hierbij is dat dit schema op verschillende bedrijfstypes van toepassing is.

Vervolgens werd nagegaan welke inputstromen een belangrijke bijdrage hadden aan de klimaatimpact en welke niet. Dit om van uitgebreide levenscyclusanalyse naar vereenvoudigde klimaatscan te gaan die op kortere tijd uitgevoerd kan worden bij elke melkveehouder.

In de volgende paragrafen wordt in detail besproken hoe de inputs en emissies van elk deelsysteem in Klimrek melkvee bepaald worden.

## 2. Inputs en emissies bij deelsysteem Voederproductie

Het deelsysteem voederproductie omvat de impact van eigen voederproductie (met gangbare werkgangen op het veld) inclusief beweiding. Voederproductie draagt gemiddeld 15% bij aan de klimaatimpact van melk, maar het aandeel is erg bedrijfspecifiek i.f.v. het aandeel eigen voederproductie t.o.v. voederaankoop. Samen dragen voederaankoop en – productie gemiddeld wel steeds 43% bij aan de klimaatimpact.

Tabel 4: Inputdata, outputstromen en zaken die niet in de scan worden meegenomen voor deelsysteem voederproductie.

Inputdata	Per teelt: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Oppervlakte*</li> <li>- Aanwezigheid en opbrengst (ja/nee) van groenbedekker voorafgaand aan de hoofdteelt</li> <li>- Opbrengsten (hoofd- en bijproducten) en verkochte hoeveelheid</li> <li>- Werkgangen uitgevoerd door de loonwerker</li> <li>- Bemestings- en bekalkingsdosis</li> <li>- Beweidingsregime</li> <li>- Totaal dieserverbruik, inventaris van machines met aandeel van het gebruik in het veld vs. stal (deelsysteem infrastructuur)</li> </ul>
Outputstromen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Eventuele verkoop van gewas(zaad)</li> <li>- Emissies t.g.v. veldbewerkingen (o.a. door mesttoediening en brandstofverbruik) en het vee op grasland</li> <li>- Indirecte emissies van aangekochte materialen</li> <li>- Emissies t.g.v. veengronden</li> </ul>
Wat wordt niet meegenomen in de klimaatscan	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Emissies bij productie en toediening van gewasbeschermingsmiddelen*</li> <li>- Emissie bij productie van zaaizaad**</li> <li>- Emissies bij productie van (opslag)infrastructuur en machines, kuilplastics**</li> </ul>
<p>*Als bodemtextuur wordt uitgegaan van zandleem.</p> <p>**Bijdrage aan de klimaatimpact per kg meetmelk is te verwaarlozen</p>	

De impact van de productie van de gebruikte meststoffen en kalk worden uit LCA-databanken gehaald. De infrastructuur en machines die nodig zijn voor voederproductie worden niet in rekening gebracht, maar wel het dieserverbruik en de emissies die daarbij ontstaan. Hoe die emissies worden berekend, staat beschreven in de sectie Stalwerk. Gewasbeschermingsmiddelen worden niet opgevraagd omwille van hun geringe bijdrage aan de klimaatimpact per kg melk.

Bij de teelt van voeders ontstaan lachgas-, ammoniak-, koolstofdioxide- en stikstofoxide-emissies die naar de lucht gaan, alsook nitraat- en fosforemissies die naar het water gaan. De berekeningen van die emissies worden in volgende secties beschreven.

### a. Lachgas (N<sub>2</sub>O)

Directe N<sub>2</sub>O-emissies ontstaan bij de teelt van voeders op het bedrijf door het uitrijden van zowel dierlijke als minerale meststoffen alsook door mineralisatie van gewasresten en bodemorganisch materiaal. De totale directe N<sub>2</sub>O-emissies door voederproductie worden berekend volgens Formule 2 en is gebaseerd op de IPCC 2019 Tier 1 methode (Hergoualc' et al. 2019). Deze emissies worden gecorrigeerd voor (delen van) de opbrengst die verkocht worden of gebruikt worden voor andere bedrijfstakken dan de melkveetak.

Formule 2: Directe lachgasemissies bij eigen voederproductie.



$$N_2O_{direct} = \sum_i (N_2O_{N_{N_{inputs,i}}} + N_2O_{N_{OS,i}} + N_2O_{N_{PRP,i}}) * \frac{44}{28}$$

Parameter	Beschrijving	Eenheid	Bron
<b>N<sub>2</sub>O<sub>direct</sub></b>	Totale directe N <sub>2</sub> O-emissies door voederproductie op het bedrijf	kg N <sub>2</sub> O/jaar	
<b>N<sub>2</sub>O<sub>N<sub>inputs,i</sub></sub></b>	Jaarlijkse hoeveelheid van de directe N <sub>2</sub> O-emissies afkomstig van N-inputs op het areaal van teelt i	kg N <sub>2</sub> O-N/jaar	IPCC 2019 Eq. 11.1 (Hergoualc' et al. 2019), zie Formule 3
<b>N<sub>2</sub>O<sub>N<sub>OS,i</sub></sub></b>	Jaarlijkse hoeveelheid van de directe N <sub>2</sub> O-emissies afkomstig van bewerkte organische bodems	kg N <sub>2</sub> O-N/jaar	IPCC 2019 Eq. 11.1 (Hergoualc' et al. 2019), niet van toepassing
<b>N<sub>2</sub>O<sub>N<sub>PRP,i</sub></sub></b>	Jaarlijkse hoeveelheid van de directe N <sub>2</sub> O-emissies afkomstig van urine en uitwerpselen op begraasde bodems	kg N <sub>2</sub> O-N/jaar	IPCC 2019 Eq. 11.1 (Hergoualc' et al. 2019)
<b>i</b>	Het aantal teelten op het bedrijf [onder een teelt wordt een areaal van een gewas verstaan, waarop het management (bemesting, oogstwijze, opbrengst) gelijkaardig is]		Bedrijfsspecifiek
<b>44/28</b>	Factor voor omzetting van N <sub>2</sub> O-N in N <sub>2</sub> O		IPCC 2019 Eq. 11.1 (Hergoualc' et al. 2019)

### i. N<sub>2</sub>O<sub>N<sub>inputs,i</sub></sub>

De jaarlijkse N<sub>2</sub>O-emissies afkomstig van N-input op een bepaalde teelt door toediening van (an)organische meststoffen, oogstresten en mineralisatie van organische materiaal (N<sub>2</sub>O<sub>N<sub>inputs,i</sub></sub>, kg N<sub>2</sub>O-N/jaar) worden berekend volgens Formule 3. We onderscheiden hierbij een aparte emissie voor anorganische (F<sub>SN</sub>) en organische (F<sub>ON</sub>) meststoffen, voor stikstof in teeltresiduen (F<sub>CR</sub>) en voor gemineraliseerde stikstof (F<sub>SOM</sub>) (Hergoualc' et al. 2019).

Formule 3: Directe lachgasemissies door stikstof inputs in de bodem.

$$N_2O_{N_{inputs,i}} = F_{SN,i} * EF_{1SN} + (F_{ON,i} + F_{CR,i} + F_{SOM,i}) * EF_{10}$$

$$\rightarrow F_{SN,i} = \sum_S Dosis_{S,i} * N\%_S$$

$$\rightarrow F_{ON,i} = \sum_O Dosis_{O,i} * N\%_O$$

$$\rightarrow F_{SOM,i} = \frac{\Delta C_{Mineral,LU}}{R} * 1000 * Areaal_i * \%MineralSoil$$

Parameter	Beschrijving	Eenheid	Bron
<b>N<sub>2</sub>O<sub>N<sub>inputs,i</sub></sub></b>	Jaarlijkse hoeveelheid van de directe N <sub>2</sub> O-emissies afkomstig van N-inputs op het areaal van teelt i	kg N <sub>2</sub> O-N/jaar	IPCC 2019 Eq. 11.1 (Hergoualc' et al. 2019)
<b>F<sub>SN,i</sub></b>	Jaarlijkse hoeveelheid N uit anorganische mest toegepast op teelt i	kg N/jaar	IPCC 2019 Eq. 11.1 (Hergoualc' et al. 2019)

<b>EF<sub>1SN</sub></b>	Emissiefactor voor N <sub>2</sub> O-emissies van N inputs uit anorganische meststoffen (0,016 kg N <sub>2</sub> O-N/kg N)	kg N <sub>2</sub> O-N/kg N input	IPCC 2019 Table 11.1, EF <sub>1</sub> voor <i>Synthetic fertiliser inputs in wet climates</i> (Hergoualc' et al. 2019)
<b>F<sub>ON,i</sub></b>	Jaarlijkse hoeveelheid N uit organische meststoffen toegepast op het areaal van teelt i	kg N/jaar	IPCC 2019 Eq. 11.1 (Hergoualc' et al. 2019)
<b>F<sub>CR,i</sub></b>	Jaarlijkse hoeveelheid N uit gewasresten (boven- en ondergronds, incl. N van N-fixerende gewassen en vernieuwing van weiland) op het areaal van teelt i	kg N/jaar	ArcNEMO (Van Opstal, 2014)
<b>F<sub>SOM,i</sub></b>	Jaarlijkse hoeveelheid N uit mineralisatie van bodemorganische stof op het areaal van teelt i ten gevolge van verandering in landgebruik en management	kg N/jaar	IPCC 2019 Eq. 11.8 (Hergoualc' et al. 2019)
<b>EF<sub>1ON</sub></b>	Emissiefactor voor N <sub>2</sub> O-emissies van N inputs uit organische mest (0,006 kg N <sub>2</sub> O-N/kg N)	kg N <sub>2</sub> O-N/kg N input	IPCC 2019 Table 11.1, EF <sub>1</sub> voor <i>Other N inputs in wet climates</i> (Hergoualc' et al. 2019)
<b>Dosis<sub>S,i</sub></b>	Hoeveelheid van anorganische meststof S toegediend op het areaal van teelt i	kg/jaar	Bedrijfsspecifiek
<b>N%<sub>S</sub></b>	N-inhoud van anorganische meststof S	kg N/kg meststof	Bedrijfsspecifiek
<b>Dosis<sub>O,i</sub></b>	Hoeveelheid van organische meststof O toegediend op het areaal van teelt i	kg/jaar	Bedrijfsspecifiek
<b>N%<sub>O</sub></b>	N-inhoud van organische meststof O	kg N/kg meststof	Default (VLM 2020) of bedrijfsspecifiek
<b>ΔC<sub>Mineral, LU</sub></b>	Gemiddeld jaarlijks verlies aan bodemorganische koolstof in Vlaamse, minerale bodems (0-30 cm), regio-specifiek	ton C/(ha*jaar)	Defaultwaarde 0,016 voor akkerland in Vlaanderen (CELINE-IRCEL et al. 2022)
<b>R</b>	C/N-ratio van bodemorganisch materiaal		Defaultwaarde 10 voor managementverandering bij <i>Cropland Remaining Cropland</i> , IPCC 2019 Eq. 11.8 (Hergoualc' et al. 2019)
<b>Areaal<sub>i</sub></b>	Areaal van teelt i	ha	Bedrijfsspecifiek
<b>%MineralSoil</b>	Gem. aandeel minerale bodem voor teelt i.	%	99,71% voor weide, 99,53% voor akkerland. Zie §4.1.2 voor berekening.
<b>i</b>	Het aantal voederteelten op het bedrijf [onder een teelt wordt een areaal van een gewas verstaan, waarop het management (bemesting, oogstwijze, opbrengst) gelijkaardig is]		Bedrijfsspecifiek

**ii. N<sub>2</sub>O-N<sub>os,i</sub>**

Volgens het Nationaal inventarisrapport (NIR, 2023) bevindt zich onder 621ha van het Vlaams weideland en 1899ha van het Vlaams akkerland veengrond. Het totale areaal aan weides en akkerland bedroeg in Vlaanderen in 2024 resp. 219 366ha en 398 858 ha (Agentschap Landbouw en Zeevisserij, 2025). In Klimrek wordt o.b.v. deze gegevens het Vlaams gemiddeld aandeel veengrond per ha weide en akkerland berekend. Er wordt in de berekeningen aangenomen dat veengronden gemiddeld 0.28% van het weideareaal en 0.48% van het akkerlandareaal van elk landbouwbedrijf beslaan. Rekening houdend met een emissiefactor van 8 kg N<sub>2</sub>O-N/ha veengrond wordt de jaarlijkse hoeveelheid directe N<sub>2</sub>O-N emissies afkomstig van het beheer van organische bodems over het areaal van teelt i (N<sub>2</sub>O-N<sub>os,i</sub>, kg N<sub>2</sub>O-N/jaar) berekend als 0.02 kg N<sub>2</sub>O-N per ha weideland en 0.04 kg N<sub>2</sub>O-N per ha akkerland.

**iii. N<sub>2</sub>O-N<sub>PRP,i</sub>**

De jaarlijkse directe N<sub>2</sub>O-N emissies geproduceerd op begraasde weides (N<sub>2</sub>O-N<sub>PRP</sub>, kg N<sub>2</sub>O-N/jaar) worden berekend volgens Formule 4.

Formule 4: Berekening van de lachgasemissies door begrazing.

$$N_2O\_N_{PRP,i} = (F_{PRP,i} * EF_{3PRP})$$

Parameter	Beschrijving	Eenheid	Bron
N <sub>2</sub> O-N <sub>PRP,i</sub>	jaarlijkse hoeveelheid directe N <sub>2</sub> O-N emissies geproduceerd op begraasde weides afkomstig van de urine en faeces uitgescheiden door grazende dieren op het areaal van teelt i	kg N <sub>2</sub> O-N/jaar	IPCC 2019 Eq. 11.1 (Hergoualc' et al. 2019)
F <sub>PRP,i</sub>	jaarlijkse hoeveelheid N uit urine en faeces uitgescheiden door grazende dieren op het areaal van teelt i	kg N/jaar	IPCC 2019 Eq. 11.1 (Hergoualc' et al. 2019)
EF <sub>3PRP</sub>	Emissiefactor voor N-excretie bij begrazing (0.6)	kg N <sub>2</sub> O-N/kg N	IPCC 2019 Eq. 11.1 (Hergoualc' et al. 2019)

Formule 5: Formule voor de berekening van de jaarlijkse hoeveelheid N uit urine en faeces uitgescheiden op de weides.

$$F_{PRP,i} = IsBeweid_i * \left( \sum_T N_{excretie_T} * N_T * beweidings\%_T \right) * \frac{areaal_i}{\sum_i (IsBeweid_i * areaal_i)}$$

Parameter	Beschrijving	Eenheid	Bron
F <sub>PRP,i</sub>	jaarlijkse hoeveelheid N uit urine en faeces uitgescheiden door grazende dieren op het areaal van teelt i	kg N/jaar	IPCC 2019 Eq. 11.1 (Hergoualc' et al. 2019)
IsBeweid <sub>i</sub>	parameter die aangeeft of teelt i een teelt is die beweid wordt. Ja=1, nee=0		Bedrijfsspecifiek
N <sub>excretie_T</sub>	N-excretie van diercategorie T	Kg N/dier/jaar	Default i.f.v diercategorie en melkgift (VLM 2020)
N <sub>T</sub>	aantal dieren in diercategorie T		Bedrijfsspecifiek
Beweidings% <sub>T</sub>	aandeel van het jaar dat dieren van diercategorie T op de weide doorbrengen		Bedrijfsspecifiek
Areaal <sub>i</sub>	areaal van teelt i	ha	Bedrijfsspecifiek

T	Het aantal diercategorieën op het bedrijf		Zie Tabel 7
---	---	--	-------------

### b. Indirecte N<sub>2</sub>O-emissies

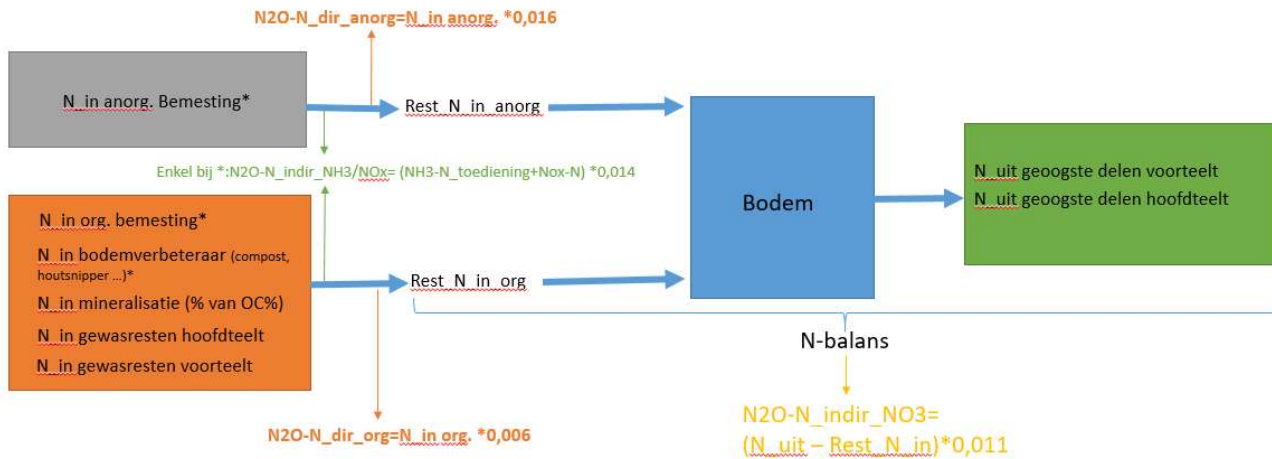
Indirecte N<sub>2</sub>O emissies ontstaan ten gevolge van NH<sub>3</sub>- en NO<sub>x</sub>-vervluchtiging en depositie, en ten gevolge van NO<sub>3</sub>- uitloging.

De stikstofverliesfractie **ten gevolge van volatilisatie en depositie van NH<sub>3</sub> en NO<sub>x</sub>** (FracGas) worden berekend volgens de EMEP Tier 2 methode, voor Vlaamse condities (gematigd klimaat, normale pH) en zijn afhankelijk van het type meststof. De emissiefactor die aangeeft hoeveel N<sub>2</sub>O-N er per kg N uit voorgaande processen gevormd wordt (EF4) bedraagt 0.014 kg N<sub>2</sub>O-N/kg NH<sub>3</sub>/NO<sub>x</sub>-N (IPCC 2019, table 11.3, wet climate).

De stikstofverliesfractie t.g.v. uitloging (FracLeach) wordt berekend o.b.v. de N-balans (Figuur 3):

$$NO_3 - N = N \text{ input}(\text{anorg/org fertiliser} + \text{cropres}) - N \text{ output}(\text{Ngas emissions} \& \text{N uptake})$$

De emissiefactor die aangeeft hoeveel N<sub>2</sub>O-N er per kg N uit uitloging gevormd wordt (EF5) bedraagt 0.011 kg N<sub>2</sub>O-N/kg NO<sub>3</sub>-N (IPCC 2019, table 11.3, wet climate).



N in gewasresten groenbedekker worden niet meegenomen, omdat aangenomen wordt dat groenbedekkers de N die ze opnemen ook weer allemaal terug afgeven. Dit is een vereenvoudiging, want in feite komen bij het onderwerken van de groenbedekkers wel emissies vrij (N<sub>2</sub>O-N<sub>dir\_org</sub>) waardoor de N die ze vrijstellen < de N die ze opnemen.

Figuur 3: Berekening van de N-balans.

### c. Koolstofdioxide (CO<sub>2</sub>)

CO<sub>2</sub>-emissies komen vrij tijdens het bekalken en tijdens bemesten met ureummeststof. Deze emissies worden berekend volgens de IPCC 2019 Tier 1 methode (Hergoualc' et al. 2019).

Formule 6: Koolstofdioxide-emissies door bekalken en ureummeststof.

$$CO_2 = \sum_i [(M_{limestone,i} * EF_{limestone}) + (M_{dolomite,i} * EF_{dolomite,i}) + (M_{urea} * EF_{urea})] * \frac{44}{12} + CO_{2,peat}$$

Parameter	Beschrijving	Eenheid	Bron
CO <sub>2</sub>	Jaarlijkse hoeveelheid CO <sub>2</sub> die vrijkomen tijdens bekalken en bemesten met ureum	kg CO <sub>2</sub> /jaar	IPCC 2019 Eq. 11.12 & 11.13 (Hergoualc' et al. 2019)

<b>M<sub>limestone</sub></b>	Jaarlijkse hoeveelheid kalkmeststof (CaCO <sub>3</sub> ) toegepast op het areaal van teelt i	kg CaCO <sub>3</sub> /jaar	Bedrijfsspecifiek
<b>EF<sub>limestone</sub></b>	Emissiefactor van kalkmeststof	ton C/ton kalkmeststof	Defaultwaarde 0,12 - IPCC 2019 Eq. 11.12 (Hergoualc' et al. 2019)
<b>M<sub>limestone</sub></b>	Jaarlijkse hoeveelheid dolomiet (CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ) toegepast op het areaal van teelt i	kg CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> /jaar	Bedrijfsspecifiek
<b>EF<sub>limestone</sub></b>	Emissiefactor van dolomiet	ton C/ton dolomiet	Defaultwaarde 0,13 - IPCC 2019 Eq. 11.12 (Hergoualc' et al. 2019)
<b>M<sub>limestone</sub></b>	Jaarlijkse hoeveelheid kalkmeststof (CaCO <sub>3</sub> ) toegepast op het areaal van teelt i	kg ureum/jaar	Bedrijfsspecifiek
<b>EF<sub>limestone</sub></b>	Emissiefactor van ureum	ton C/ton ureum	Defaultwaarde 0,20 - IPCC 2019 Eq. 11.13 (Hergoualc' et al. 2019)
<b>44/12</b>	Factor voor omzetting van CO <sub>2</sub> -C in CO <sub>2</sub> -emissies		IPCC 2019 Eq. 11.12 (Hergoualc' et al. 2019)
<b>CO<sub>2</sub><sub>peat</sub></b>	CO <sub>2</sub> -emissies door teelt op veengronden voor teelt i	Kg CO <sub>2</sub> /jaar	Formule 7
<b>i</b>	Het aantal teelten op het bedrijf		Bedrijfsspecifiek

### CO<sub>2</sub> peat

Zoals beschreven in §4.1.2, wordt in Klimrek aangenomen dat veengronden gemiddeld **0.28%** van het weideareaal en **0.48%** van het akkerlandareaal van elk landbouwbedrijf beslaan. Via formule worden de CO<sub>2</sub>-emissies door het bewerken van de veengronden beschreven.

Formule 7: CO<sub>2</sub>-emissies door teelten op veengronden

$$CO_{2\text{peat}} = (A_{\text{weide}} * 0.28\% * EF_{CO_{2\text{peat weide}}} + A_{\text{akker}} * 0.48\% * EF_{CO_{2\text{peat akker}}}) * \frac{44}{12}$$

Parameter	Beschrijving	Eenheid	Bron
<b>CO<sub>2</sub><sub>peat</sub></b>	CO <sub>2</sub> -emissies door teelt op veengronden	Kg CO <sub>2</sub> /jaar	
<b>A<sub>weide</sub></b>	Oppervlakte weide op het bedrijf	ha	Bedrijfsspecifiek
<b>0.28%</b>	Gem. aandeel veengronden op weiden in Vlaanderen		NIR 2025
<b>EF<sub>CO<sub>2</sub>peat weide</sub></b>	CO <sub>2</sub> -emissies door teelt op veengronden onder weiden	Kg C/ha	2500 kg C/ha (NIR 2022)
<b>A<sub>akker</sub></b>	Oppervlakte akkerland op het bedrijf	ha	Bedrijfsspecifiek

0.48%	Gem. aandeel veengronden op akkerland in Vlaanderen		NIR 2025
$EF_{CO_2\text{ peat akker}}$	CO <sub>2</sub> -emissies door teelt op veengronden onder akkerland	Kg C/ha	10000 kg C/ha (NIR 2022)
44/12	Factor voor omzetting van CO <sub>2</sub> -C in CO <sub>2</sub> -emissies		IPCC 2019 Eq. 11.12 (Hergoualc' et al. 2019)

#### d. Ammoniak (NH<sub>3</sub>)

Bij de voederteelt nemen we aan dat alle stikstof die vervluchtigt, omgezet is in ammoniak en alle stikstof die uitlooft, omgezet is in nitraat. De NH<sub>3</sub>-emissies naar lucht van organische meststof worden berekend rekening houdend met de gebruikte mesttoedieningsmethode zoals beschreven in EMAV. De NH<sub>3</sub>-emissies van anorganische meststof worden berekend op basis van een specifieke ammoniak emissiefactor per meststof uit EMEP/EAA 2023 (Winther and Dore 2023).

Formule 8: Ammoniakemissies tijdens voederteelt

$$NH_3 = \sum_i [(F_{SN,i} * EF_{NH3_{SN}}) + (F_{ON,i} * EF_{NH3_{ON}}) + \sum (A_i * N_{Load_i} * F_i) * EF_{cropsresidues(i)}] * \frac{17}{14}$$

Parameter	Beschrijving	Eenheid	Bron
NH <sub>3</sub>	Jaarlijkse hoeveelheid NH <sub>3</sub> geproduceerd uit vervluchtigde N van bewerkte bodems	kg NH <sub>3</sub> /jaar	
F <sub>SN,i</sub>	Jaarlijkse hoeveelheid N uit anorganische mest toegepast op het areaal van teelt i	kg N/jaar	Zie Formule 3
EF <sub>NH3<sub>SN</sub></sub>	Fractie N van anorganische meststof die vervluchtigt als NH <sub>3</sub> -N	kg NH <sub>3</sub> -N/kg N input	EMEP/EAA 2023 (Winther and Dore 2023)
F <sub>ON,i</sub>	Jaarlijkse hoeveelheid N uit organische meststoffen toegepast op het areaal van teelt i	kg N/jaar	Zie Formule 3
EF <sub>NH3<sub>ON</sub></sub>	Fractie N van organische meststof en van urine en feces van grazende dieren die vervluchtigt als NH <sub>3</sub> -N	kg NH <sub>3</sub> -N/kg N input	EMAV (ILVO 2019)
A <sub>i</sub>	Oppervlakte van teelt i	ha	bedrijfsspecifiek
N <sub>Load<sub>i</sub></sub>	Jaarlijkse stikstofgehalte aangebracht via gewasresten van teelt i en eventuele groenbedekkers voorafgaand aan teelt i	kg N/ha/jaar	NEMO 2022
F <sub>i</sub>	Fractie van de gewasresten die aanleiding geeft tot NH <sub>3</sub> -emissies, doordat ze > 3 dagen op de bodem achterblijven na het oogsten.		Aanname =1 (geen afvoer van gewasresten)
EF <sub>cropsresidues(i)</sub>	Emissiefactor voor NH <sub>3</sub> emissies door gewasresten voor teelt i en eventuele groenbedekkers voorafgaand aan teelt i	Kg NH <sub>3</sub> -N/kg N <sub>Load</sub>	

	De parameter $EF_{cropresidue(i)}$ hangt af van de stikstofconcentratie in de gewasresten $N_{AG(i)}$ , uitgedrukt in kg N/kg DS. Deze teeltspecifieke waarden zijn afkomstig van ArcNEMO (Van Opstal, 2014). Als $N_{AG(i)} \leq 0.0132$ kg N/kg DS: $EF_{cropresidues} = 0$ Anders: $EF_{cropresidues} = (410 * N_{AG(i)} - 5.42)/100$		
17/14	Factor voor omzetting van NH <sub>3</sub> -N in NH <sub>3</sub> -emissies		
i	Het aantal voederteelten op het bedrijf [onder een teelt wordt een areaal van een gewas verstaan, waarop het management (bemesting, oogstwijze, opbrengst) gelijkaardig is]		Bedrijfsspecifiek

### e. Nitraat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

Bij de voederteelt nemen we aan dat alle stikstof die vervluchtigt, omgezet is in ammoniak en alle stikstof die uitloopt, omgezet is in nitraat. We berekenen de nitraatmissies naar water o.b.v. de stikstofbalans, zoals te zien in Figuur 3.

### f. Stikstofoxide (NO<sub>x</sub>)

Om de NO<sub>x</sub>-emissies van bemesting naar lucht in rekening te brengen, maken we gebruik van EMEP/EEA 2023 3.D Tier 1-methode (Hutchings et al. 2023). De NO<sub>x</sub>-emissies worden voor de impactberekening uitgedrukt als NO<sub>2</sub>.

Formule 9: NO-emissie tijdens voederteelt

$$NO = \sum_i (F_{SN,i} + F_{ON,i}) * EF_{NO}$$

Parameter	Beschrijving	Eenheid	Bron
NO	Stikstofoxide emissies van N uit anorganische en organische meststof	kg NO <sub>2</sub> /jaar	EMEP/EEA 2023 3.D Eq. 1 (Hutchings et al. 2023)
F <sub>SN,i</sub>	Jaarlijkse hoeveelheid N uit anorganische mest toegepast op het areaal van teelt i	kg N/jaar	Zie Formule 10
F <sub>ON,i</sub>	Jaarlijkse hoeveelheid N uit organische meststoffen toegepast op het areaal van teelt i	kg N/jaar	Zie Formule 11
EF <sub>NO</sub>	Emissiefactor van NO ontstaan uit N in anorganische en organische meststof	kg NO <sub>2</sub> /kg N input uit anorganische en organische meststof	Defaultwaarde 0,04 - EMEP/EEA 2023 3.D Table 3.1 (Hutchings et al. 2023)
i	Het aantal voederteelten op het bedrijf		Bedrijfsspecifiek

### g. Fosfor (P)

P-emissies naar water worden berekend volgens het SALCA-P model (Prasuhn 2006, Nemecek 2012 – 3 erosion Rusle 2).

#### i. Fosfaatuitspoeling naar grondwater

Formule 10: Fosforemissies naar grondwater tijdens voederproductie

$$P_{gw} = P_{gwl} * F_{gw}$$

Parameter	Beschrijving	Eenheid	Bron
$P_{gw}$	Fosforemissies naar grondwater	kg P/(ha*jaar)	SALCA-P (Prasuhn 2006, Nemecek 2012 – 3 erosion Rusle 2)
$P_{gwl}$	Gemiddelde hoeveelheid P die uitloopt naar het grondwater (0.07 voor akkerland, 0.06 voor grasland)	kg P/(ha*jaar)	SALCA-P (Prasuhn 2006, Nemecek 2012 – 3 erosion Rusle 2)
$F_{gw}$	Correctiefactor voor bemesting met drijfmest	Kg P/(ha*jaar)	Formule 11: Berekening van de correctiefactor voor bemesting via drijfmest Formule 11

Formule 11: Berekening van de correctiefactor voor bemesting via drijfmest

$$F_{gw} = 1 + \left( \frac{0.2}{80} * P_2O_{5sl} \right)$$

Parameter	Beschrijving	Eenheid	Bron
$P_2O_{5sl}$	Hoeveelheid $P_2O_5$ in drijfmest	kg/ha	Default (VLM 2020) of bedrijfsspecifiek

#### ii. Fosfaat run-off naar oppervlaktewater

Formule 12: Berekening van fosfaat run-off.

$$P_{ro} = P_{rol} * F_{ro}$$

Parameter	Beschrijving	Eenheid	Bron
$P_{ro}$	Hoeveelheid P die afspoelt naar oppervlaktewater	Kg/(ha*jaar)	SALCA-P (Prasuhn 2006, Nemecek 2012 – 3 erosion Rusle 2)

$P_{rol}$	Gemiddelde hoeveelheid P die afspoelt naar oppervlaktewater (0.175 voor akkerland, 0.25 voor intensief grasland, 0.15 voor extensief grasland)	Kg/(ha*jaar)	SALCA-P (Prasuhn 2006, Nemecek 2012 – 3 erosion Rusle 2)
$F_{ro}$	Correctiefactor voor bemesting met P	Kg/ha	Formule 13

Formule 13: Berekening van de correctiefactor voor bemesting met P

$$F_{ro} = 1 + \frac{0.2}{80} * P_2P_{5min} + \frac{0.7}{80} * P_2P_{5sl} + 0.4/80 * P_2P_{5man}$$

Parameter	Beschrijving	Eenheid	Bron
$P_2P_{5min}$	Hoeveelheid P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> in anorganische meststoffen	Kg/(ha*jaar)	Bedrijfsspecifiek
$P_2P_{5sl}$	Hoeveelheid P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> in drijfmest	Kg/(ha*jaar)	Default (VLM 2020) of bedrijfsspecifiek
$P_2P_{man}$	Hoeveelheid P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> in vaste mest	Kg/ha	Default (VLM 2020) of bedrijfsspecifiek

### iii. Fosforemissies naar water via erosie

Formule 14: Berekening van de P-emissies naar water via erosie.

$$P_{er} = S_{er} * P_{cs} * F_r * F_{erw}$$

Parameter	Beschrijving	Eenheid	Bron
$P_{er}$	Hoeveelheid P die via erosie in de rivier komt	Kg P/(ha*jaar)	SALCA-P (Prasuhn 2006, Nemecek 2012 – 3 erosion Rusle 2)
$S_{er}$	Hoeveelheid bodem die geërodeerd	Kg/(ha*jaar)	SALCA-P (Prasuhn 2006, Nemecek 2012 – 3 erosion Rusle 2)
$P_{cs}$	P-gehalte in de bodem (0,00095)	Kg P/kg soil	SALCA-P (Prasuhn 2006, Nemecek 2012 – 3 erosion Rusle 2)
$F_r$	Aanrijdingsfactor voor P (1.86). Deze factor houdt er rekening mee dat geërodeerde bodem meer P partikels bevat dan de rest van de bodem.		SALCA-P (Prasuhn 2006, Nemecek 2012 – 3 erosion Rusle 2)
$F_{erw}$	Fractie van de geërodeerd bodem die oppervlaktewater bereikt (0.2)		SALCA-P (Prasuhn 2006,

			Nemecek 2012 – 3 erosion Rusle 2)
--	--	--	--------------------------------------

### 3. Inputs en emissies bij deelsysteem Voederaankoop

Het deelsysteem voederaankoop omvat de impact van voeders die aan het jongvee- en melkvee vervoederd worden en die landbouwer aankoopt. Voederaankoop draagt gemiddeld 28% bij aan de klimaatimpact van melk, maar het aandeel is erg bedrijfspecifiek i.f.v. het aandeel eigen voederproductie t.o.v. voederaankoop. Samen dragen voederaankoop en – productie gemiddeld wel steeds 43% bij aan de klimaatimpact.

Tabel 5: Inputdata, outputstromen en zaken die niet meegenomen worden in deelsysteem Voederaankoop.

Inputdata	Per aangekocht voeder: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Voedernaam</li> <li>- Begin- en eindstock</li> <li>- Aangekochte hoeveelheid</li> <li>- Droge stof gehalte (bedrijfspecifiek of default uit <a href="#">CVB</a>)</li> </ul>
Outputstromen	- Indirecte emissies van aangekochte voeders, incl. transport van (meng)voederproducent naar melkveebedrijf a.d.h.v. de default afstand BE-BE uit de PEFCR Feed for food-producing animals, Annex 6 (FEFAC, 2018)
Wat wordt niet meegenomen in de klimaatscan	

De impact van de productie van het voeder wordt vervolgens uit LCA-databanken gehaald. Daarbij wordt gebruik gemaakt van economische allocatie indien het om bijproducten gaat. Naast de impact van voederproductie is er ook impact door het vervoederen zelf (dieserverbruik stal). Die impact wordt berekend in de sectie stalwerk.

Voor samengestelde krachtvoerders is de ingrediëntenlijst vaak onbekend. In bijlage 5 zijn de samenstellingen van de default samengestelde krachtvoerders te zien die in Klimrek geselecteerd kunnen worden.

### 4. Inputs en emissies bij deelsysteem Veebeheer

Onder het deelsysteem Vee vallen de **methaanemissies bij pensfermentatie** en de emissies bij opkweek van **aangekochte dieren** vervat. Samen vormen deze gemiddeld 41% van de klimaatimpact.

Inputdata	Per diercategorie (Tabel 6): <ul style="list-style-type: none"> <li>- Jaargemiddeld aantal dieren</li> <li>- Gemiddeld gewicht</li> <li>- Beweidingsregime (uren per dag, dagen per jaar)</li> <li>- % drijf- en stalmest</li> <li>- Aantal dieren gekocht</li> <li>- Aantal dieren verkocht</li> <li>- Gemiddeld gewicht bij verkoop</li> <li>- Tussenkalftijd</li> <li>- Droogstandsduur</li> </ul>
-----------	---

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aantal dieren in hoog- en laagproductieve groep (indien van toepassing)</li> <li>- Aantal weken far-off en close-up (indien van toepassing)</li> <li>- Rantsoen (meerdere rantsoenen per jaar ingeven is mogelijk, alsook apart rantsoen voor hoog- en laagproductief melkvee en far-off en close-up droogstaanden).</li> <li>-</li> </ul>
Outputstromen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Enterische emissies van aanwezige dieren</li> <li>- Emissie bij opkweek van aangekochte dieren</li> <li>- Verkochte dieren (levend gewicht)</li> </ul>
Wat wordt niet meegenomen in de klimaatscan	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Emissies door transport van aangekocht en verkocht vee*</li> </ul>
*Bijdrage aan de klimaatimpact per kg meetmelk is te verwaarlozen.	

### a. Aankoop en verkoop van dieren

De impact van aangekochte dieren wordt uit de LCA-databanken gehaald, rekening houdend met de leeftijd van het dier. De verkochte dieren en hun levend gewicht worden gebruikt om de allocatiefactor op melk te berekenen (zie paragraaf 11).

### b. Diercategorieën

De gegevens die nodig zijn om de impact van het deelsysteem Veebeheer en Mestbeheer te berekenen, worden verzameld per diercategorie. De diercategorieën in Klimrek (Tabel 6) zijn vnl. gekozen i.f.v. verschillen tussen diergroepen qua management. De categorieën omvatten groepen van dieren die vaak hetzelfde rantsoen krijgen en waarvan het mestbeheer en beweidingsregime gelijkaardig is. Dieren binnen deze groepen hebben eveneens gelijkaardige fysiologische eigenschappen, zoals drachtpercentage of gewichtstoename. Al deze factoren hebben een invloed op de berekening van de emissiefactor per diercategorie.

Tabel 6: Gebruikte diercategorieën in Klimrek melkvee

<b>Diercategorie</b>
<b>Melkkoeien*</b>
<b>Droogstaanden*</b>
<b>Andere runderen, excl. stieren</b>
<b>Jongvee 1-2 jaar</b>
<b>Jongvee 6-12 maanden</b>
<b>Jongvee 3-6 maanden</b>
<b>Jongvee &lt; 3 maanden</b>
<b>Afvoerkalveren</b>
<small>*In de invultool wordt gevraagd naar het aantal melkkoeien incl. droogstaanden. Het aantal droogstaanden wordt daaruit berekend via volgende formule: aantal droogstaanden=aantal melkkoeien incl. droogstaanden*((weken droogstand*365/52)/tussenkalftijd)</small>

### c. Rantsoengegevens en opname vers gras bij beweiding

In onderstaande berekeningen wordt gebruik gemaakt van rantsoengegevens. Deze gegevens worden door consulent of veehouder ingegeven in de Klimrek webtool. We verwijzen hiervoor naar de *Hanleiding Klimrek melkvee (FAST) klimaatscan voor consulenten 2026*. In de webtool worden volledige rantsoenen

aangeleverd, met uitzondering van de hoeveelheid vers gras opgenomen tijdens beweiding. Aangezien de veehouder de opname van dieren op de weide vaak niet kan inschatten, worden daarvoor defaults voorzien, die gebruikt kunnen worden indien de opname onbekend is.

De opname van vers gras tijdens beweiding door **lacterend melkvee** wordt als volgt bepaald:

$$\begin{aligned}
 & \text{grasopname}_{\text{melkvee}} \\
 &= (2 + 0,75 * (\text{beweidingsuren} - 2)) + 0,02 * (2 + 0,75 * (\text{beweidingsuren} - 2)) \\
 & \quad * \frac{\text{melkgift} - 9500}{500}
 \end{aligned}$$

Parameter	Beschrijving	Eenheid	Bron
Grasopname_melkvee	Opname van vers gras door lacterend melkvee. De opname wordt afgetopt op 10 kg DS/dier/dag.	Kg DS vers gras/dier/dag	
beweidingsuren	Uren beweiding per dag tijdens de beweidingperiode. Als de dieren > 20u per dag op de weide staan, worden de beweidingsuren afgetopt op 20u.	u/dag	bedrijfsspecifiek
Melkgift	Bruto melkgift	Kg FPCM/jaar	bedrijfsspecifiek

De opname van vers gras tijdens beweiding door **jongvee en andere runderen** wordt als volgt bepaald:

$$\text{grasopname}_{\text{andere}} = (2 + 0,75 * (\text{beweidingsuren} - 2)) * \text{GVE}$$

Parameter	Beschrijving	Eenheid	Bron
Grasopname_andere	Opname van vers gras door jongvee en andere runderen. De opname wordt afgetopt op 10 kg DS/dier/dag.	Kg DS vers gras/dier/dag	
beweidingsuren	Uren beweiding per dag tijdens de beweidingperiode. Als de dieren > 20u per dag op de weide staan, worden de beweidingsuren afgetopt op 20u.	u/dag	bedrijfsspecifiek
GVE	Grootvee-eenheden. Met kalveren = 0 GVE; jongvee 3m tot 2 jaar=0,5 GVE; jongvee > 2 jaar= 1 GVE	/	

#### d. Methaan (CH<sub>4</sub>) enterisch

Methaan wordt gevormd tijdens de fermentatie in het spijsverteringsstelsel van het vee, bij mestopslag op het bedrijf, bij bemesting en indirect bij productie van inputs (o.a. diesel, voeders). Voor het deelsysteem veebeheer is enterische methaan van belang.

Voor het berekenen van de enterische CH<sub>4</sub>-emissies werd de methodiek beschreven in IPCC 2019 (Gavrilova et al. 2019) gebruikt. De totale enterische emissies worden berekend door de emissiefactor (EF) per diercategorie te vermenigvuldigen met het jaargemiddeld aantal dieren in deze categorie (Formule 1115).

$$CH_4\_Enterisch = \sum_{(T)} EF_T * N_T$$

 Formule  
1115

Parameter	Beschrijving	Eenheid	Bron
CH <sub>4</sub> _enterisch	methaanemissies afkomstig van enterische fermentatie	kg CH <sub>4</sub> /jaar	IPCC 2019 eq. 10.19 (Gavrilova et al. 2019)
EF <sub>T</sub>	emissiefactor voor diercategorie T	kg CH <sub>4</sub> /(hoofd*jaar)	Formule 16
N <sub>T</sub>	aantal dieren in diercategorie T		Bedrijfsspecifiek
T	Aantal diercategorieën in Klimrek		Tabel 6

Voor het bepalen van de EF wordt een tier 2 methodiek gehanteerd. Er worden dus geen default EF gebruikt, maar een berekende EF specifiek voor het bedrijf en de diercategorie (Formule 16). De parameters uit deze formule worden hieronder in detail beschreven.

$$EF_T = \frac{[GE_T * \frac{Y_{m,T}}{100} * 365]}{55.65} * (1 - Reductie_{CEER,T})$$

Formule 16

Parameter	Beschrijving	Eenheid	Bron
EF <sub>T</sub>	emissiefactor voor diercategorie T	kg CH <sub>4</sub> /(hoofd*jaar)	IPCC 2019 eq. 10.21 (Gavrilova et al. 2019)
GE <sub>T</sub>	bruto energie opname van dieren uit diercategorie T	MJ/dag	Formule 17
Y <sub>m, T</sub>	Methaanconversiefactor voor dieren uit diercategorie T		ILVO proeven
55,65	energie-inhoud van 1 kg CH <sub>4</sub>	MJ/kg CH <sub>4</sub>	IPCC 2019 eq. 10.21
Reductie <sub>CEER, T</sub>	reductiefactor door toepassing van rantsoenmaatregel uit het CEER bij diercategorie T	%	<b>Fout!</b> Verwijzingsbron niet gevonden.

### Methaanconversiefactor ( $Y_m$ )

De fractie van de bruto energie in het rantsoen welke wordt omgezet in methaan, wordt weerspiegeld door de methaanconversiefactor ( $Y_m$ ). De methaanconversiefactor bedraagt 0,854% voor slachtkalveren en jognvee <3m, 6.1% voor ander jongvee, en respectievelijk 5,9% en 7,9% voor lacterende en droogstaande melkkoeien. Deze waarde is gebaseerd op data van ILVO in het kader van het project SMETHANE.

### Bruto energie (GE, in MJ/dier/dag)

De emissiefactor per dier wordt bepaald door de benodigde bruto energie (GE, MJ/dier/dag), berekend volgens Formule 17. De parameters uit deze formule worden hieronder besproken.

$$GE_T = \left[ \frac{\left( \frac{NE_{m,T} + NE_{a,T} + NE_{l,T} + NE_{p,T}}{REM_T} \right) + \left( \frac{NE_{g,T}}{REG_T} \right)}{\frac{DE_T}{100}} \right] \quad \text{Formule 17}$$

Parameter	Beschrijving	Eenheid	Bron
GE <sub>T</sub>	bruto energie opname van dieren uit diercategorie T	MJ/dier/dag	IPCC 2019 eq. 10.16 (Gavrilova et al. 2019) Formule 17
NE <sub>m,T</sub>	netto energie voor lichaamsonderhoud	MJ/dier/dag	Formule 18
NE <sub>g,T</sub>	netto energie voor groei voor dieren uit diercategorie T	MJ/dier/dag	Formule 19
NE <sub>a,T</sub>	netto energie voor activiteit voor dieren uit diercategorie T	MJ/dier/dag	Formule 20
NE <sub>l,T</sub>	netto energie voor lactatie voor dieren uit diercategorie T	MJ/dier/dag	Formule 22
NE <sub>p,T</sub>	netto energie voor dracht voor dieren uit diercategorie T	MJ/dier/dag	Formule 25
REM <sub>T</sub>	verhouding van de beschikbare NE beschikbaar in het rantsoen voor onderhoud en de opgenomen verteerbare energie voor dieren uit diercategorie T		Formule 26
REG <sub>T</sub>	verhouding van de NE beschikbaar voor groei in het rantsoen en de opgenomen verteerbare energie voor dieren uit diercategorie T		Formule 29
DE <sub>T</sub>	Verteerbare energie in het rantsoen voor dieren uit diercategorie T	%	Formule 27

### Netto energie voor lichaamsonderhoud (NE<sub>m</sub>, in MJ/dier/dag)

De NE voor lichaamsonderhoud (NE<sub>m</sub>) wordt berekend a.d.h.v. een coëfficiënt (C<sub>f,i</sub>) en het gemiddelde levend gewicht (BW, in kg). Voor de C<sub>f,i</sub> worden default waarden uit de IPCC 2019 overgenomen. Voor BW kunnen bedrijfsspecifieke waarden worden ingegeven in de Klimrek tool. Indien deze niet gekend zijn, worden defaults gebruikt. De gebruikte (default)waarden per parameter uit Formule 18 zijn te vinden in Tabel 7.

$$NE_{m,T} = C_{fi,T} * (BW_T)^{0.75}$$

Formule 18

Parameter	Beschrijving	Eenheid	Bron
NE <sub>m,T</sub>	netto energie voor lichaamsonderhoud	MJ/dier/dag	IPCC 2019 eq. 10.3 (Gavrilova et al. 2019)
C <sub>fi</sub>	coëfficiënt voor lichaamsonderhoud	MJ/kg	Tabel 7
BW	levend gewicht	Kg/dier	Tabel 7 of bedrijfsspecifiek

### Netto energie voor groei (NE<sub>g</sub>, in MJ/dier/dag)

De NE voor groei wordt berekend met Formule 19. De gebruikte (default)waarden per parameter in de formule zijn te vinden in Tabel 7.

$$NE_{g,T} = 22.02 * \left( \frac{BW_T}{C * MW_T} \right)^{0.75} * WG_T^{1.097}$$

Formule 19

Parameter	Beschrijving	Eenheid	Bron
NE <sub>g,T</sub>	netto energie voor groei	MJ/dier/dag	IPCC 2019 eq. 10.6 (Gavrilova et al. 2019)
C	coëfficiënt voor groei (0.8 voor melkkoeien; 1.2 voor stieren)	MJ/kg	Tabel 7
BW <sub>T</sub>	levend gewicht van dieren uit diercategorie T	Kg	Tabel 7 of bedrijfsspecifiek
MG <sub>T</sub>	volwassen levend gewicht van dieren met een gemiddelde conditie uit diercategorie T	Kg	Tabel 3 of bedrijfsspecifiek
WG <sub>T</sub>	Gemiddelde gewichtstoename van de dieren in diercategorie T	kg/dag	Tabel 3

Tabel 7: Gebruikte defaultwaarden voor de coëfficiënt voor onderhoud (C<sub>fi</sub>), gemiddeld levend gewicht (BW, kg), volwassen levend gewicht van dier met gemiddelde conditie (MW, kg), gemiddelde gewichtstoename (WG, kg/dag). Voor BW kunnen bedrijfsspecifieke waarden ingegeven worden in de invultool.

Diercategorie	Y <sub>m</sub> <sup>(1)</sup>	C <sub>fi</sub> (MJ/kg) <sup>(2)</sup>	C <sup>(3)</sup>	BW (kg) (4,5,6)	MW (kg) (4,5,6)	WG (kg/dag) (4,5,6)
Melkkoeien	5,9	0,386	0,8	629	650	1e kalfskoe: 0,167 2e kalfskoe: 0,145 3e kalfskoe en ouder: 0,0554
Droogstaanden	7,9	0,322	0,8	629	650	0
Andere runderen, excl. stieren	6,1	0,322	0,8	660	670	0

<b>Jongvee 1-2 jaar</b>	6,1	0,322	0,8	488	664	0,79
<b>Jongvee jonger dan 1 jaar*</b>	6,1	0,322	0,8	201	388	0,94
<b>Jongvee 6-12 maanden</b>	6,1	0,322	0,8	266	388	0,91
<b>Jongvee 3-6 maanden</b>	6,1	0,322	0,8	149	190	0,9
<b>Jongvee &lt; 3 maanden</b>	0,854	0,322	0,8	73	110	0,75
<b>Afvoerkalveren</b>	0,854	0,322	1,2	49	51	0,75

\*Categorie die enkel in Klimrek Fast wordt gebruikt ter vervanging van de onderliggende jongveecategorieën.

1) ILVO, SMETHANE-project

(2) IPCC 2019 (table 10.4)

(3) IPCC 2019 (p. 10.24)

(4) Departement Landbouw en Visserij

(5) Meetwaarden ILVO melkveestal

(6) ILVO, Jongleven data voor groeitraject met effectieve ALVA van 25 maanden (gem. ALVA voor 2022-2025 in Vlaanderen volgens CRV)

### Netto energie voor activiteit ( $NE_{a,T}$ in MJ/dag)

De NE nodig voor activiteit wordt berekend via Formule 20. Deze wordt bepaald door de coëfficiënt voor activiteit ( $C_{a,T}$ ). Deze coëfficiënt is gelijk aan 0 voor dieren op stal, aangezien ze weinig energie nodig hebben om voeder op te nemen. Bij begrazing, ligt die energiebehoefte hoger, wat resulteert in een hogere  $C_{a,T}$  (Formule 21).

$$NE_{a,T} = C_{a,T} * NE_{m,T} \quad \text{Formule 20}$$

Parameter	Beschrijving	Eenheid	Bron
$NE_{a,T}$	netto energie voor activiteit	MJ/dier/dag	IPCC 2019 eq. 10.4 (Gavrilova et al. 2019)
$C_{a,T}$	coëfficiënt voor activiteit	MJ/kg	Formule 21
$NE_{m,T}$	netto energie voor lichaamsonderhoud	MJ/dier/dag	Formule 18

De coëfficiënt voor activiteit hangt af van het beweidingsregime van de dieren. Hierin is  $\%_{op\ weide}$  het aandeel (in uren) waarin de dieren op de weide staan. Dit wordt berekend o.b.v. het aantal beweidingsuren- en dagen van de diercategorie. Dit zijn bedrijfsspecifieke gegevens, die worden ingegeven in de Klimrek tool.

$$C_{a,T} = 0 * \%_{op\ stal} + 0.17 * \%_{op\ weide} \quad \text{Formule 21}$$

### Netto energie voor lactatie ( $NE_l$ in MJ/dag)

De NE voor lactatie wordt berekend met Formule 22. Het vetgehalte van de melk is een bedrijfsspecifieke parameter in deze formule en wordt verzameld via de Klimrek tool.

$$NE_{l,T} = \text{melk} * (1.47 + 0.4 * \text{fat})$$

Formule 22

Parameter	Beschrijving	Eenheid	Bron
NE <sub>l,T</sub>	netto energie voor lactatie	MJ/dier/dag	IPCC 2019 eq. 10.8 (Gavrilova et al. 2019)
melk <sub>T</sub>	melkproductie	Kg/dier/dag	Formule 23
fat <sub>T</sub>	jaargemiddeld vetgehalte van de melk	%	Formule 18

Hierin is de melkproductie (kg/dier/dag) bedrijfsspecifiek berekend a.d.h.v. de parameters verzameld via de Klimrek tool.

$$\text{melk}_T = \frac{(\text{melk}_{\text{total}} - \text{melk}_{\text{kalveren}} - \text{melk}_{\text{mestput}}) * 1,03}{\text{lacterenden}}$$

Formule 23

Parameter	Beschrijving	Eenheid	Bron
melk <sub>T</sub>	melkproductie	Kg/dier/dag	Formule 23
melk <sub>total</sub>	Totale melkproductie	L/jaar	Formule 18
melk <sub>kalveren</sub>	Melk naar kalveren	L/jaar	Formule 18
melk <sub>mestput</sub>	Probleemmelk naar mestput	L/jaar	Formule 18
1.03	Massadichtheid melk	Kg /L	
Lacterenden	Jaargemiddeld aantal lacterende melkkoeien		Bedrijfsspecifiek

Het jaargemiddeld aantal lacterende melkkoeien wordt als volgt berekend:

$$\text{lacterenden} = \text{melkkoeien} * \frac{(\text{tussenkalf tijd} - \text{droogstandsduur})}{\text{tussenkalf tijd}}$$

Formule 24

Parameter	Beschrijving	Eenheid	Bron
Melkkoeien	Som van jaargemiddeld aantal lacterende en droogstaande melkkoeien		bedrijfsspecifiek
Droogstandsduur	Duur van de droogstandsperiode	dagen	Formule 18
Tussenkalf tijd	Gemiddeld aantal dagen tussen 2 opeenvolgende kalvingen	dagen	Formule 18

### Netto energie voor dracht (NE<sub>p</sub>, in MJ/dag)

De NE voor dracht wordt berekend volgens Formule 25 . Deze wordt berekend a.d.h.v. een coëfficiënt voor dracht en de NE-behoefte voor onderhoud die berekend werd met Formule 18 . De coëfficiënt voor dracht is gelijk aan de default waarde van 0,10 uit de IPCC 2019 guidelines (Table 10.7). Het drachtigheidspercentage is bedrijfsspecifiek en wordt berekend o.b.v. het aantal geboortes in het bekeken boekjaar.

$$NE_{p,T} = C_{\text{pregnancy}} * NE_{m,T} * \text{pregnancy\_rate}_T$$

Formule 25

Parameter	Beschrijving	Eenheid	Bron
NE <sub>p,T</sub>	Netto energie voor dracht	MJ/dag	IPCC 2019, eq. 10.13 (Gavrilova et al. 2019)
C <sub>pregnancy,T</sub>	Coëfficiënt voor dracht (0.10)		IPCC 2019, table 10.7 (Gavrilova et al. 2019)
NE <sub>m,T</sub>	netto energie voor lichaamsonderhoud	MJ/dier/dag	Formule 18
Pregnancy_rate	aandeel drachtig dieren	%	Formule 18

## REM

REM is de verhouding van de beschikbare NE beschikbaar in het rantsoen voor onderhoud en de opgenomen verteerbare energie. Deze wordt berekend volgens Formule 26.

$$REM_T = \left[ 1.123 - (4.092 * 10^{-3} * DE) + [1.126 * 10^{-5} * (DE)^2] - \left( \frac{25.4}{DE} \right) \right] \quad \text{Formule 26}$$

Parameter	Beschrijving	Eenheid	Bron
REM <sub>T</sub>	verhouding van de netto energie beschikbaar in het rantsoen voor onderhoud en de opgenomen verteerbare energie		IPCC 2019, eq. 10.14 (Gavrilova et al. 2019)
DE <sub>T</sub>	Verteerbare energie in het rantsoen voor dieren uit diercategorie T		Formule 27

De verteerbare energie wordt berekend o.b.v. de verteringscoëfficiënt van organische stof (VCOS, %) van het jaargemiddeld rantsoen per diercategorie.

$$DE_T = -4,40 + 1,04 * VCOS_T \quad \text{Formule 27}$$

Parameter	Beschrijving	Eenheid	Bron
DE <sub>T</sub>	Verteerbare energie in het rantsoen voor dieren uit diercategorie T	%	Smink et al., 2004
VCOS <sub>T</sub>	Jaargemiddelde verteringscoëfficiënt van organische stof van het rantsoen van dieren uit diercategorie T	%	Formule 28

De jaargemiddelde verteringscoëfficiënt wordt berekend o.b.v. de in Klimrek ingegeven bedrijfsspecifieke rantsoenen per diercategorie. Per diercategorie kan er voor elke maand van het jaar een ander rantsoen worden ingegeven. Minimaal moet het onderscheid gemaakt worden tussen een stal- en weiderantsoen wanneer de diercategorie een deel van het jaar beweid wordt. Bij melkkoeien kan per periode eveneens een onderscheid gemaakt worden tussen de groep hoog- en laagproductieve dieren; bij droogstaanden tussen de groepen far-off en close-up. De verteringscoëfficiënten worden berekend per dag en uitgemiddeld tot een jaargemiddelde verteringscoëfficiënt.

$$VCOS_T = \frac{\sum_{T,p} VCOS_{T,p} * duur_{T,p}}{365} \quad \text{Formule 28}$$

Parameter	Beschrijving	Eenheid	Bron
T,p	Aantal periodes waarvoor voor diercategorie T een verschillend rantsoen gedefinieerd is.		Bedrijfsspecifiek
VCOS <sub>T,p</sub>	Verteringscoëfficiënt van organische stof van het rantsoen van dieren uit diercategorie T in periode p	%	Bedrijfsspecifiek
Duur <sub>T,p</sub>	Aantal maanden dat diercategorie T het rantsoen uit periode p gevoederd krijgt	dagen	Bedrijfsspecifiek
365	Dagen per jaar		

VCOS<sub>T,p</sub> wordt berekend door de VCOS per voeder te vermenigvuldigen met het aandeel (op droge stof) in het rantsoen van de diercategorie. Voor de VCOS per voeder wordt met defaultwaarden uit de CVB veevoedertabel (CVB 2019) gewerkt, met uitzondering van ruwvoerders, waarvoor bedrijfsspecifieke analyseresultaten ingegeven kunnen worden in de Klimrek tool. De droge stof percentages (DS%) per voeder nodig om een rantsoen in verse stof om te rekenen naar droge stof komen eveneens uit de CVB veevoedertabel of zijn voor ruwvoerders bedrijfsspecifieke waarden uit voederanalyses die ingegeven werden in de Klimrek tool.

## REG

REG is de verhouding van de NE beschikbaar voor groei in het rantsoen en de opgenomen verteerbare energie, berekend met Formule 29.

$$REG_T = \left[ 1.164 - (5.160 * 10^{-3} * DE_T) + [1.308 * 10^{-5} * (DE_T)^2] - \left( \frac{37.4}{DE_T} \right) \right] \quad \text{Formule 29}$$

Parameter	Beschrijving	Eenheid	Bron
REG <sub>T</sub>	Verhouding van de netto energie beschikbaar voor groei in een rantsoen en de opgenomen verteerbare energie		IPCC 2019, eq. 10.15 (Gavrilova et al. 2019)
DE <sub>T</sub>	Verteringscoëfficiënt van organische stof van het rantsoen van dieren uit diercategorie T in periode p	%	Formule 27

## Reductie<sub>CEER</sub>

Bepaalde rantsoenen en additieven zijn in Vlaanderen erkend door het convenant 'Enterische Emissies Rundvee 2019-2030' (CEER) als methaanemissiereducerende maatregelen. In Klimrek kan per rantsoen voor lactierend melkvee aangegeven worden of dit rantsoen aan 1 van de erkende maatregelen en bijhorende randvoorwaarden voldoet. Zo ja, wordt een reductie gerekend op de EF. In Tabel 8 zijn de gebruikte reductiepercentages en randvoorwaarden terug te vinden.

Tabel 8 Erkende maatregelen voor reductie van de enterische emissies en de gebruikte reductiepercentages. Bij bepaalde maatregelen hangt het reductiepercentage af van de toepassingsduur (dagen) en de lactatieduur (dagen). Opdat een reductiepercentage verrekend wordt, moet het rantsoen aan de randvoorwaarden voldoen (Rundveeloket, 2023).

Maatregel	Reductiefactor (%)	Randvoorwaarden
Bierdrif-koolzaadschroot	8	<a href="#">link</a>



<b>Koolzaadvet</b>	$5 * \frac{\text{toepassingsduur}}{\text{lactatieduur}}$	<a href="#">link</a>
<b>Nitraat</b>	$10 * \frac{\text{toepassingsduur}}{\text{lactatieduur}}$	<a href="#">link</a>
<b>3-NOP</b>	26	<a href="#">link</a>
<b>Geëxtrudeerd lijnzaad</b>	$9 * \frac{\text{toepassingsduur}}{\text{lactatieduur}}$	
<b>Nitraat-koolzaadvet</b>	Voor toepassingsduur van nitraat en koolzaadvet: $14,5 * \frac{\text{toepassingsduur}_{\text{nitraat-koolzaadvet}}}{\text{lactatieduur}}$ Voor toepassingsduur van enkel nitraat: $10 * \frac{\text{toepassingsduur}_{\text{nitraat}}}{\text{lactatieduur}}$	<a href="#">link</a>
<b>Nitraat-geëxtrudeerd lijnzaad</b>	Voor toepassingsduur van nitraat en geëxtrudeerd lijnzaad: $18,1 * \frac{\text{toepassingsduur}_{\text{nitraat-lijnzaad}}}{\text{lactatieduur}}$ Voor toepassingsduur van enkel nitraat: $10 * \frac{\text{toepassingsduur}_{\text{nitraat}}}{\text{lactatieduur}}$	<a href="#">link</a>
<b>Geëxtrudeerd lijnzaad- 3NOP</b>	Voor toepassingsduur van geëxtrudeerd lijnzaad: $9 * \frac{\text{toepassingsduur}_{\text{lijnzaad}}}{\text{lactatieduur}}$ Voor toepassingsduur van enkel 3NOP: $26 * \frac{\text{toepassingsduur}_{\text{3NOP}}}{\text{lactatieduur}}$	<a href="#">Link</a>

## 5. Inputs en emissies bij deelsysteem Mestbeheer

Het deelsysteem mestopslag omvat de emissies die plaatsvinden bij **opslag van mest** op het bedrijf (CH<sub>4</sub>-, directe en indirecte N<sub>2</sub>O- emissies) en bij **aankoop van beddingmaterialen** die niet op het bedrijf zelf geproduceerd worden. Deze emissies maken gemiddeld 12% van de klimaatimpact van melk uit.

Inputdata	Per mesttype: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mestopslagtype 1 (o1)</li> <li>- Afdekking van o1</li> <li>- Lediging van o1 per maand (naar o2, veld of afvoer)</li> <li>- Mestopslagtype 2 (o2)</li> <li>- Afdekking van o2</li> <li>- Lediging van o1 per maand (naar veld of afvoer)</li> <li>- Hoeveelheid aangekochte beddingmaterialen</li> </ul>
Outputstromen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Emissies van mestopslag</li> <li>- Indirecte emissies bij productie van aangekochte beddingmaterialen</li> </ul>
Wat wordt niet meegenomen in de klimaatscan	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Emissies bij productie van mestopslaginfrastructuur</li> </ul>

In deze sectie moeten we een zo volledig mogelijk beeld krijgen van de mestproductie en -opslag bij de landbouwer. Op basis van die gegevens worden de methaan-, ammoniak-, lachgas- stikstofoxide-, stikstofgas-, fijn stof- en NMVOC-emissies berekend. Tevens wordt er met behulp van de N-houdende emissies een stikstofflow (zie §h) berekend waarmee rekening gehouden wordt voor de N-houdende emissies die vrijkomen bij mestopslag in de stal en bij externe mestopslag.

### a. Aankoop van beddingmaterialen

De impact van aangekochte beddingmaterialen (stro, houtsnippers, zand...) wordt uit LCA-databanken gehaald.

### b. Methaanemissies bij mestopslag

De berekening van de CH<sub>4</sub>-emissies uit mestopslag gebeurt volgens de IPCC richtlijnen via Formule 30.

$CH_4_{Mestopslag} = \sum_{(T)} EF_T * N_T$			Formule 30
Parameter	Beschrijving	Eenheid	Bron
CH <sub>4</sub> _Mestopslag	methaanemissies afkomstig van mestopslag	kg CH <sub>4</sub> /jaar	Formule 26
EF <sub>T</sub>	emissiefactor voor diercategorie T	kg CH <sub>4</sub> uit mest/dier/jaar	Formule 12
N <sub>T</sub>	aantal dieren in diercategorie T		Bedrijfspecifiek
T	diercategorieën in Klimrek		Tabel 6

De emissiefactor per dier wordt berekend volgens Formule 31. Deze emissiefactor hangt af van de volatiele stoffen in de mest van de diercategorie (VS<sub>T</sub>), van de maximale methaanproductiecapaciteit van de mest (B<sub>0</sub>

( $T$ ) en van de methaanconversiefactor van het mestopslagsysteem van de mest van de diercategorie ( $MCF_S$ ). De berekening van deze parameters wordt hieronder in detail beschreven.

$EF_T = (VS_{T,S} * 365) * \left[ B_{0(T)} * 0.67 * \sum_S \frac{MCF_S}{100} * AWMS_{(T,S)} \right]$			Formule 31
Parameter	Beschrijving	Eenheid	Bron
$EF_T$	emissiefactor voor diercategorie T	kg CH <sub>4</sub> uit mest/dier/jaar	Formule 12
365	basis voor het berekenen van de jaarlijkse VS productie	dagen/jaar	
0,67	conversiefactor voor m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> naar kg CH <sub>4</sub>		
S	het aantal mestmanagementsystemen op het bedrijf		Bedrijfspecifiek en Tabel 9
$AWMS_{T,S}$	fractie van de mest van diercategorie T die volgens mestopslagsysteem S behandeld wordt		Bedrijfspecifiek

### Volatile solids ( $VS_{T,S}$ )

De methaanemissies uit de mest van een bepaalde diercategorie T in een bepaald mestopslagsysteem worden berekend volgens de IPCC 2019 Tier 2 methode op basis van de volatile solids in de mest uitgescheiden door diercategorie T ( $VS_T$ ).

$$VS = \left[ GE * \left( 1 - \frac{DE}{100} \right) + (UE * GE) \right] * \left[ \frac{1 - ASH}{18.45} \right]$$

Formule 32

Parameter	Beschrijving	Eenheid	Bron
VS	excretie van volatile solids op DS-basis	kg VS/dier/dag	Formule 33
GE	bruto energiebehoefte	MJ/dier/dag	Formule 17
DE	verteerbare energie	%	Formule 27
UE	=0.04 aandeel van de GE dat bij herkauwers wordt uitgescheiden via urine (urinaire energie) uitgedrukt als fractie van GE		bron
ASH	= 0.08= het asgehalte van een gemiddeld Vlaams melkveerantsoen volgens het NIR , uitgedrukt als een % van de DS-inname		
18,45	conversiefactor van GE naar MJ per kg DS aan voeder. Deze waarde is constant voor de		

	verschillende types voeder die in het melkveerantsoen kunnen voorkomen .		
--	--	--	--

Tabel 9: Mestopslagtypes waarvoor een mestmanagementsysteem kan worden ingegeven in de Klimrek tool.

<b>Mesttypes in Klimrek</b>
Runderen- mengmest
Runderen- vaste mest
Melkkoeien - mengmest
Melkkoeien- vaste mest
Jongvee - mengmest
Jongvee- vaste mest

### Maximale methaanproductiecapaciteit ( $B_{0(T,S)}$ )

$B_{0(T,S)}$  geeft aan wat het maximale aandeel van de VS is dat in CH<sub>4</sub> kan worden omgezet. De maximale methaanproductiecapaciteit van een bepaald mesttype, hangt af van de diersoort waarvan deze afkomstig is en van het rantsoen van die diersoort. In Klimrek gebruiken we de default  $B_{0(T)}$  uit de IPCC richtlijnen, die voor hoogproductief melkvee in West-Europa 0.24 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/kg VS bedraagt, 0.18 voor de andere diercategorieën en 0.19 voor grazende dieren.

### Methaanconversiefactor ( $MCF_s$ )

De  $MCF_s$  geeft aan hoeveel CH<sub>4</sub> onder een bepaald mestmanagementsysteem (S) gevormd kan worden. De MCF hangt af van het opslagtype, het additief, de afdekking ervan en van de temperatuur gedurende de opslagperiode. Voor mengmest wordt een bedrijfsspecifieke MCF per opslagtype berekend via de [MCF Calculations Exemple Sheet](#) die IPCC ter beschikking stelt, met regiospecifieke temperatuurgegevens (KMI) (Gavrilova et al. 2019). Daarbij wordt gebruik gemaakt van Vlaamse temperatuurgegevens (KMI) en de bedrijfsspecifieke ledigingspercentages. In het geval dat twee mestopslagsystemen voor mengmest elkaar opvolgen, worden de VS gecorrigeerd voor de CH<sub>4</sub> die in het vorige mestopslagsysteem al vrijkwam. Deze methode wordt enkel toegepast voor mestopslagsystemen waarvan de MCF, volgens IPCC (Gavrilova et al. 2019), toeneemt naarmate de mest langer opgeslagen ligt (dus in de mestkelder onder de stal en in de mestsilo). Indien er andere (externe) mestmanagementsystemen gebruikt worden, zoals een vergisting en digestaatopslag, dan wordt aangenomen dat dat systeem dominant is en wordt de default MCF van IPCC 2019 Table 10.17, *warm temperate moist climate* (Gavrilova et al. 2019) gebruikt voor het gehele mestmanagementsysteem van mengmest.

Voor vaste mest worden de default MCF van IPCC 2019 gebruikt (Table 10.17, *warm temperate moist climate*; Bijlage 4). Indien meerdere opslagsystemen elkaar opvolgen, wordt een gewogen gemiddelde MCF berekend i.f.v. de hoeveelheid mest (VS) die in elk opslagsysteem terecht komt.

### c. Directe N<sub>2</sub>O emissies bij mestopslag

Directe N<sub>2</sub>O emissies ontstaan door de combinatie van nitrificatie en denitrificatie van N in de mest. De emissies van N<sub>2</sub>O uit mest gedurende de opslagperiode hangen af van de bewaarduur, de opslagmethode en het N- en C-gehalte van de mest. De directe N<sub>2</sub>O emissies uit mestopslag worden berekend door de N-excretie per mestopslagsysteem te vermenigvuldigen met een emissiefactor. Emissies worden vervolgens gesommeerd over alle mestopslagsystemen op het bedrijf.



$$N2O_{D(mm)} = \left[ \sum_S \left[ \sum_T ((N_{(T)} * Nex_{(T)}) * AWMS_{(T,S)}) \right] * EF_{3(S)} \right] * \frac{44}{28} \quad \text{Formule 34}$$

Parameter	Beschrijving	Eenheid	Bron
$N2O_{D(mm)}$	Directe N2O emissies door mestmanagement	Kg N <sub>2</sub> O/jaar	IPCC 2019, eq. 10.25 (Gavrilova et al. 2019)
$N_T$	Jaargemiddeld aantal dieren in diercategorie T		bedrijfsspecifiek
$Nex_T$	Stikstofexcretie van diercategorie T	Kg/dier	VLM 2023 met bedrijfsspecifieke melkproductie, zie bijlage 3
$AWMS_{(T,S)}$	Fractie van de totale jaarlijkse stikstofexcretie van diercategorie T die terecht komt in mestopslagsysteem S		Bedrijfsspecifiek
$EF_{3(S)}$	Emissiefactor voor directe N2O-emissies uit mestmanagement in mestopslagsysteem S	Kg N2O-N/kg N	IPCC 2019, table 10.21 (Gavrilova et al. 2019)
44/284	Omzetting van N2O-N naar N2O		
S	Mestopslagsysteem		
T	Diercategorie		

#### d. Ammoniak (NH3)

Ammoniakemissies die ontstaan tijdens mestopslag in de stal (Formule 35) zijn afhankelijk van het type stalsysteem dat voor een bepaalde diercategorie gebruikt wordt. De emissiefactoren voor ammoniak per diercategorie, beweidingsregime en mesttype zijn terug te vinden in NEMA (Van Bruggen et al. 2023).

Formule 35: Ammoniakemissies tijdens mestopslag in de stal

$$NH3_{stal} = \sum_T \sum_S N_{T,S} * EF_{NH3_{T,S}}$$

Parameter	Beschrijving	Eenheid	Bron
$NH3_{stal}$	Ammoniakemissies bij mestopslag in de stal	kg NH3/jaar	
$N_{T,S}$	Jaargemiddeld aantal dieren in diercategorie T met mestmanagementsysteem S		Bedrijfsspecifiek
$EF_{NH3_{T,S}}$	Emissiefactor voor diercategorie T met mestmanagementsysteem S	kg NH <sub>3</sub> /(dier*jaar)	NEMA (Van Bruggen et al. 2023)
T	Diercategorieën in Klimrek		Zie Tabel 6

<b>S</b>	Het aantal mestmanagementsystemen binnen een diercategorie		Bedrijfsspecifiek
----------	--	--	-------------------

Verder houdt de methodiek rekening met stikstof die geïmmobiliseerd wordt door het gebruik van stro (Amon et al. 2019). De mogelijke immobilisatie door ander strooiselmateriaal wordt niet in rekening gebracht.

Ammoniakemissies die ontstaan tijdens externe opslag worden berekende op basis van de methodiek beschreven in EMAV (ILVO 2019). Voor stikstofinput wordt rekening gehouden met N-houdende emissies die reeds geëmitteerd werden (Formule 3136) waardoor de methodiek van EMEP/EEA licht aangepast werd.

Formule 3136: Ammoniakemissies tijdens externe mestopslag

$$NH3_{opslag} = N_{input_{opslag}} * EF_{NH3}$$

Parameter	Beschrijving	Eenheid	Bron
<b>NH3_opslag</b>	Ammoniakemissies tijdens externe mestopslag	kg NH3/jaar	
<b>Ninput_opslag</b>	Jaarlijkse gemiddelde N-input per hoofd in diercategorie T en mestmanagementsysteem S, rekening houdend met de stikstofflow	kg N/(dier*jaar)	Bedrijfsspecifieke N-flow
<b>EF<sub>NH3</sub></b>	Fractie van stikstof die uitgescheiden wordt als TAN		EMAV (ILVO 2019)

### e. Stikstofoxide (NOx)

De methode om NO<sub>x</sub>-emissies te berekenen komt overeen met de manier om directe lachgasemissies te berekenen zoals beschreven in de IPCC 2019 Tier 3-methode (Gavrilova et al. 2019). Deze redenering wordt ook toegepast in EMAV (ILVO 2019), die zich daarvoor baseren op Oenema et al. 2000 (Oenema et al. 2000). De emissies voor de mestopslag in de stal (Formule 37) hebben weliswaar een specifieke als voor externe mestopslag (Formule 38) berekend. De NO-emissies worden voor de impactberekening uitgedrukt als NO<sub>2</sub>. Voor emissies die ontstaan in de stal wordt rekening gehouden met de stikstofflow, waarbij de stikstofinput verminderd werd met stikstof dat onder de vorm van ammoniak reeds geëmitteerd werd (**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**). Voor emissies die ontstaan in de externe mestopslag wordt de stikstofinput verminderd werd met stikstof die reeds in de stal geëmitteerd werd en stikstof dat in de externe opslag als ammoniak reeds geëmitteerd werd (**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**).

Formule 37: NO-emissies tijdens mestopslag in de stal

$$NO_{stal} = \left[ \sum_S \left[ \sum_T ((N_{T,S} * N_{input_{stal1_{T,S}}}) * AWMS_{(T,S)}) \right] * EF_{3(S)} \right] * \frac{46}{14}$$

Parameter	Beschrijving	Eenheid	Bron
<b>NO_stal</b>	NO-emissies tijdens mestopslag in de stal op het bedrijf	kg NO <sub>2</sub> /jaar	(Oenema et al. 2000; Gavrilova et al. 2019; ILVO 2019)

$N_{T,S}$	Jaargemiddeld aantal dieren in diercategorie T met mestmanagementsysteem S		Bedrijfsspecifiek
$N_{input\_stal1,T,S}$	Jaarlijkse gemiddelde N-input per hoofd in diercategorie T en mestmanagementsysteem S, rekening houdend met de stikstofflow	kg N/(dier*jaar)	Bedrijfsspecifieke N-flow zie <b>Fout!</b> <b>Verwijzingsbron niet gevonden.</b>
$AWMS_{(T,S)}$	Fractie van de mest van diercategorie T die volgens mestopslagsysteem S behandeld wordt		Bedrijfsspecifiek
$EF_{3(S)}$	Emissiefactor voor directe N <sub>2</sub> O-emissies voor mestmanagementsysteem S (0.46)	kg N <sub>2</sub> O-N/kg N	IPCC 2019 Table 10.21
<b>46/14</b>	Factor voor omzetting van NO-N in NO <sub>2</sub>		IPCC 2019 Eq. 11.1 (Hergoualc' et al. 2019)
<b>S</b>	Het aantal mestmanagementsystemen op het bedrijf		Bedrijfsspecifiek
<b>T</b>	Diercategorieën in Klimrek		Tabel 6

Formule 38: NO-emissies tijdens externe mestopslag

$$NO_{opslag} = \left[ \sum_S \left[ \sum_T ((N_{T,S} * N_{input\_opslag2,T,S}) * AWMS_{(T,S)}) * EF_{3(S)} \right] * \frac{46}{14} \right]$$

Parameter	Beschrijving	Eenheid	Bron
<b>NO_opslag</b>	NO-emissies tijdens externe mestopslag op het bedrijf	kg NO <sub>2</sub> /jaar	(Oenema et al. 2000; Gavrilova et al. 2019; ILVO 2019)
$N_{T,S}$	Jaargemiddeld aantal dieren in diercategorie T met mestmanagementsysteem S		Bedrijfsspecifiek
$N_{input\_opslag2,T,S}$	Jaarlijkse gemiddelde N-input per hoofd in diercategorie T en mestmanagementsysteem S, rekening houdend met de stikstofflow	kg N/(dier*jaar)	Bedrijfsspecifieke N-flow zie <b>Fout!</b> <b>Verwijzingsbron niet gevonden.</b>
$AWMS_{(T,S)}$	Fractie van de mest van diercategorie T die volgens mestopslagsysteem S behandeld wordt		Bedrijfsspecifiek
$EF_{3(S)}$	Emissiefactor voor directe N <sub>2</sub> O-emissies voor mestmanagementsysteem S	kg N <sub>2</sub> O-N/kg N	IPCC 2019 Table 10.21
<b>46/14</b>	Factor voor omzetting van NO-N in NO <sub>2</sub>		IPCC 2019 Eq. 11.1 (Hergoualc' et al. 2019)
<b>S</b>	Het aantal mestmanagementsystemen op het bedrijf		Bedrijfsspecifiek

T	Diercategorieën in Klimrek		Tabel 6
---	----------------------------	--	---------

## f. Lachgas (N2O)

Lachgasemissies worden berekend voor zowel mestopslag in de stal alsook eventuele daaropvolgende externe mestopslag. De bedrijfsspecifieke N-flow wordt daarvoor aangepast.

### i. Directe N2O emissies

Directe N<sub>2</sub>O emissies ontstaan door de combinatie van nitrificatie en denitrificatie van N in de mest. De emissies van N<sub>2</sub>O uit mest gedurende de opslagperiode hangen af van de bewaarduur, de opslagmethode en het N- en C-gehalte van de mest. Nitrificatie (= oxidatie van NH<sub>3</sub>-N tot NO<sub>3</sub>-N) is een belangrijke stap in de productie van N<sub>2</sub>O. Deze stap gaat enkel door in een zuurstofrijke omgeving. Denitrificatie (= omzetting van nitriet en nitraat in N<sub>2</sub>O en N<sub>2</sub>) is de vervolgstap die enkel in anaerobe omgeving doorgaat. Bij lage pH, hoge nitraatgehalten en laag vochtgehalte van de mest wordt de omzetting van N<sub>2</sub>O in N<sub>2</sub> gehinderd en nemen de N<sub>2</sub>O-emissies dus toe.

De directe N<sub>2</sub>O-emissies uit mestopslag worden berekend door de N-excretie per mestopslagsysteem te vermenigvuldigen met een emissiefactor. Emissies worden vervolgens gesommeerd over alle mestopslagsystemen op het bedrijf. Het berekenen van de totale directe N<sub>2</sub>O-emissies door mestopslag in de stal en externe mestopslag gebeurt met Formule 39 en Formule 40 respectievelijk, gebaseerd op IPCC 2019 Tier 3-methode (Gavrilova et al. 2019).

Voor emissies die ontstaan in de stal wordt rekening gehouden met de stikstofinput, waarbij de stikstofinput verminderd werd met stikstof dat onder de vorm van ammoniak reeds geëmitteerd werd (**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**). Voor emissies die ontstaan in de externe mestopslag wordt de stikstofinput verminderd met stikstof die reeds in de stal geëmitteerd werd en stikstof dat in de externe opslag als ammoniak reeds geëmitteerd werd (**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**).

Formule 39: Directe lachgasemissies tijdens mestopslag in de stal

$$N_2O\_direct\_stal = \left[ \sum_S \left[ \sum_T ((N_{T,S} * Ninput\_stal1_{T,S}) * AWMS_{(T,S)}) \right] * EF_{3(S)} \right] * \frac{44}{28}$$

Parameter	Beschrijving	Eenheid	Bron
N <sub>2</sub> O_direct_stal	Directe N <sub>2</sub> O-emissies tijdens mestopslag in de stal op het bedrijf	kg N <sub>2</sub> O/jaar	IPCC 2019 Eq. 10.25 (Gavrilova et al. 2019) zonder input via vergisting want niet van toepassing
N <sub>T,S</sub>	Jaargemiddeld aantal dieren in diercategorie T met mestmanagementsysteem S		Bedrijfsspecifiek
Ninput_stal1 <sub>T,S</sub>	Jaarlijkse gemiddelde N-input per hoofd in diercategorie T en mestmanagementsysteem S, rekening houdend met de stikstofinput	kg N/(dier*jaar)	Bedrijfsspecifieke N-flow zie <b>Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.</b>

<b>AWMS<sub>(T,S)</sub></b>	Fractie van de mest van diercategorie T die volgens mestopslagsysteem S behandeld wordt		Bedrijfsspecifiek
<b>EF<sub>3(S)</sub></b>	Emissiefactor voor directe N <sub>2</sub> O-emissies voor mestmanagementsysteem S	kg N <sub>2</sub> O-N/kg N	IPCC 2019 Table 10.21 (Gavrilova et al. 2019)
<b>44/28</b>	Factor voor omzetting van N <sub>2</sub> O-N in N <sub>2</sub> O		IPCC 2019 Eq. 11.1 (Hergoualc' et al. 2019)
<b>S</b>	Het aantal mestmanagementsystemen op het bedrijf		Bedrijfsspecifiek
<b>T</b>	Diercategorieën in Klimrek		Zie <b>Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.</b>

Formule 40: Directe lachgasemissies tijdens externe mestopslag

$$N_2O\_direct\_opslag = \left[ \sum_S \left[ \sum_T ((N_{T,S} * Ninput\_opslag_{2T,S}) * AWMS_{(T,S)}) \right] * EF_{3(S)} \right] * \frac{44}{28}$$

Parameter	Beschrijving	Eenheid	Bron
<b>N<sub>2</sub>O_direct_opslag</b>	Directe N <sub>2</sub> O-emissies tijdens externe mestopslag op het bedrijf	kg N <sub>2</sub> O/jaar	IPCC 2019 Eq. 10.25 (Gavrilova et al. 2019)
<b>N<sub>T,S</sub></b>	Jaargemiddeld aantal dieren in diercategorie T met mestmanagementsysteem S		Bedrijfsspecifiek
<b>Ninput_opslag<sub>2T,S</sub></b>	Jaarlijkse gemiddelde N-input per hoofd in diercategorie T en mestmanagementsysteem S, rekening houdend met de stikstofflow	kg N/(dier*jaar)	Bedrijfsspecifieke N-flow zie <b>Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.</b>
<b>AWMS<sub>(T,S)</sub></b>	Fractie van de mest van diercategorie T die volgens mestopslagsysteem S behandeld wordt		Bedrijfsspecifiek
<b>EF<sub>3(S)</sub></b>	Emissiefactor voor directe N <sub>2</sub> O-emissies voor mestmanagementsysteem S	kg N <sub>2</sub> O-N/kg N	IPCC 2019 Table 10.21 (Gavrilova et al. 2019)
<b>44/28</b>	Factor voor omzetting van N <sub>2</sub> O-N in N <sub>2</sub> O		IPCC 2019 Eq. 11.1 (Hergoualc' et al. 2019)
<b>S</b>	Het aantal mestmanagementsystemen op het bedrijf		Bedrijfsspecifiek
<b>T</b>	Diercategorieën in Klimrek		Zie Tabel 6

## ii. Indirecte N<sub>2</sub>O emissies

Indirecte N<sub>2</sub>O-emissies dragen ook bij aan de totale N<sub>2</sub>O-emissies door middel van twee mechanismen. Enerzijds zal N vervluchtigen onder de vorm van ammoniak en NO<sub>x</sub> (**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** en

**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**) anderzijds kan N ook verloren gaan door runoff en uitloging in de bodem wanneer vaste mest buiten opgeslagen is of tijdens beweiding. **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** Voor emissies die ontstaan door vervluchtiging wordt rekening gehouden met de stikstofinput, waarbij de stikstofinput bepaald wordt op basis van de stikstof die als ammoniak en als NOx geëmitteerd wordt (**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** en **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**).

De Indirecte N<sub>2</sub>O-emissies voor externe opslag met betrekking tot N-uitloging worden berekend op basis van de IPCC 2019 Tier 2 methode

Formule 41: Lachgasemissies door uitloging tijdens externe mestopslag

$N_2O_{leach\_opslag}$

$$= \left[ \sum_S \left[ \sum_T ((N_{T,S} * N_{input\_opslag_{T,S}}) * AWMS_{(T,S)}) * Frac_{LeachMS(T,S)} \right] * EF_{5(S)} * \frac{44}{28} \right]$$

Parameter	Beschrijving	Eenheid	Bron
<b>N<sub>2</sub>O<sub>leach_opslag</sub></b>	Hoeveelheid N uit mest dat verloren gaat door uitloging tijdens externe mestopslag op het bedrijf	kg N <sub>2</sub> O/jaar	IPCC 2019 Eq. 10.27 & 10.29 (Gavrilova et al. 2019) zonder input via vergisting want dat is hier niet van toepassing
<b>N<sub>T,S</sub></b>	Jaargemiddeld aantal dieren in diercategorie T met mestmanagementsysteem S		Bedrijfsspecifiek
<b>N<sub>input_opslag<sub>T,S</sub></sub></b>	Jaarlijkse gemiddelde N-input per hoofd in diercategorie T en mestmanagementsysteem S, rekening houdend met de stikstofinput	kg N/(dier*jaar)	Bedrijfsspecifieke N-flow zie <b>Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.</b>
<b>AWMS<sub>(T,S)</sub></b>	Fractie van de mest van diercategorie T die volgens mestopslagsysteem S behandeld wordt		Bedrijfsspecifiek
<b>Frac<sub>LeachMS(T,S)</sub></b>	Fractie meststikstof voor diercategorie T die uitloopt uit het mestmanagementsysteem S		IPCC 2019 Table 10.22 (Gavrilova et al. 2019)
<b>EF<sub>5(S)</sub></b>	Emissiefactor voor N <sub>2</sub> O-emissies door stikstofuitloging en runoff	kg N <sub>2</sub> O-N/kg N	IPCC 2019 Table 11.3, wet climate (Hergoualc' et al. 2019)
<b>44/28</b>	Factor voor omzetting van N <sub>2</sub> O-N in N <sub>2</sub> O-emissies		IPCC 2019 Eq. 10.29 (Gavrilova et al. 2019)
<b>S</b>	Het aantal mestmanagementsystemen op het bedrijf		Bedrijfsspecifiek

T	Diercategorieën in Klimrek		Tabel 6
---	----------------------------	--	---------

### g. Stikstofgas (N<sub>2</sub>)

De methode om N<sub>2</sub>-emissies te berekenen is gebaseerd op de manier om directe lachgasemissies te berekenen zoals beschreven in de IPCC 2019 Tier 3-methode (Gavrilova et al. 2019). De emissiefactoren voor N<sub>2</sub>-N worden daarbij gelijkgesteld aan 10 maal de factor voor N<sub>2</sub>O-N en voor vaste mest 5 maal de factor voor N<sub>2</sub>O-N. Deze redenering wordt ook toegepast in EMAV, die zich daarvoor baseren op Oenema et al. 2000 (Oenema et al. 2000). De emissies worden voor zowel de mestopslag in de stal (Formule) als voor externe mestopslag (Formule) berekend.

Voor emissies die ontstaan in de stal wordt rekening gehouden met de stikstofinput, waarbij de stikstofinput verminderd werd met stikstof dat onder de vorm van ammoniak reeds geëmitteerd werd (**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**). Voor emissies die ontstaan in de externe mestopslag wordt de stikstofinput verminderd werd met stikstof die reeds in de stal geëmitteerd werd en stikstof dat in de externe opslag als ammoniak reeds geëmitteerd werd (**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**).

Formule 37: Stikstofgasemissies tijdens mestopslag in de stal

$$N_{2\_stal} = \left[ \sum_S \left[ \sum_T ((N_{T,S} * N_{input\_stal1_{T,S}}) * AWMS_{(T,S)}) \right] * EF_{3(S)} \right] * \frac{28}{14}$$

Parameter	Beschrijving	Eenheid	Bron
N <sub>2</sub> _stal	N <sub>2</sub> -emissies tijdens mestopslag in de stal op het bedrijf	kg N <sub>2</sub> /jaar	
N <sub>T,S</sub>	Jaargemiddeld aantal dieren in diercategorie T met mestmanagementsysteem S		Bedrijfsspecifiek
N <sub>input_stal1</sub> <sub>T,S</sub>	Jaarlijkse gemiddelde N-input per hoofd in diercategorie T en mestmanagementsysteem S, rekening houdend met de stikstofinput	kg N/(dier*jaar)	Bedrijfsspecifieke N-flow zie <b>Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.</b>
AWMS <sub>(T,S)</sub>	Fractie van de mest van diercategorie T die volgens mestopslagsysteem S behandeld wordt		Bedrijfsspecifiek
EF <sub>3(S)</sub>	Emissiefactor voor directe N <sub>2</sub> -emissies voor mestmanagementsysteem S	kg N <sub>2</sub> -N/kg N	IPCC 2019 Table 10.21 (Gavrilova et al. 2019) waarbij de EF van vaste mest vermenigvuldigd wordt met 5 en die van mengmest met 10
28/14	Factor voor omzetting van N <sub>2</sub> -N in N <sub>2</sub>		IPCC 2019 Eq. 11.1 (Hergoualc' et al. 2019)
S	Het aantal mestmanagementsystemen op het bedrijf		Bedrijfsspecifiek
T	Diercategorieën in Klimrek		Tabel 6

Formule 38: Stikstofgasemissies tijdens externe mestopslag

$$N_{2\_opslag} = \left[ \sum_S \left[ \sum_T ((N_{T,S} * N_{input\_opslag2_{T,S}}) * AWMS_{(T,S)}) * EF_{3(S)} \right] * \frac{28}{14} \right]$$

Parameter	Beschrijving	Eenheid	Bron
<b>N<sub>2</sub>_opslag</b>	N <sub>2</sub> -emissies tijdens externe mestopslag op het bedrijf	kg N <sub>2</sub> /jaar	
<b>N<sub>T,S</sub></b>	Jaargemiddeld aantal dieren in diercategorie T met mestmanagementsysteem S		Bedrijfsspecifiek
<b>Ninput_opslag2<sub>T,S</sub></b>	Jaarlijkse gemiddelde N-input per hoofd in diercategorie T en mestmanagementsysteem S, rekening houdend met de stikstofflow	kg N/(dier*jaar)	Bedrijfsspecifieke N-flow zie <b>Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.</b>
<b>AWMS<sub>(T,S)</sub></b>	Fractie van de mest van diercategorie T die volgens mestopslagsysteem S behandeld wordt		Bedrijfsspecifiek
<b>EF<sub>3(S)</sub></b>	Emissiefactor voor directe N <sub>2</sub> -emissies voor mestmanagementsysteem S	kg N <sub>2</sub> -N/kg N	IPCC 2019 Table 10.21 (Gavrilova et al. 2019) waarbij de EF van vaste mest vermenigvuldigd wordt met 5 en die van mengmest met 10
<b>28/14</b>	Factor voor omzetting van N <sub>2</sub> -N in N <sub>2</sub>		IPCC 2019 Eq. 11.1 (Hergoualc' et al. 2019)
<b>S</b>	Het aantal mestmanagementsystemen op het bedrijf		Bedrijfsspecifiek
<b>T</b>	Diercategorieën in Klimrek		Zie Tabel 6

## h. Stikstofflow

Figuur 3 beschrijft de stikstofflow waarmee rekening wordt gehouden bij het berekenen van N-houdende emissies die vrijkomen tijdens enerzijds de mestopslag in de stal en anderzijds de eventuele externe mestopslag.

- $N_{input\_stal1_{T,S}} = N_{T,S} * N_{ex_{T,S}} - NH3\_stalZL_{T,S} * \frac{14}{17}$

Formule 42: Stikstofflow voor mestopslag in de stal, voor berekening van emissies

- $N_{input\_stal2_{T,S}} = NH3\_stalZL_{T,S} * \frac{14}{17} + NO\_stal * \frac{14}{46}$

Formule 43: Stikstofflow voor externe mestopslag, voor de berekening van emissies



- $N_{input\_opslag1_{T,S}} = N_{input\_stal1_{T,S}} - \left( NO_{stal} * \frac{14}{46} + N_{2\_stal} * \frac{14}{28} + (N_{2O\_direct\_stal} + N_{2O\_vol\_stal} + N_{2O\_leach\_stal}) * \frac{28}{44} \right)$
- $N_{input\_opslag2_{T,S}} = N_{input\_opslag1_{T,S}} - (NH3_{slurryZL(T,S)} + NH3_{solid(T,S)}) * \frac{14}{17}$
- $N_{input\_opslag3_{T,S}} = (NH3_{slurryZL(T,S)} + NH3_{solid(T,S)}) * \frac{14}{17} + NO_{opslag} * \frac{14}{46}$

Parameter	Beschrijving	Eenheid	Bron
<b>Ninput_stal1<sub>T,S</sub></b>	Jaarlijkse gemiddelde N-input per hoofd in diercategorie T en mestmanagementsysteem S, rekening houdend met de stikstofflow. Deze input wordt gebruikt voor de berekening van de NO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O direct en N <sub>2</sub> O uitloging emissies tijdens mestopslag in de stal.	kg N/(dier*jaar)	Bedrijfsspecifiek
<b>N<sub>T,S</sub></b>	Jaargemiddeld aantal dieren in diercategorie T met mestmanagementsysteem S		Bedrijfsspecifiek
<b>Nex<sub>T,S</sub></b>	Stikstof excretie per diercategorie T met mestmanagementsysteem S	kg N/(dier*jaar)	Bedrijfsspecifiek
<b>NH3_stalZL<sub>T,S</sub></b>	Ammoniakemissies afkomstig van mestopslag in de stal zonder reductie van luchtwassysteem	kg NH3/jaar	Zie Formule 35
<b>Ninput_stal2<sub>T,S</sub></b>	Jaarlijkse gemiddelde N-input per hoofd in diercategorie T en mestmanagementsysteem S, rekening houdend met de stikstofflow. Deze input wordt gebruikt voor de berekening van de N <sub>2</sub> O vervluchtiging emissies tijdens mestopslag in de stal.	kg N/(dier*jaar)	Bedrijfsspecifiek
<b>NO_stal</b>	NO-emissies tijdens mestopslag in de stal op het bedrijf	kg NO <sub>2</sub> /jaar	Zie Formule 37
<b>Ninput_opslag1<sub>T,S</sub></b>	Jaarlijkse gemiddelde N-input per hoofd in diercategorie T en mestmanagementsysteem S, rekening houdend met de stikstofflow. Deze input wordt gebruikt voor de berekening van de NH <sub>3</sub> emissies tijdens externe mestopslag.	kg N/(dier*jaar)	Bedrijfsspecifiek
<b>N<sub>2</sub>_stal</b>	N <sub>2</sub> -emissies tijdens mestopslag in de stal op het bedrijf	kg N <sub>2</sub> /jaar	Zie Formule 39
<b>N<sub>2</sub>O_direct_stal</b>	Directe N <sub>2</sub> O-emissies tijdens mestopslag in de stal op het bedrijf	kg N <sub>2</sub> O/jaar	Zie Formule 39
<b>N<sub>2</sub>O_vol_stal</b>	Hoeveelheid N uit mest dat verloren gaat door vervluchtiging tijdens mestopslag in de stal op het bedrijf	kg N <sub>2</sub> O/jaar	Zie <b>Fout!</b> <b>Verwijzingsbron niet gevonden.</b>

<b>N<sub>2</sub>O_leach_stal</b>	Hoeveelheid N uit mest dat verloren gaat door uitloging tijdens mestopslag in de stal op het bedrijf	kg N <sub>2</sub> O/jaar	Zie <b>Fout!</b> <b>Verwijzingsbron niet gevonden.</b>
<b>Ninput_opslag2<sub>T,S</sub></b>	Jaarlijkse gemiddelde N-input per hoofd in diercategorie T en mestmanagementsysteem S, rekening houdend met de stikstof flow. Deze input wordt gebruikt voor de berekening van de NO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O direct en N <sub>2</sub> O uitloging emissies tijdens externe mestopslag.	kg N/(dier*jaar)	Bedrijfsspecifiek
<b>NH<sub>3</sub>slurryZL(T,S)</b>	Ammoniakemissies tijdens externe mestopslag van mengmest zonder reductie van luchtwassysteem	kg NH <sub>3</sub> /jaar	Zie Formule 3136
<b>NH<sub>3</sub>solid</b>	Ammoniakemissies tijdens externe mestopslag van vaste mest	kg NH <sub>3</sub> /jaar	Zie Formule 3136
<b>Ninput_opslag3<sub>T,S</sub></b>	Jaarlijkse gemiddelde N-input per hoofd in diercategorie T en mestmanagementsysteem S, rekening houdend met de stikstof flow. Deze input wordt gebruikt voor de berekening van de N <sub>2</sub> O verluuchting emissies tijdens externe mestopslag.	kg N/(dier*jaar)	Bedrijfsspecifiek
<b>NO_opslag</b>	NO-emissies tijdens externe mestopslag op het bedrijf	kg NO <sub>2</sub> /jaar	Zie Formule 38
<b>14/17</b>	Factor voor omzetting van NH <sub>3</sub> in NH <sub>3</sub> -N		
<b>14/46</b>	Factor voor omzetting van NO <sub>2</sub> in NO-N		IPCC 2019 Eq. 11.1 (Hergoualc' et al. 2019)
<b>14/28</b>	Factor voor omzetting van N <sub>2</sub> in N <sub>2</sub> -N		IPCC 2019 Eq. 11.1 (Hergoualc' et al. 2019)
<b>28/44</b>	Factor voor omzetting van N <sub>2</sub> O in N <sub>2</sub> O-N		IPCC 2019 Eq. 11.1 (Hergoualc' et al. 2019)
<b>S</b>	Het aantal mestmanagementsystemen op het bedrijf		Bedrijfsspecifiek
<b>T</b>	Diercategorieën in Klimrek		Zie Tabel 6

## 6. Inputs en emissies bij deelsysteem Stalwerk

Onder het deelsysteem stalwerk vallen de emissies bij productie en verbranding van diesel verbruikt voor stalwerkzaamheden (voederen, beddingmaterialen aanbrengen etc.).

Om de emissies binnen dit deelsysteem te berekenen, wordt informatie gebruikt over het totaal dieselverbruik, de machines die diesel verbruiken op het bedrijf met hun draaiuren en jaar van productie en het aandeel van de draaiuren dat de machine voor stalwerk, dan wel voor veldwerk werd ingezet. Op basis van deze gegevens wordt de totale hoeveelheid diesel verbruikt op het melkveebedrijf verdeeld over deelsysteem Voederproductie en Stalwerk volgens

$$Dieselverbruik_{stal} = Dieselverbruik * \frac{\sum_m draaiuren_m * \%stal_m}{\sum_m draaiuren_m}$$

$$Dieselverbruik_{veld} = Dieselverbruik * \frac{\sum_m draaiuren_m * \%veld_m}{\sum_m draaiuren_m}$$

Voor de **verbranding van diesel in mobiele machines** die niet op de openbare weg plaatsvindt, gebruiken we de EMEP/EEA 2023 Tier 2 methode (Winther and Dore 2023) voor de emissies van CH<sub>4</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>, NMVOC, NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, TSP en SO<sub>2</sub>. Bij deze methode wordt rekening gehouden met het bouwjaar van het voertuig dat de diesel verbruikte (**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**).

Verder wordt de EMEP/EEA 2023 Tier 1 methode (Winther and Dore 2023) gebruikt voor de emissies te berekenen van zware metalen, namelijk: cadmium, koper, chroom, nikkel, selenium, zink, en lood, en daarnaast ook Benz(a)antracene, Benzo(b)fluoranteen, Dibenzo(a,h)antracene, Benzo(a)pyreen, Chryseen, Fluoranteen en Fenantreen (**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**).

$$E_i = \sum_t FC_t * EF_{i,t}$$

Formule 44: Emissies tijdens de verbranding van diesel

Parameter	Beschrijving	Eenheid	Bron
E <sub>i</sub>	Jaarlijkse emissies van pollutant i tijdens dieselverbruik	kg emissie/jaar	EMEP/EEA 2023 1.A.4 3.3.1 (Winther and Dore 2023)
FC <sub>t</sub>	Jaarverbruik van diesel in technologietype t	kg/jaar	Bedrijfsspecifiek
EF <sub>i,t</sub>	Gemiddelde emissiefactor voor pollutant i voor diesel in technologietype t	kg pollutant/MJ	EMEP/EEA 2023 1.A.4 Table 3-2 (Winther and Dore 2023)
i	Polluent		
t	Technologie voor terreinapparatuur (< 1981, 1981-1990, 1991-Stage I, Stage I, Stage II, Stage IIIA, Stage IIIB, Stage IV, Stage V)		Bedrijfsspecifiek

$$E_i = FC * EF_i$$

Formule 45: Emissies van zware metalen tijdens de verbranding van diesel

Parameter	Beschrijving	Eenheid	Bron
E <sub>i</sub>	Jaarlijkse emissies van pollutant i tijdens dieselverbruik	kg emissie/jaar	EMEP/EEA 2023 1.A.4 3.2.1 (Winther and Dore 2023)
FC	Jaarverbruik van diesel	kg/jaar	Bedrijfsspecifiek

<b>EF<sub>i</sub></b>	Gemiddelde emissiefactor voor pollutent i voor diesel	kg N <sub>2</sub> O/MJ	EMEP/EEA 2023 1.A.4 Table 3-1 (Winther and Dore 2023)
<b>i</b>	Polluent		

$$E_{SO} = 2 * \sum \sum k_{S,l} b_{j,l}$$

Formule 46: Emissies van SO<sub>2</sub>

Parameter	Beschrijving	Eenheid	Bron
<b>E<sub>SO2</sub></b>	Emissies van SO <sub>2</sub>	kg emissie/jaar	EMEP/EEA 2023 1.A.4 3.2.1 (Winther and Dore 2023)
<b>k<sub>S,l</sub></b>	Gewicht hoeveelheid van zwavel in het type diesel	kg/kg	<a href="https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/HTML/?uri=CELEX:01998L0070-20181224">https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/HTML/?uri=CELEX:01998L0070-20181224</a>
<b>b<sub>j,l</sub></b>	Totale jaarlijkse consumptie van de diesel	Kg/jaar	Bedrijfsspecifiek

$$E_{Pb} = 0.75 * \sum \sum k_{Pb,l} b_{j,l}$$

Formule 47: Emissies van lood

Parameter	Beschrijving	Eenheid	Bron
<b>E<sub>Pb</sub></b>	Emissies van lood	kg emissie/jaar	EMEP/EEA 2023 1.A.4 3.2.1 (Winther and Dore 2023)
<b>k<sub>Pb,l</sub></b>	Gewicht hoeveelheid van Lood in het type diesel	kg/kg	<a href="https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/HTML/?uri=CELEX:01998L0070-20181224">https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/HTML/?uri=CELEX:01998L0070-20181224</a>
<b>b<sub>j,l</sub></b>	Totale jaarlijkse consumptie van de diesel	Kg/jaar	Bedrijfsspecifiek

## 7. Inputs en emissies bij deelsysteem Energiebeheer

In het deelsysteem energiebeheer wordt de impact van de productie van energieverbruiken (exclusief diesel voor veld en stalwerk, zie hierboven) in rekening gebracht met informatie uit LCA-databanken. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen de impact van energie van het net en de impact van zelf opgewerkte energie (zonnepanelen, windmolen of vergister). Voor zelf opgewerkte hernieuwbare energie wordt enkel gerekend met de hoeveelheid die op het bedrijf zelf verbruikt wordt (totale productie-netinjectie).

## 8. Inputs en emissies bij deelsysteem Waterbeheer

Hoewel het waterverbruik een te verwaarlozen bijdrage levert aan de CFP, geeft het ons wel inzicht in hoeveel liter water nodig is om op dit bedrijf 1 kg meetmelk te produceren. We halen de impact van het watergebruik uit de LCA-databanken voor putwater/grondwater, oppervlaktewater en leidingwater.

## 9. Allocatie

De klimaat- en milieu-impact van het bedrijf wordt toegeschreven aan de melk en het vlees (reforme en verkochte dieren) die het bedrijf verlaten. Deze **allocatie** gebeurt o.b.v. een biofysische relatie tussen melkproductie en vleesaanzet bij melkvee (International Dairy Federation 2022).

$$AF_{melk} + AF_{vlees} = 1 \quad \text{Formule 48}$$

Met:

- $AF_{melk}$  = allocatiefactor naar melk (%)
- $AF_{vlees}$  = allocatiefactor naar vlees (%)

$$AF_{melk} = \frac{NE_L * M_{milk}}{NE_L * M_{milk} + \sum_t NE_{G,t} * M_{meat,t}} \quad \text{Formule 49}$$

Met:

- $M_{milk}$  = netto melkproductie (Formule 1)
- $NE_L$  = netto energie voor lactatie (Formule 22)
- $NE_{G,t}$  = netto energie voor groei van diercategorie t (Formule 19)
- T = diercategorieën in Klimrek (Tabel 7)

Hierin wordt het levend gewicht als volgt berekend:

$$M_{meat,t} = \text{levend gewicht}_T * \text{aantal verkochte}_T \quad \text{Formule 50}$$

Met:

- T = het aantal diercategorieën (8)
- $\text{levend gewicht}_T$  = levend gewicht van de verkochte dieren van diercategorie t (kg)
- $\text{aantal verkocht}_T$  = aantal dieren van diercategorie T die in dit jaar verkocht werden

De netto meetmelkproductie wordt als volgt berekend:

$$M_{milk} = \text{netto meetmelkproductie} = \text{netto melkproductie} * (0.337 + 0.116 * \%vet + 0.06 * \%eiwit) \quad \text{Formule 51}$$

Met:

- netto melkproductie = de totale melkproductie op het bedrijf, excl. melk voor de kalveren en probleemmelk naar de mestput (L of kg/jaar)
- $\%vet$  = jaargemiddeld vetgehalte van de melk (%)
- $\%eiwit$  = jaargemiddeld eiwitgehalte van de melk (%)

## 10. Literatuur

Agentschap Landbouw en Zeevisserij (2024), Landbouwareaal.  
<https://landbouwcijfers.vlaanderen.be/landbouw/totale-landbouw/landbouwareaal>

CELINE-IRCEL, Federal Public Service for Health Food Chain Safety and the Environment, National Climate Commission, et al (2022) Belgium's greenhouse gas inventory: 1990-2020

FEFAC (2018). PEFCR Feed for food-producing animals

Gavrilova, O., Leip, A., Dong, H., MacDonald, J. D., Gomez Bravo, C. A., & Amon, B. (2019). Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use. Chapter 10: Emissions from Livestock and Manure Management. In IPCC (Ed.), 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. (pp. 209).

Hergoualc' K, Akiyama H, Bernoux M, et al (2019) Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use. Chapter 11: N<sub>2</sub>O emissions from managed soils, and CO<sub>2</sub> emissions from lime and urea application. In: 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. p 48

International Dairy Federation. (2015). A common carbon footprint approach for the dairy sector (Bulletin of the IDF n° 479/2015).

ILVO (2019) Literatuurstudie bij Uitbreiding EMAV2.1 niet-energetische emissies landbouw: Emissies door mestmanagement. 43

IPCC. (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. C. U. Press.

NIR (2022). Belgium's greenhouse gas inventory (1990-2020)

NIR (2025). Belgium's greenhouse gas inventory (1990-2023)

Prasuhn, V. (2006). Erfassung der PO<sub>4</sub>-Austräge für die Ökobilanzierung. SALCA-Phosphor

Rundveeloket. (2023). Convenant Enterische Emissies Rundvee: maatregelen.  
<https://rundveeloket.be/CEER/maatregelen>

Stichting CVB (2018). CVB Veevoedertabel 2018. Chemische samenstellingen en nutritionele waarden van voedermiddelen.

Stichting CVB (2019). CVB Veevoedertabel 2019. Chemische samenstellingen en nutritionele waarden van voedermiddelen.

Van Bruggen, C., A. Bannink, A. Bleeker, D.W. Bussink, H.J.C. van Dooren, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, J. Kros, L.A. Lagerwerf, K. Oltmer, M.B.H. Ros, M.W. van Schijndel, L. Schulte Uebbing, G.L. Velthof and T. van der Zee, 2023. Emissies naar lucht uit de landbouw berekend met NEMA voor 1990-2021. Wageningen, The



Statutory Research Tasks Unit for Nature and the Environment (WOT Natuur & Milieu), WOt-technical report 242.

VLM (2020). Normen en richtwaarden 2020.

Winther, M. and Dore, C., 2023. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023, Part B: sectoral guidance chapters, 1 Energy, 1.A Combustion, 1.A.4-Non road mobile machinery 2023, 81p. <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2023/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-4-non-road/view>



## 11. BIJLAGEN

### a. BIJLAGE 1: Meststoffen en default NPK-gehaltenes

MestType	NPKunit	N	P	K
Lime	perc			
Watervrije ammoniak	perc	82	0	0
Calciumammoniumnitraat	perc	27	0	0
Ammoniumnitraat	perc	18	0	0
Ammoniumfosfaat	perc	18	46	0
Ammoniumfosfaat	perc	12	61	0
Ammoniumsulfaat	perc	21	0	0
NPK meststof	perc	15	15	15
NP meststof	perc	22	22	0
NK meststof	perc	15	0	15
NK meststof	perc	14	0	44
N meststof	perc	14	0	0
Ureum N meststof	perc	30	0	0
Ureum	perc	46	0	0
PK meststof	perc	0	22	22
P meststof	perc	0	18	0
P meststof	perc	0	46	0
P meststof	perc	0	32	0
K meststof	perc	0	0	60
K meststof	perc	0	0	50
K meststof	perc	0	0	11
Spuiwater	perc	5	0	0
N meststof	perc	19,8	0	0
NPK meststof	perc			
Vaste mest	kg/ton	8,3	3,5	
	kg/ton			
droog	kg/ton	0,4	1	
nat	kg/ton	0,4	1	
Vaste mest	kg/ton	6,6	3,5	
Gier	kg/ton	1,4	0	
Mengmest	kg/ton	8,5	13,5	
Vaste mest	kg/ton	16,9	13,8	
Vaste mest	kg/ton	13,4	12,7	
Gier	kg/ton	4	0,2	
Vaste mest	kg/ton	5	3	
Vaste mest	kg/ton	6,3	4	
GFT	kg/ton	12	6	10
Groen	kg/ton	7	2,8	6
Vaste mest	kg/ton	17,4	19,3	0
Vaste mest	kg/ton	11	14	

Vochtige, vaste mest	kg/ton	26,9	21,3	
Vaste, gedroogde mest	kg/ton	31,5	28,5	
Vochtige, vaste mest	kg/ton	22,7	14,3	
Vaste mest	kg/ton	19,8	27,4	
Vochtige, vaste mest	kg/ton	23,6	14,6	0
Vaste mest	kg/ton	25	24,4	0
Vaste mest	kg/ton	19,8	26,2	0
Vaste, gedroogde mest	kg/ton	20,9	31,8	0
Vaste mest	kg/ton	27,1	14,1	
Mengmest	kg/ton	4,8	1,4	5,4
Vaste mest	kg/ton	7,1	2,9	8,8
Mengmest	kg/ton	3	1,3	
Weidemest	kg/ton	4,8	1,4	5,4
Mengmest	kg/ton	4,3	1,7	
Gier	kg/ton	5,8	0,9	
Mengmest	kg/ton	6,4	3,5	
Vaste mest	kg/ton	7,5	9	
Gier	kg/ton	2	0,9	
Mengmest	kg/ton	3,2	1,4	
Digestaat	kg/ton			

### b. BIJLAGE 3: N-excretie

De jaarlijkse melkgift per dier (kg melk/dier/jaar) wordt als volgt berekend:

$$\text{Melkgift} = \frac{\text{totale melkproductie}}{(\text{lacterende melkkoeien} + \text{droogstaanden})} * 1.03$$

Met:

- Totale melkproductie= L melk naar melkerij + L melk voor thuisverbruik/-verkoop/-verwerking + L probleemmelk + L melk naar kalveren
- Melkkoeien= jaargemiddeld aantal lacterende melkkoeien
- Droogstaanden= jaargemiddeld aantal droogstaande koeien
- 10.3= dichtheid van melk (1.03 kg/L)

Diersoort	Uitscheiding in kg/dier, jaar	
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	N
<b>RUNDVEE</b>		
<b>Melkvee</b>		
<b>Melkkoeien met een melkproductie (in kg melk/jaar) van:</b>		
maximaal 4 000	26	81
hoger dan 4 000 tot en met 4 250	26,5	83
hoger dan 4 250 tot en met 4 500	27	85
hoger dan 4 500 tot en met 4 750	27,5	87
hoger dan 4 750 tot en met 5 000	28	89
hoger dan 5 000 tot en met 5 250	28,5	91
hoger dan 5 250 tot en met 5 500	29	93
hoger dan 5 500 tot en met 5 750	29,5	95
hoger dan 5 750 tot en met 6 000	30	97
hoger dan 6 000 tot en met 6 250	31	99
hoger dan 6 250 tot en met 6 500	31,5	101
hoger dan 6 500 tot en met 6 750	32,5	103
hoger dan 6 750 tot en met 7 000	33	105
hoger dan 7 000 tot en met 7 250	34	107
hoger dan 7 250 tot en met 7 500	34,5	109
hoger dan 7 500 tot en met 7 750	35,5	111
hoger dan 7 750 tot en met 8 000	36	113
hoger dan 8 000 tot en met 8 250	37	115
hoger dan 8 250 tot en met 8 500	37,5	117
hoger dan 8 500 tot en met 8 750	38,5	119
hoger dan 8 750 tot en met 9 000	39	121
hoger dan 9 000 tot en met 9 250	40	123
hoger dan 9 250 tot en met 9 500	40,5	125
hoger dan 9 500 tot en met 9 750	41,5	127
hoger dan 9 750 tot en met 10 000	42	129
hoger dan 10 000	43	131
<b>Vervangingsvee jonger dan 1 jaar</b>	10	33
<b>Vervangingsvee van 1 jaar tot 2 jaar</b>	19,2	58
<b>Mestvee</b>		
Zoogkoeien	25	65
Mestkalveren	3,6	10,5
Runderen jonger dan 1 jaar	7	22,3
Runderen van 1 tot 2 jaar	19,2	58
Andere runderen	29,5	77

### c. BIJLAGE 4: Emissiefactor per opslagsysteem

De emissiefactoren per mestopslagsysteem zijn afkomstig uit IPCC (2019) voor een warm gematigd, vochtig (Warm, temperate moist) klimaat.

De MCF wordt voor drijfmest bedrijfsspecifiek berekend via de MCF-calculation sheet van IPCC: [Vol4\\_Ch10\\_MCF\\_Calculation-Spreadsheet.xlsx](#)

### d. BIJLAGE 5: default krachtvoedersamenstellingen

		% aandeel op VS
<b>Evenwichtig krachtvoer (15-20%RE)</b>	mais	7.5
	maiskienschroot	5
	koolzaadschroot	10
	palmpitschilfers	13
	zonnebloemschroot	15
	kortmeel	15
	DDGS van mais	5
	tarweglutenfeed	3
	sojahullen	7
	bietmelasse	2
	bietvinasse	3
	broodmeel	12
	krijt	1.5
	mineralen & vitaminen	1
<b>Begin lactatie/ glucogeen krachtvoer</b>	gerst	2
	mais	15
	tarwe	5
	maiskienschroot	10
	maislutenfeed	4
	koolzaadschroot	12
	palmpitschilfers	1.5
	zonnebloemschroot	8
	kortmeel	11
	sojahullen	1.5
	DDGS van mais	7
	bietenpulp	4
	bietmelasse	4
	bietvinasse	2
broodmeel	10	
krijt	1.5	
mineralen & vitaminen	1.5	
<b>Evenwichtig krachtvoer (&gt; 20% RE)</b>	mais	12

	tarwe	5
	koolzaadschroot	25
	palmpitschilfers	12
	tarweglutenfeed	15
	kortmeel	7
	DDGS van mais	12
	bietenpulp	3
	bietmelasse	6
	krijt	1.5
	mineralen & vitaminen	1.5
<b>Eiwitcorrector obv soja</b>	koolzaadschroot	23.5
	sojaschroot	37
	zonnebloemschroot	7
	kortmeel	15
	DDGS van mais	4
	bietvinasse	6
	krijt	2
	mineralen & vitaminen	2
	voederureum	3.5
<b>Eiwitcorrector zonder soja</b>	koolzaadschroot	51
	zonnebloemschroot	37
	DDGS van mais	5
	bietmelasse	5
	krijt	1.2
	mineralen & vitaminen	0.8