



N- en P-excretie melkvee: achtergronden en bronnen voor de berekening

R.L.G. Zom en G.J. Kasper

RAPPORT 1191



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

N- en P-excretie melkvee: achtergronden en bronnen voor de berekening

R.L.G. Zom en G.J. Kasper

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Livestock Research, in opdracht van het Mesdagfonds

Wageningen Livestock Research
Wageningen, September 2019

Rapport 1191

R.L.G. Zom en G.J. Kasper, 2019. *N- en P-excretie melkvee: achtergronden en bronnen voor de berekening*. Wageningen Livestock Research, Rapport nr. 1191.

Samenvatting NL

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/499413> of op www.wur.nl/livestock-research (onder Wageningen Livestock Research publicaties).

© 2019 Wageningen Livestock Research
Postbus 338, 6700 AH Wageningen, T 0317 48 39 53, E info.livestockresearch@wur.nl,
www.wur.nl/livestock-research. Wageningen Livestock Research is onderdeel van Wageningen University & Research.

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

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

Wageningen Livestock Research is NEN-EN-ISO 9001:2015 gecertificeerd.
Op al onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Animal Sciences Group van toepassing. Deze zijn gedeponereerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Wageningen Livestock Research Rapport 1191

Inhoud

	Woord vooraf	5
1	Inleiding	6
	1.1 Aanleiding	6
	1.2 Doel	6
	1.3 Leeswijzer	6
2	De balansmethode om de N- en P-excretie van melkkoeien te berekenen	7
	2.1 Balansberekening als basis	7
	2.2 N en P opname	8
	2.2.1 Kwantificering van de voeropname	8
	2.2.2 Voederbehoefte berekening op basis van de totale netto VEM-behoefte	8
	2.2.3 Voerverbruik en voersamenstelling	10
	2.3 Vastlegging in dierlijke producten	14
	2.3.1 Vastlegging van N en P in melk	14
	2.3.2 Vastlegging dierlijke weefsels	14
3	Gegevens en invoerdata	16
	3.1 Diergewicht	16
	3.1.1 Rol van het LG bij berekening van de VEM-behoefte en N en P opname	16
	3.1.2 Factoren van invloed op het LG van melkvee in de praktijk	16
	3.1.3 Definitie van het LG bij berekening van de excreties	16
	3.1.4 Het LG van de melkkoe bij afvoer	17
	3.1.5 Het lichaamsgewicht bij VEM-behoefte en excretieberekeningen	17
	3.1.6 Alternatieve bronnen voor het LG	17
	3.2 VEM toeslagen voor beweiding en activiteit	19
	3.2.1 Energietoeslagen voor activiteit en beweiding	19
	3.2.2 Alternatieve bronnen voor toeslagen bij beweiding en activiteit	19
	3.3 Melkproductie, melksamenstelling en FPCM productie	20
	3.3.1 Melkproductie en samenstelling	20
	3.3.2 VEM behoefte voor melkproductie	20
	3.3.3 Alternatieve bronnen voor melkproductie en -samenstelling	20
	3.4 Toeslagen voor dracht, NEB en jeugdgroei	21
	3.4.1 Toeslagen voor dracht en NEB	21
	3.4.2 Alternatieve bronnen voor NEB	21
	3.4.3 VEM toeslagen voor jeugdgroei	22
	3.5 Correctiefactor op de VEM behoefte	22
	3.5.1 Controle van WUM-systematiek met praktijkdata	22
	3.5.2 Alternatieve gegevens voor de correctie op de VEM-balans	23
	3.6 Bronnen en invoerdata rantsoensamenstelling	23
	3.6.1 VEM waarde, N en P van ruwvoerders	23
	3.6.2 Vervoederingsverliezen	24
	3.6.3 Alternatieve gegevens voor voerproductie en samenstelling	24
	3.7 Bronnen en invoerdata N en P vastlegging	24
	3.7.1 Vastlegging van N en P in melk	24
	3.7.2 Vastlegging van N en P in lichaamsweefsels	25
	3.7.3 Alternatieve bronnen m.b.t. de vastlegging van N en P	25
4	Berekening N- en P-excretie	27

4.1	Voeropname en gehalten	27
4.1.1	Opname N- en P uit voer	28
4.1.2	Factoren van invloed op de berekende N- en P-voeropname	29
4.2	Vastlegging N- en P	31
4.3	N- en P-excretie	32
4.4	Trends	42
5	Conclusies	44
5.1	VEM-behoefte	44
5.1.1	Achtergrond	44
5.1.2	VEM behoefte voor melkproductie	44
5.1.3	VEM behoefte voor onderhoud: lichaamsgewicht	44
5.1.4	VEM toeslagen voor beweiding en activiteit	45
5.1.5	VEM toeslagen voor dracht en NEB	45
5.1.6	Correctiefactor op de VEM-behoefte	45
5.2	Rantsoenen en voersamenstelling	46
5.3	Vastlegging van N en P in dierlijke producten	46
5.4	Berekening van de N- en P excretie	47
	Literatuur	48

Woord vooraf

Het Mesdagfonds heeft aan Wageningen Livestock Research gevraagd om een analyse (factsheet) te maken van de elementen (bouwstenen) die nodig zijn om in de praktijk een inschatting te kunnen maken van de stikstof en fosfor (N en P) excretie van melkkoeien (categorie 100, melk- en kalfkoeien) als basis voor het berekenen van excretieforfaits.

In feite gaat het dan om de verschillende onderdelen in een balansberekening van de N en P huishouding van melkkoeien (N- en P-opname, N- en P-vastlegging en N- en P-uitscheiding).

De basisbenadering in de Nederlandse systematiek is:

- N-uitscheiding = N in voer minus N in dierlijk product
- P-uitscheiding = P in voer minus P in dierlijk product

Per onderdeel van deze balansberekening is op een rij gezet welke benaderingen er zijn om voor het betreffende onderdeel een inschatting te maken, inclusief variatiebronnen, en inclusief beschikbare databronnen. Nadruk ligt op bronnen die goed refereerbaar zijn.

Het is hierbij belangrijk om te bedenken dat veel van de beschikbare informatie betrekking heeft op individuele koeien; wat impliceert dat er dan aannames nodig zijn om dit om te rekenen naar een melkveeestapel met een bepaalde tussenkalftijd, leeftijdsopbouw, percentage drachtige dieren etc.

We hopen dat dit rapport verduidelijking geeft over de achtergronden en bronnen voor het inschatten van de N en P excretie van melkvee (categorie 100, melk- en kalfkoeien) in Nederland en waar mogelijk alternatieve bouwstenen aanreikt voor deze inschatting.

Dr.ir. G. van Duinkerken

Hoofd Afdeling Diervoeding, Wageningen Livestock Research

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De productie van stikstof (N) en fosfor (P) in mest op een melkbedrijf kan in Nederland worden berekend op basis van excretieforfaits en op basis van een bedrijfsspecifieke berekening. Bij de bedrijfsspecifieke berekening voor melkveebedrijven wordt gebruik gemaakt van de Handreiking bedrijfsspecifieke excretie melkvee (BEX) waarin balansen voor N en P op bedrijfsniveau worden gemaakt. Die balansen geven aan dat de N en P via voeropname minus de vastlegging van N en P in melk en dier resulteert in stikstof- en fosfaatexcretie per bedrijf. Echter, bedrijfsspecifieke excretie vergt van bedrijven om veel gegevens vast te leggen en te registreren en vraagt van de overheid veel tijd voor controle van de gegevens.

Excretieforfaits zijn uitgedrukt in kg stikstof en fosfaat (of fosfor) per dier per jaar, gebaseerd op dieraantallen op basis van getelde dierdagen via het Identificatie & Registratie systeem (I&R) van de Rijksoverheid. Ze vragen weinig inspanning van de veehouder en van de controlerende instantie, maar bewust sturen op lage excreties wordt niet gehonoreerd. Voor wat betreft de N- en P-excretie door melkkoeien zijn de aangenomen waarden afhankelijk van de gekozen uitgangspunten en de beschikbare datasets.

Het Mesdagfonds heeft aan Wageningen Livestock Research gevraagd om:

1. Een analyse te maken van de elementen (bouwstenen) die nodig zijn om in de praktijk een inschatting te kunnen maken van de N- en P-excretie van melkkoeien (categorie 100, melk- en kalfkoeien). Er wordt niet gekeken naar individuele koeien of specifieke bedrijfssituaties.
2. Per onderdeel vast te stellen welke benaderingen er zijn om voor het betreffende onderdeel een kwantitatieve inschatting te maken, inclusief de variatiebronnen, de gevoeligheid van de berekende N en P excretie voor variatie in enkele onderliggende factoren, inclusief een overzicht van beschikbare databronnen.

De vraag van het Mesdagfonds is opgepakt op basis van de methode 'excretieforfaits' met dit verschil dat voor de stikstofexcretie de bruto-stikstofexcretie wordt gehanteerd als zijnde de stikstofproductie in mest 'onder de staart' plus voerverliezen in de stal. De in de forfaiten meegerekende gasvormige stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen zijn in deze rapportage dus niet meegenomen. Voor de excretieforfaits voor fosfaat bestaat dit onderscheid tussen bruto en netto excretie niet, omdat er geen substantiële gasvormige fosfaatverliezen uit stallen en mestopslagen optreden.

1.2 Doel

Inzicht krijgen in de achtergronden en bronnen voor het inschatten van de N en P excretie van melkvee (categorie 100, melk- en kalfkoeien) in Nederland en waar mogelijk alternatieve bouwstenen aanreikt voor deze inschatting, als basis voor het berekenen van excretieforfaits. In beeld brengen van de gevoeligheid van de berekende N- en P-excretie voor variatie in enkele onderliggende factoren.

1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 gaat in op de balansmethode om de N- en P-excretie van melkkoeien te berekenen. Hoofdstuk 3 beschrijft de gegevens en invoerdata benodigd om de N- en P-excretie van melkkoeien te berekenen. De herkomst van de onderliggende data en eventuele alternatieve data is beschreven. Hoofdstuk 4 gaat in op de berekening en kwantificering van de N- en P-excretie. Ook is de gevoeligheid van de berekende N- en P-excretie voor variatie in enkele onderliggende factoren beschreven. Er komen enkele trends in de melkveehouderij aan de orde die in de komende jaren van invloed kunnen zijn op de N- en P-excretie van melkkoeien. Hoofdstuk 5 vermeldt de conclusies van dit onderzoek.

2 De balansmethode om de N- en P-excretie van melkkoeien te berekenen

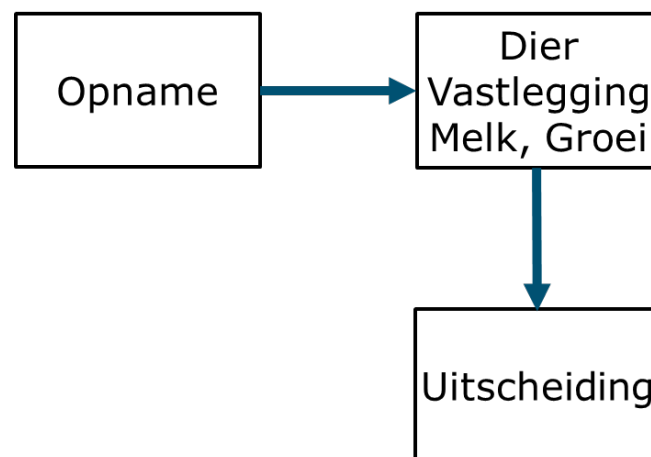
2.1 Balansberekening als basis

In Nederland wordt de uitscheiding van stikstof (N) en fosfor (P) door melkvee berekend op basis van de balansmethode. In de jaarlijkse rapportage van het CBS (Dierlijke mest en mineralen) wordt bij de berekening van de uitscheiding van N en P door melk- en kalfkoeien (melkvee) uitgegaan van melkkoeien (diercategorie 100), inclusief het bijbehorende jongvee jonger dan 1 jaar (diercategorie 101) en jongvee ouder dan 1 jaar (diercategorie 102).

Deze factsheet beperkt zich tot de berekeningsmethoden, aannames en onderliggende gegevens die worden gebruikt om de uitscheiding van N en P door diercategorie 100 te berekenen.

In het kort: opname van N en P via het voer, verminderd met de vastlegging van N en P in dierlijke producten (melk, groei, dracht) resulteert in de uitscheiding van N en P (Figuur 1). De uitscheiding omvat mest en urine alsmede verlies van haar, huidschilfers en alle andere excreta die niet worden vastgelegd in dierlijke producten.

Figuur 1 Schema N en P balans



Het principe van de balansberekening wordt voor alle categorieën landbouwhuisdieren toegepast bij het vaststellen van de factoren voor mestproductie en mineralenuitscheiding per dier, ten behoeve van de uitscheiding van mineralen (N en P) door de Nederlandse veestapel op landelijk en regionaal niveau. De Werkgroep Uniformering Mest- en mineralencijfers (WUM) stelt de factoren voor de mest- en mineralenproductie per dier vast. Deze berekeningswijze wordt in deze factsheet aangeduid als de WUM-systematiek.

De WUM wordt gevormd door vertegenwoordigers van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit / Ministerie van Economische Zaken, Wageningen University & Research, Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), en Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO). De factoren voor mestproductie en mineralenuitscheiding per dier worden vermenigvuldigd met het aantal dieren in de landbouwtelling. Deze gegevens worden sinds 1976 jaarlijks gepubliceerd door het CBS (www.cbs.nl). Het CBS schat de onzekerheid in de totale stikstof- en fosfaatproductie van de totale Nederlandse veestapel (alle categorieën landbouwhuisdieren) op 5 procent (www.cbs.nl).

De berekeningen van het CBS worden aangepast op basis van telkens verbeterde en voortschrijdende wetenschappelijke inzichten.

Plausibiliteitscontrole van de gegevens vindt plaats aan de hand van trendanalyse en toetsing aan informatie uit de landbouwpraktijk.

Het principe van de balansberekening wordt ook toegepast voor het berekenen van de bedrijfsspecifieke excretie (BEX) en de kringloopwijzer (KLW). De berekeningswijze van de BEX is

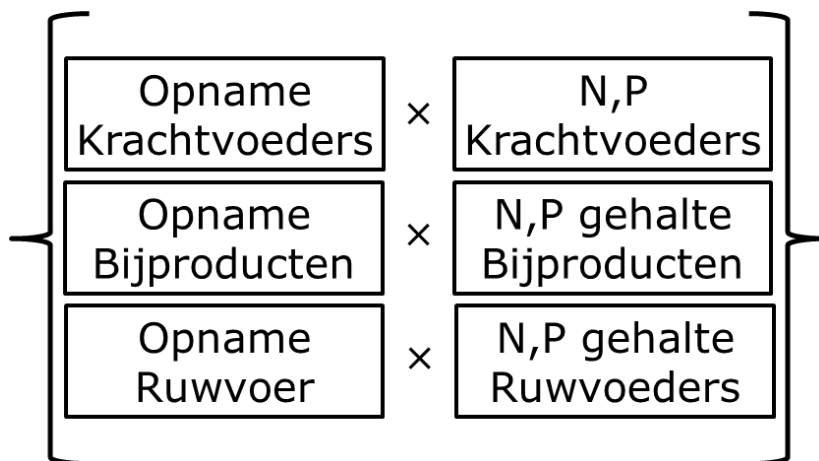
beschreven in de Handreiking bedrijfsspecifieke excretie (www.rvo.nl). In deze factsheet wordt deze systematiek aangeduid als de BEX-systematiek.

2.2 N en P opname

2.2.1 Kwantificering van de voeropname

Bij de balansberekening wordt de opname van N en P berekend als de voeropname vermenigvuldigd met de concentratie N en P in het rantsoen zoals weergegeven in matrix in Figuur 2.

Figuur 2 Schema N en P opname



Wat betreft de melkveehouderij is dit gecompliceerd. Een melkveerantsoen bestaat uit meerdere componenten. Voor de berekeningen van de landelijke excretie volgens de WUM-systematiek, bestaan melkveerantsoenen uit drie hoofdcomponenten, te weten krachtvoer (mengvoer inclusief droge bijproducten), vochtrijke voeders (natte bijproducten) en ruwvoer.

2.2.2 Voederbehoefte berekening op basis van de totale netto VEM-behoefte

De voederbehoefte van melkvee wordt volgens de WUM en BEX systematiek berekend op basis van de netto energiebehoefte uitgedrukt in VEM (Voeder Eenheid Melk, (van Es, 1978)). Het betreft de totale netto VEM-behoefte van melkvee. De netto VEM behoefte bestaat uit verschillende posten te weten VEM voor melkproductie en onderhoud met toeslagen voor activiteit (lopen, bewegen) in de weide en de ligboxenstal, jeugdgroei in de eerste en tweede lactatie en efficiëntieverliezen die optreden bij de mobilisatie en aanzet van lichaamsreserves beschreven. De berekeningswijze is beschreven door Tamminga et al. (2000) en Tamminga et al. (2004). Om te kunnen rekenen zijn (goede) invoerdata nodig. Wanneer invoerdata vooral op buitenlandse gegevens zijn gebaseerd of wanneer de geobserveerde range (te) groot is voor gebruik in berekening van gemiddelde waarden is op basis van een zogenaamd deskundigenoordeel vastgesteld welke data voor de Nederlandse omstandigheden gebruikt kunnen worden. De invoerdata en de bron van die data zijn weergegeven in Figuur 3.

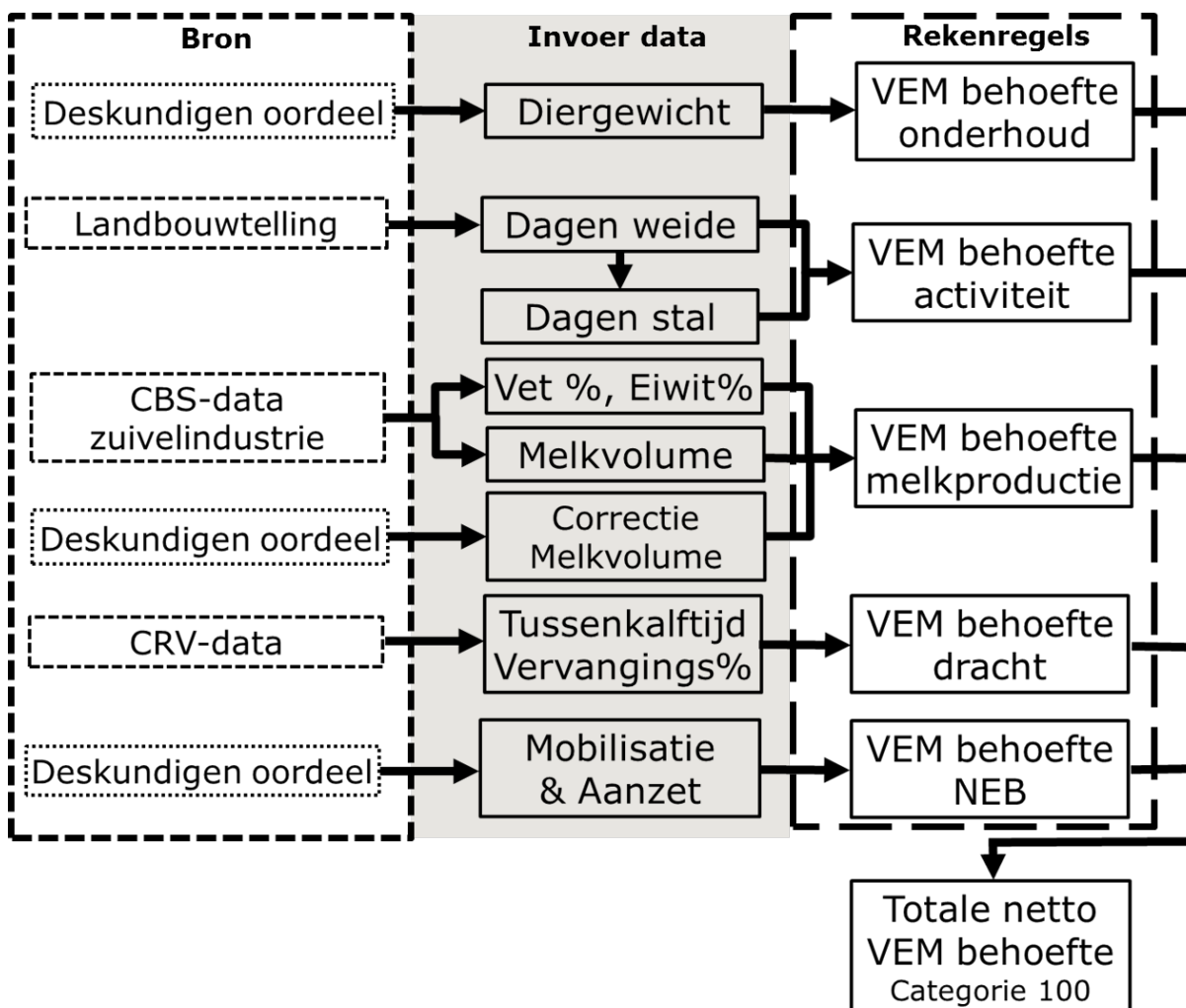
2.2.2.1 VEM-behoefte voor onderhoud en activiteit

De VEM-behoefte voor onderhoud is gerelateerd aan het metabool lichaamsgewicht (LG). Het metabool lichaamsgewicht (MLG) wordt berekend als $LG^{0.75}$. De VEM-behoefte voor onderhoud wordt berekend volgens de rekenregels gepubliceerd door het Centraal Veevoederbureau (CVB, 2016). Voor de BEX wordt bedrijfsspecifiek een gewogen LG berekend op basis van de procentuele aandelen van grote en middelgrote rassen (650 kg), kruisingen tussen grote/middelgrote rassen en kleine rassen (525 kg) en kleine rassen (400 kg) in de veestapel. Grote en middelgrote rassen zijn bijvoorbeeld zwart- en roodbont HF, HF×FH, FH, HF×MRIJ en MRIJ. Onder kleine rassen worden o.a. Jersey koeien verstaan (RVO, 2018; Schröder et al., 2019).

De VEM-toeslagen voor activiteit in de weide en in de ligboxenstal zijn vastgesteld op respectievelijk 20% en 10% van de VEM behoefte voor onderhoud (Tamminga et al., 2000; Tamminga et al., 2004).

Het aantal dagen in de weide (365 – weidedagen = staldagen) is gebaseerd op informatie uit de landbouwtelling.

Figuur 3 Schema VEM-behoefte berekening



2.2.2.2 VEM-behoefte voor melkproductie

De VEM-behoefte voor melkproductie is gebaseerd op de zogenaamde “fat and protein corrected milk” (FPCM) productie (CVB, 2016). Voor berekening van de jaarlijkse landelijke excretiecijfers wordt gerekend met opgaven van de zuivelindustrie, aangevuld met een schatting van de melkproductie die niet via de kanalen van de zuivelindustrie worden verwerkt. De melkproductie per dier wordt berekend door de totale melkproductie te delen door het aantal (aanwezige) melkkoeien in Nederland (CBS, 2018).

Voor de BEX wordt gerekend met de hoeveelheid melk die door het bedrijf aan de zuivelindustrie is afgeleverd, gedeeld door het gemiddeld aantal aanwezige melkkoeien. Bij de BEX gelden voor zelfzuivelaars afwijkende regels.

2.2.2.3 VEM-behoefte voor dracht en mobilisatie en herstel van lichaamsreserves

In Tamminga et al. 2000 en Tamminga et al. 2004, en in de Handreiking BEX (RVO, 2018) worden de toeslagen voor dracht en NEB opgeteld en als één toeslagpost berekend.

De VEM-behoefte voor dracht is gebaseerd op de rekenregels van het CVB (Van den Top et al., 2000; CVB, 2016), waarbij wordt uitgegaan van een tussenkalf tijd die is gebaseerd op gegevens van CRV (CRV jaarstatistieken, www.crv.nl). Daarbij wordt gerekend met een factor voor het aantal kalveren per melkkoe (www.rvo.nl).

Melkkoeien kunnen in het eerste deel van de lactatie onvoldoende voer en energie opnemen om aan de behoefte te voldoen. Als gevolg hiervan komen melkkoeien in een zogenaamde negatieve energiebalans (NEB) en worden lichaamsreserves afgebroken. Deze lichaamsreserves worden in de loop van de lactatie weer hersteld. Het afbreken en herstellen van lichaamsreserves gaat gepaard met

efficiëntieverliezen (Van Es, 1974). Volgens de WUM-systematiek wordt een gezamenlijke post voor VEM toeslagen voor dracht en efficiëntieverliezen als gevolg van een NEB berekend.

2.2.2.4 VEM-behoefte voor jeugdgroei

De VEM-behoeftetoeslagen van de jeugdgroei in de eerste en tweede lactatie worden berekend op basis van de vervanging van de veestapel. De vervanging wordt berekend uit: $1/(\text{leeftijd bij afvoer} - \text{leeftijd bij eerste keer kalven})$ waarbij de leeftijd in jaren wordt uitgedrukt.

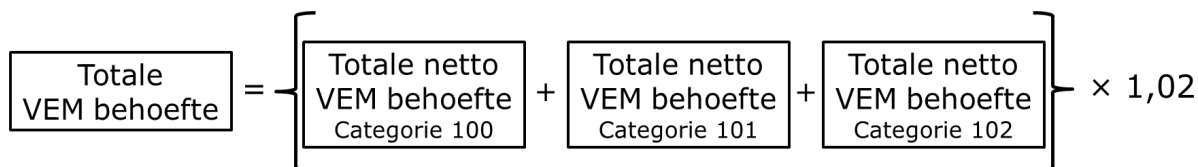
2.2.2.5 VEM-behoefte jongvee (diercategorie 101 en 102)

Zoals eerder aangegeven in paragraaf 2.1. wordt in de jaarlijkse rapportage door het CBS, de N en P uitscheiding van melkvee berekend inclusief het bijbehorende jongvee. Daarom wordt voor het berekenen van de N en P uitscheiding de energiebehoefte voor het bijbehorende jongvee opgeteld bij de behoefte van de melkkoe. De VEM-behoefte voor onderhoud en groei van jongvee is vastgesteld op respectievelijk 1380 en 2259 kVEM per jaar voor diercategorie 101 en 102 (RVO, 2018). Bij diercategorie 102 wordt tevens een VEM toeslag van 102,9 kVEM berekend voor dracht (RVO, 2018). Verder wordt de VEM behoefte van de diercategorieën 101 en 102 vermeerderd met een toeslag voor weidegang gebaseerd op het aantal weidedagen per diercategorie. Voor berekening van de N en P uitscheiding op landelijk niveau door het CBS en de BEX worden de VEM behoeftes van diercategorie 101 en 102 vermenigvuldigd met het gemiddelde aantal aanwezige dieren in deze categorieën.

2.2.2.6 Correctiefactor op de VEM behoefte

De theoretische VEM-behoefte berekening is voor praktijkgebruik gevalideerd op basis van gegevens van het voerverbruik op melkveebedrijven die deel nemen aan het project Koeien & Kansen (K&K data) (Tamminga et al., 2004). De berekende VEM-behoefte op basis van de rekenregels van het VEM systeem lieten een onderschatting zien van het daadwerkelijk gemeten voerverbruik (Galama et al., 2001; Galama et al., 2002). Een deel van het hogere voerverbruik is een gevolg van voederverliezen (niet opgenomen voer als gevolg van onder meer morsen, een mogelijke hogere VEM-behoefte bij zieke dieren, overschatting van de voederwaarde en een mogelijke onderschatting van de onderhoudsbehoefte van melkvee). Op basis van deze gegevens is een correctiefactor toegepast op de VEM-behoefte. Deze correctie is vastgesteld op 2%. Dit betekent dat de berekende VEM-behoefte wordt vermenigvuldigd met een factor 1,02 (Figuur 4).

Figuur 4 Schema berekening totale VEM-behoefte

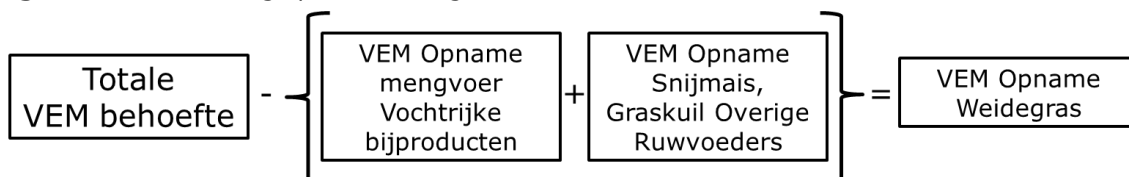


2.2.3 Voerverbruik en voersamenstelling

2.2.3.1 Berekenen van het voerverbruik, N en P opname

Na het vaststellen van de totale VEM behoefte kan het totale voerverbruik worden berekend. Het voerverbruik wordt berekend door de opname (kg DS) van krachtvoerders (mengvoer, enkelvoudige droge krachtvoerders en vochtrijke bijproducten) en geconserveerde ruwvoerders (snijmaïskuil en graslandproducten) te vermenigvuldigen met de VEM waarde (VEM/kg DS). De restpost is de VEM opname uit weidegras (Figuur 5).

Figuur 5 Berekening opname weidegras



De BEX systematiek wijkt hiervan af. Bij de BEX wordt het zgn. VEM-gat berekend. Dit is het verschil in VEM-behoefte verminderd met de VEM opname uit mengvoer (incl. droge enkelvoudige krachtvoerders) en vochtrijke voeders. Het VEM-gat wordt gevuld op basis van de op het bedrijf

vastgestelde verhouding tussen de vervoederde VEM-hoeveelheden van grasproducten, de vervoederde VEM-hoeveelheden van snijmaïskuil en de berekende VEM-opname van vers weidegras. De berekende opgenomen hoeveelheid vers weidegras is mede afhankelijk van het systeem van verstrekking van vers gras (beweiding en/of zomerstalvoeding) en van de mate waarin de dieren per dag vers gras krijgen ('onbeperkt', 'combi' of 'beperkt').

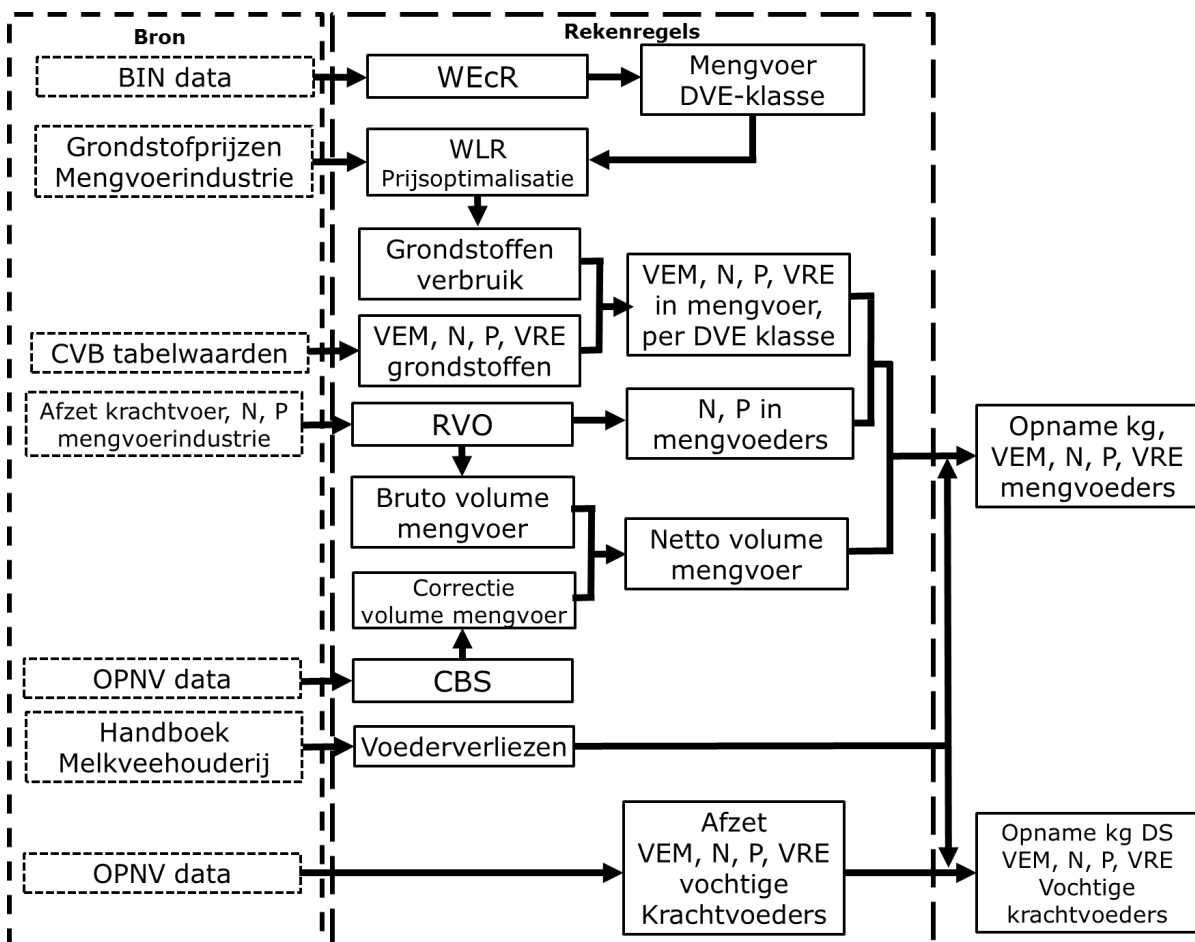
Voor berekening van de totale N en P opname wordt de berekende voeropname (VEM behoefte/VEM kg DS) vermenigvuldigd met concentratie N en P in het rantsoen. Cruciaal is daarom dat niet alleen de volumes goed worden ingeschat maar ook de VEM, N en P concentraties van de voeders.

2.2.3.2 Verbruik en samenstelling van krachtvoer

In de definitie van de WUM-systematiek bestaat krachtvoer voor melkvee uit mengvoer, droge enkelvoudige voeders en vochtrijke krachtvoerders. Voor het bepalen van het krachtvoerconsumptie ten behoeve van de nationale excretiecijfers wordt gebruik gemaakt van verschillende databronnen (Figuur 6). Dat zijn ten eerste gegevens (kwitanties van afgeleverde krachtvoerders) van ca. 300 melkveebedrijven in het Bedrijven Informatie Net (BIN) (persoonlijke mededeling, Wageningen Economic Research, 2019). De mengvoerindustrie levert vrijwillig gegevens en indicaties aan over de prijs en beschikbaarheid van krachtvoergrondstoffen (grondstofprijzen) die worden gebruikt voor de productie van mengvoer voor de melkveehouderij. Daarnaast zijn de mengvoerproducenten verplicht om een opgave te doen bij de Rijksdienst Voor Ondernemend Nederland (RVO) over de afzetvolumes van krachtvoer en de gehalten aan N en P in het krachtvoer.

Verder levert de Overleggroep Producenten Natte Veevoerders (OPNV) jaarlijks een overzicht van het verbruik en de VEM, N, P en VRE gehalten van vochtige krachtvoerders (natte bijproducten uit de voedingsmiddelen industrie).

Figuur 6 Voederverbruik, voer en rantsoensamenstelling



Op basis van gegevens uit het BIN berekent Wageningen Economic Research (WEcR) de volumes aangekocht mengvoer per DVE (darmverteerbaar eiwit) klasse (eiwitarm en eiwitrijk). Een belangrijke kanttekening is dat de definitie van "eiwitarm krachtvoer" en "eiwitrijk krachtvoer" van jaar tot jaar

kan variëren. Vervolgens bepaalt Wageningen Livestock Research (WLR) de grondstoffensamenstelling per DVE-klasse op basis van lineaire laagste prijs optimalisatie. Bij de formulering van de mengvoeders per DVE klasse worden, op basis van informatie van de mengvoerindustrie, restricties gehanteerd ten aanzien van de minimale en maximale aandelen van grondstoffen op basis van beschikbaarheid, nutriëntensamenstelling en verwerkbaarheidseigenschappen. Dit resulteert in een inschatting van de aandelen van de verschillende krachtvoergrondstoffen in het mengvoer. Op basis van de tabelwaarden van krachtvoergrondstoffen van het Centraal Veevoeder Bureau (CVB) worden de gehalten aan VEM, N, P en VRE van eiwitarm en eiwitrijk krachtvoer vastgesteld.

Deze afzetgegevens van de mengvoerproducten (incl. enkelvoudige droge krachtvoerders) worden door het CBS gecorrigeerd om dubbeltellingen met de afzetgegevens van vochtrijke krachtvoerders te vermijden. De gecorrigeerde afzetvolumes van krachtvoer en de gehalten aan N en P (volgens de opgave aan RVO) worden ter controle gecombineerd met de gehalten aan N en P in krachtvoer per DVE-klasse gehalte zoals deze zijn geschat door WLR (CBS, 2018).

De Overleggroep Producenten Natte Veevoerders (OPNV) geeft jaarlijks een overzicht van het verbruik en de VEM, N, P en VRE gehalten van vochtige krachtvoerders (natte bijproducten uit de voedingsmiddelen industrie). De berekende opname uit krachtvoer en vochtige krachtvoerders wordt gecorrigeerd voor voeder verliezen op basis van aannames omtrent voeder verliezen (CBS, 2018).

Berekening van het verbruik volgens de BEX systematiek is eenvoudiger. Het verbruik van krachtvoer en vochtrijke krachtvoerders wordt berekend als:

Verbruik = Aankoop + Beginvoorraad – Eindvoorraad. De aankoop van elke partij wordt geregistreerd via aankoopbewijzen, de begin- en eindvoorraden van elke voerpartij worden ingeschat door de veehouder. De VEM, N- en P-opname worden berekend uit het verbruik van elke voerpartij en de VEM, N- en P-gehalten per partij volgens opgave van de leverancier (RVO, 2018). Het gehalte aan VRE in mengvoer wordt berekend op basis van regressieformules. Het VRE gehalte van voor vochtige krachtvoerders wordt afgeleid van de CVB tabel (RVO, 2018).

2.2.3.3 Verbruik en samenstelling van geconserveerd ruwvoer

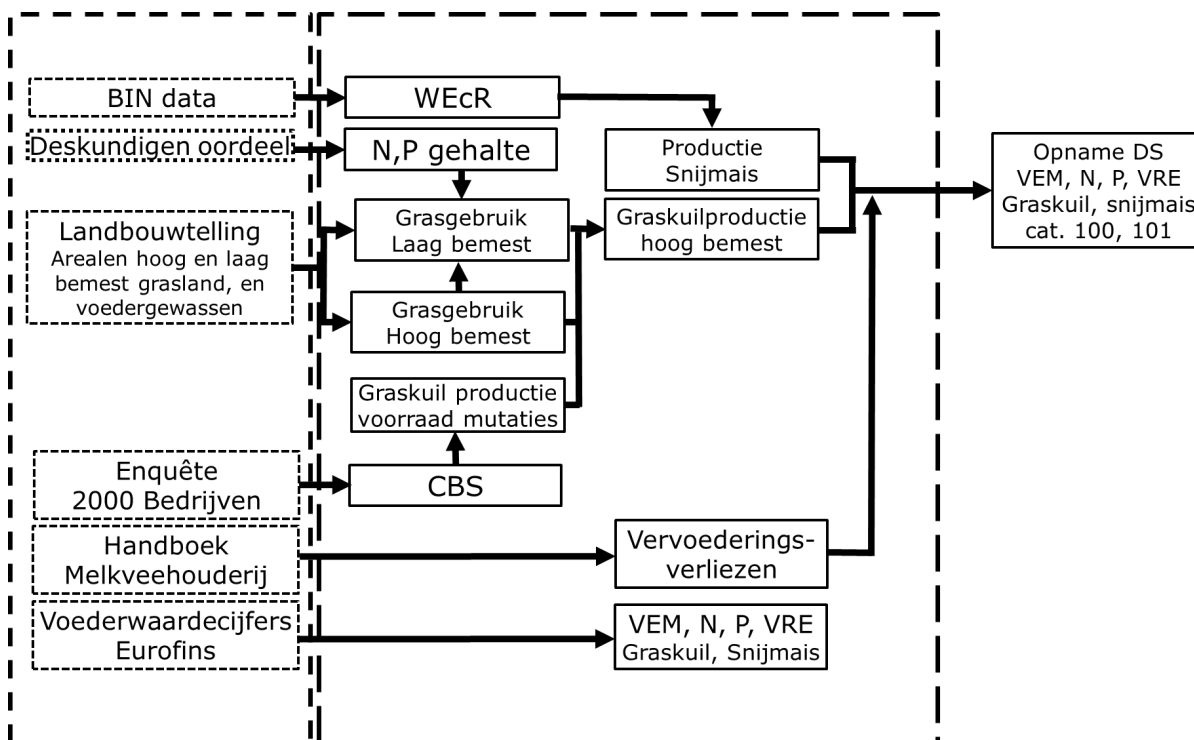
Voor de berekening van de landelijke excretie van N en P worden verschillende informatiebronnen gebruikt om de opbrengsten en het verbruik van geconserveerd graskuil, (-hooi) en snijmaïs te schatten (Figuur 7). Hiervoor wordt het BIN gebruikt met de gegevens van ca. 300 melkveebedrijven aangevuld met gegevens van 50 melkveebedrijven van buiten het BIN. Deze groep van 50 bedrijven is toegevoegd om van alle regio's in Nederland een evenwichtige vertegenwoordiging te realiseren (persoonlijke mededeling, Wageningen Economic Research, 2019). Daarnaast worden gegevens van de landbouwtelling gebruikt met informatie over de oppervlakte voedergewassen, het graslandgebruik en beweiding. De gegevens over snijmaïsteelt en -opbrengsten zijn afkomstig uit het BIN. De nationale productie van snijmaïs wordt gecorrigeerd voor gebruik van snijmaïs in biogasinstallaties. Daarnaast wordt een enquête met specifieke vragen over hoeveelheden ruwvoerders naar een selecte groep van 2.000 melkveehouders verzonden. Na beoordeling van deze enquêtes door het CBS zullen de antwoorden van ca. 1.000 veehouders worden gebruikt voor het verkrijgen van de volumes ruwvoerders (persoonlijke mededeling, CBS, 2019). De gehalten van VEM, N, P en VRE in ruwvoerders zijn afkomstig van Eurofins Agro in Wageningen (www.eurofins-agro.com/nl-nl/gemiddelden). De opname van weidegras wordt als een restpost berekend. Dat wil zeggen dat de VEM-opname uit krachtvoer, vochtige krachtvoerders en geconserveerd ruwvoer wordt afgetrokken van de berekende VEM-behoefte. De overblijvende restpost is de VEM-opname uit weidegras. De drogestof opname uit weide gras wordt berekend door de VEM-opname uit weidegras te delen door het VEM-gehalte per kg drogestof. De VEM-waarde van het weidegras is de gemiddelde VEM-waarde van vers gras van het voederwaardeanalyselaboratorium Eurofins Agro in Wageningen (www.eurofins-agro.com/nl-nl/gemiddelden).

2.2.3.4 Verdeling van voer over diergroepen

Op basis van de WUM-systematiek wordt er vanuit gegaan dat de graskuil en het weidegras van laag bemest grasland wordt opgenomen door jongvee voor de melkveehouderij ouder dan 1 jaar, mestvee, weide- en zoogkoeien. Er wordt aangenomen dat het N- en P-gehalte van graskuil (-hooi) van laag bemest grasland 10 en 5% lager is dan van hoog bemest grasland. Verder wordt aangenomen dat het N- en P-gehalte van graskuil (-hooi) van laag bemest grasland 20 en 10% lager is dan van hoog bemest grasland. Deze aannames zijn gevalideerd op basis van gegevens van Koeien & Kansen

bedrijven, voederproeven met graskuil van beheersgrasland en gegevens van BLGG (thans Eurofins Agro) zoals beschreven in Tamminga et al. (2009).

Figuur 7. Schema berekening verbruik graskuil en snijmaïskuil op het melkveebedrijf



2.2.3.5 Verdeling van de voeropname over de weide en stalperiode en regio's

Na berekening van de grasopname volgens de WUM-systematiek wordt ook een verdeling van het voerverbruik over de stal- en weideperiode gemaakt en een verdeling van het voerverbruik per regio. De verdeling is gebaseerd op praktijkcijfers en gegevens van Koeien en Kansen bedrijven (Tamminga et al., 2009). De verdeling over stal- en weideperiode heeft geen effect op de totale berekende excretie van N en P op nationaal niveau.

2.2.3.6 Voeropname volgens de BEX systematiek

De BEX systematiek wijkt op verschillende punten af van de WUM-systematiek. Ten eerste worden alle voerpartijen gemeten, bemonsterd door geaccrediteerde monsternemers en geanalyseerd door geaccrediteerde laboratoria. Op basis van richtlijnen (www.handboekmelkveehouderij.nl) wordt per voersoort, inkuil- en opslagmethode (rijkuil, balenkuil, sleufsilos) de dichtheid per m³ geschat. Met de geschatte dichtheid en het volume (m³) van de kuil wordt per voersoort de hoeveelheid geogste en ingekuilde hoeveelheid drogestof bepaald.

Het "VEM-gat" van het melkvee - dat is de berekende VEM-behoefte van het melkvee minus de VEM opname uit mengvoer en bijproducten - wordt gevuld met de VEM opname uit graskuil, weidegras en snijmaïs (zie ook paragraaf 2.2.3.1). De uitvoerige berekeningswijze is gedocumenteerd in de Handreiking Bedrijfsspecifieke Excretie (www.rvo.nl/sites/default/files/2018/07/Handreiking-bedrijfsspecifieke-excretie-melkvee-2018.pdf).

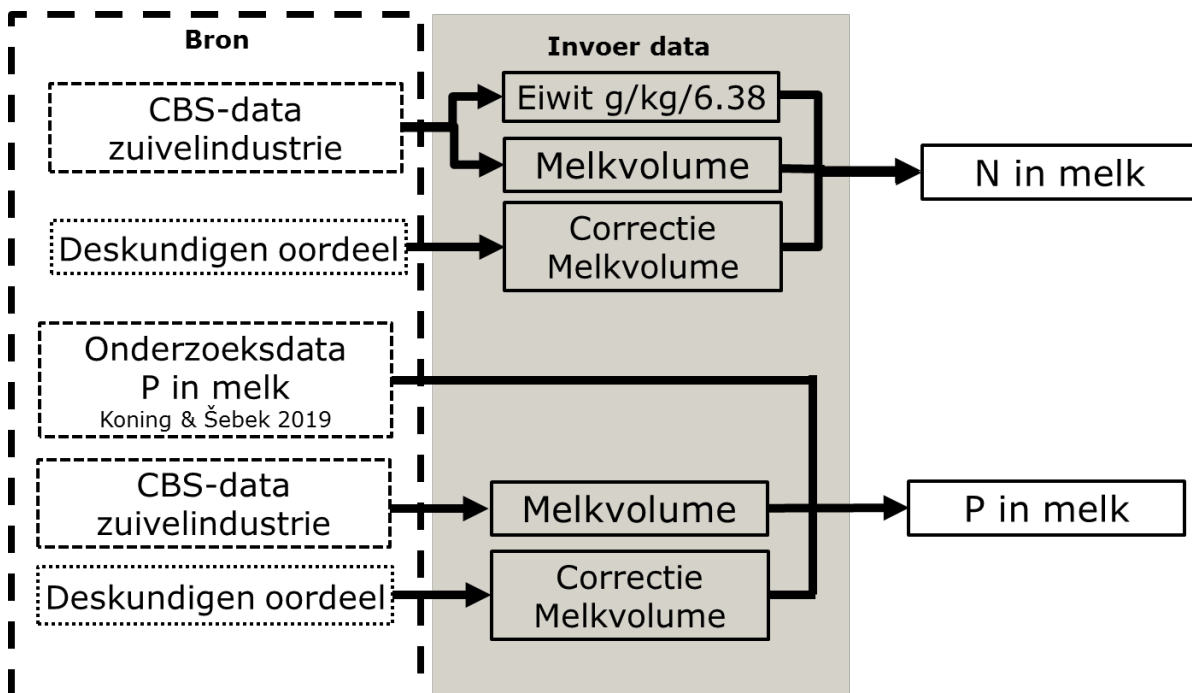
2.3 Vastlegging in dierlijke producten

2.3.1 Vastlegging van N en P in melk

De vastlegging van N en P in melk wordt berekend op basis van totale melkproductie en melksamenstelling (Figuur 8). De totale melkproductie en –samenstelling wordt vastgesteld op basis van opgaven van de zuivelindustrie aangevuld met een schatting van de melkproductie die niet via de kanalen van de zuivelindustrie worden verwerkt (bijvoorbeeld zelfzuivelaars).

De vastlegging van N in melk wordt berekend uit het eiwitgehalte van melk (eiwit/6,38), of omgekeerd, het eiwitgehalte in melk wordt berekend uit het gehalte Kjeldahl-stikstof $\times 6,38$. Voor het P-gehalte wordt een vaste waarde gehanteerd (Koning en Šebek, 2019). Het betreft het gebruik van infrarood (IR) spectra voor bepalingen in melk, met de zogenaamde Kjeldahl methode als referentiemethode bij de kalibratie. Vanaf 2019 worden de IR spectra die worden gebruikt voor de bepaling van eiwit, vet en lactose, ook gebruikt voor de P bepaling.

Figuur 8 Schema vastlegging N en P in melk



2.3.2 Vastlegging dierlijke weefsels

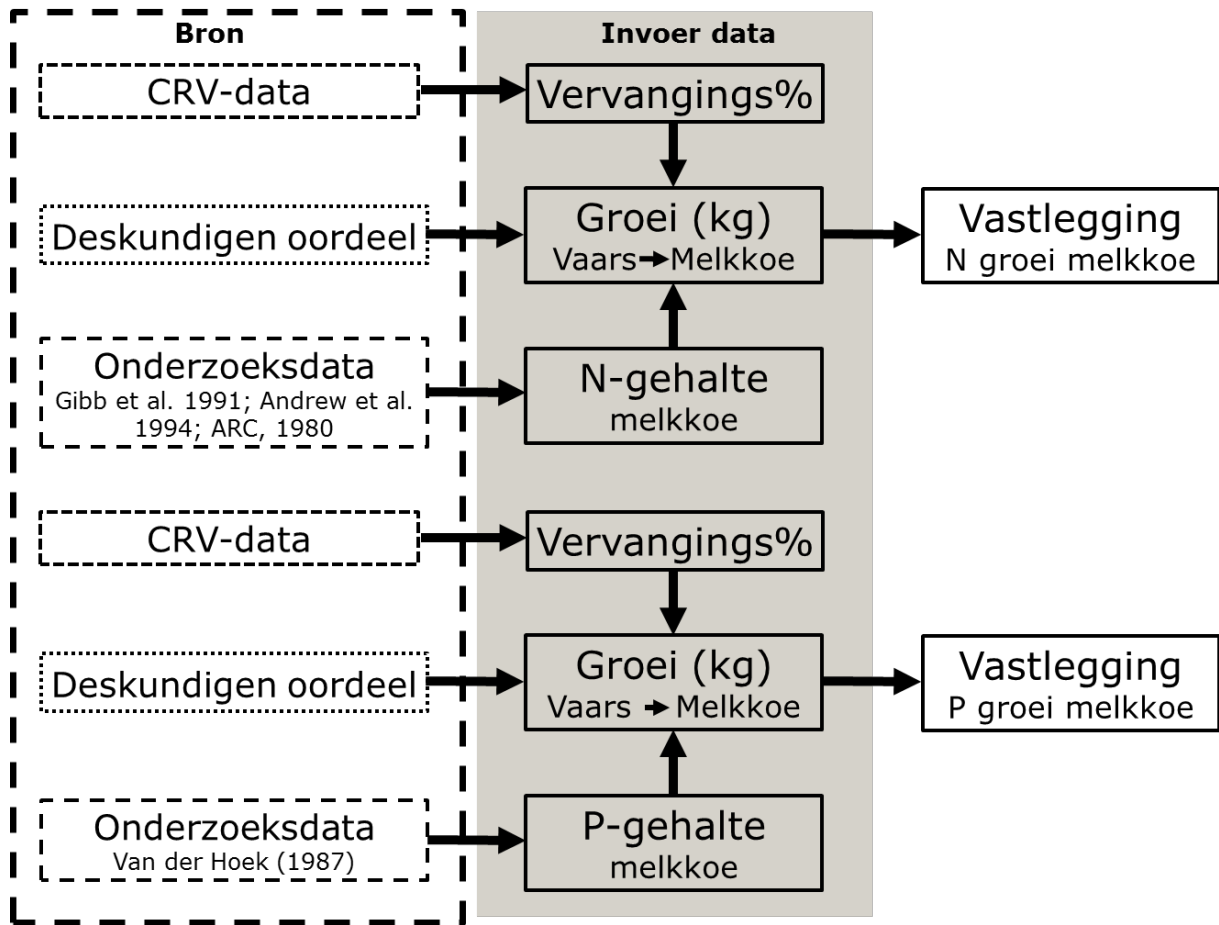
2.3.2.1 Vastlegging van N en P in groei

De vastlegging van N en P in groei is in Figuur 9 schematisch weergegeven. Bij de vastlegging van N en P in weefsels is een aantal factoren belangrijk, namelijk de gehalten aan N en P in weefsels, het leeg lichaamsgewicht (LLG; het LG zonder de vulling van het maagdarmkanaal), het lichaamsgewicht (LG) en de verandering van LLG en LG. De gehalten aan N en P in weefsels wordt bepaald op basis van slachtproeven. Omdat op het moment van slachten de vulling van het maagdarmkanaal niet volledig is, worden de gehalten uitdrukt in g N en g P per kg LLG (leeg lichaamsgewicht). Het leeg lichaamsgewicht is geen praktische maat, daarom wordt een omrekening gemaakt van het gehalte per LLG naar het gehalte per kg LG (met volledige vulling van het maagdarmkanaal).

De hoeveelheid N per kg lichaamsgewicht (LG) van melkkoeien is afgeleid door Tamminga et al. (2000) gebaseerd op slachtproeven in Groot-Brittannië (Gibb et al., 1992) en de Verenigde Staten (Andrew et al., 1994). In deze slachtproeven zijn koeien in verschillende stadia van de lactatie geslacht waarbij onder meer het leeg lichaamsgewicht (LLG), totaal lichaamsvet en totaal ruw eiwit ($N \times 6,25$) in het dier zijn bepaald. Op basis van het werk van Gibb et al. (1992) en Andrew et al. (1994) is een gemiddelde waarde voor het N-gehalte per kilogram LLG vastgesteld. Vervolgens is op basis van een regressieformule (ARC, 1980) een omrekening gemaakt naar een N-gehalte per kilogram LG (Tamminga et al., 2000). Er zijn voor de gewichtstoename (groei) van eerste- en tweede-

kalfskoeien waarden afgeleid op basis van afkalfgewichten die zijn gepubliceerd door Van den Top et al. (2000). De gehanteerde waarde van de hoeveelheid P g/kg LG worden in WUM (2010) gerefereerd aan Van der Hoek (1987).

Figuur 9 Schema N en P vastlegging in groei



2.3.2.2 Vastlegging in dracht

Drachtige dieren leggen N en P vast in het kalf en in vruchtvliezen en vruchtwater. De hoeveelheid N en P die met dracht wordt vastgelegd is afhankelijk van het aantal geboren kalveren per melkkoe en de N- en P-gehalten van het kalf. Er wordt verondersteld dat de N en P in vruchtvliezen en vruchtwater bij de excretie kan worden opgeteld.

Het N gehalte in nuchtere kalveren wordt door WUM (2010) toegeschreven aan Coppoolse et al. (1990) op basis van gegevens van Jongbloed et al. (1985). De gehanteerde waarde van het P-gehalte in nuchtere kalveren wordt in WUM (2010) toegeschreven aan Van der Hoek (1987).

3 Gegevens en invoerdata

3.1 Diergewicht

3.1.1 Rol van het LG bij berekening van de VEM-behoefte en N en P opname

In de rekensystematiek heeft het LG effect op de berekende VEM behoefte voor onderhoud en toeslagen voor weidegang en activiteit die als percentages van de onderhoudsbehoefte worden berekend. Een hoger of lager LG resulteert in respectievelijk hogere of lagere onderhoudsbehoeften en toeslagen voor weidegang en activiteit. Een hogere of lagere VEM-behoefte resulteert, bij ongewijzigde N- en P-gehalten in het voer, tot respectievelijk hogere of lagere N en P opnames.

Bij een lager of hoger volwassen LG hoort ook jongvee met een lager of hoger LG. De keuze voor een lager of hoger volwassen LG van melkvee (categorie 100) heeft via het lichaamsgewicht ook effect op de VEM-behoefte voor onderhoud en groei van jongvee (categorie 101 en 102). Daarmee heeft het LG van de melkvee ook effect op de opname en excretie van N en P door jongvee

3.1.2 Factoren van invloed op het LG van melkvee in de praktijk

Het LG wordt beïnvloed door vele factoren zoals grootte van het skelet (diertype, ras, "frame size") voeropname (Schröder and Staufenbiel, 2006), voeropname en vulling van het maagdarmkanaal (Gibb et al., 1992; Andrew et al., 1994), groei (Koenen et al., 1999), mobilisatie van lichaamsreserves, drachtigheid, leeftijd en lactatienummer (Zom, 2014). Ook de rantsoensamenstelling en het opnamepatroon beïnvloeden via vulling van het maagdarmkanaal het LG. Bijvoorbeeld, vergelijkingen tussen TMR systemen (stalvoeding met ruwvoer) en weidegang laten een hoger gemiddeld LG zien bij TMR systemen dan bij weidegang (Fontaneli et al., 2005; O'Neill et al., 2011; Hofstetter et al., 2014; O'Callaghan et al., 2016; Cameron et al., 2018; Frey et al., 2018).

3.1.3 Definitie van het LG bij berekening van de excreties

Volgens de WUM-systematiek (WUM 2010) wordt uitgegaan van de berekeningswijze van Tamminga (2004). Tamminga et al. (2004) hanteren op basis van bevindingen van Van den Top (2000) een gemiddeld LG van 600 kg.

De data van Van den Top (2000) betreffen het gewogen gemiddelde afkalfgewicht van melkkoeien (eerste-, tweede-kalfskoeien en oudere kalfskoeien). Het afkalfgewicht is niet gelijk aan het LG, omdat bij melkkoeien gedurende het verloop van de lactatie de voeropname varieert, de melkkoeien lichaamsreserves mobiliseren en weer aanzetten, en met name in de eerste twee lactaties groeien. De afkalfgewichten die Van den Top (2000) heeft berekend zijn afkomstig van proefbedrijven (de Minderhoudhoeve, de Ossekampen, het Proefstation voor de Rundveehouderij) en literatuurdata met gegevens afkomstig van Schothorst Feed Research gepubliceerd door Koenen et al. (1999). Op basis van deze gegevens zijn gewogen gemiddelde afkalfgewichten berekend van 538, 595 en 654 kg voor respectievelijk eerste-, tweede-kalfskoeien en oudere kalfskoeien en een gewogen gemiddeld afkalfgewicht van 601 kg voor alle koeien (Van den Top, 2000; Tabel 5, pagina 15).

Van den Top heeft gewichten van 553, 611 en 644 kg gebruikt voor respectievelijk eerste-, tweede-kalfskoeien en derde kalfskoeien afkomstig uit de publicatie van Koenen et al. (1999). Door Koenen et al. (1999; Tabel 1) worden deze getallen aangeduid als ongecorrigeerde wekelijkse gemiddelde gewichten over de gehele lactatie. Koenen et al. (1999; Tabel 4) vermelden geschatte afkalfgewichten van 537, 585 en 633 kg voor respectievelijk eerste-, tweede-kalfskoeien en derde kalfskoeien.

3.1.4 Het LG van de melkkoe bij afvoer

De WUM-systematiek hanteert ook een gewicht bij afvoer, hiervoor wordt gerekend met een afvoergewicht van 600 kg (WUM, 2010). Dit is gebaseerd op gegevens van Heeres-van der Tol (2001) gepubliceerd in een interne publicatie van het Praktijkonderzoek Veehouderij. Het gewicht bij afvoer is door Heeres-van der Tol (2001) afgeleid van slachtgegevens van het CBS en een persoonlijke mededeling van CR-Delta (thans CRV). Het gemiddeld geslachtgewicht is vastgesteld op 300 kg met een aanhoudingspercentage van 50%, hetgeen resulteert in een gewicht bij afvoer van 600 kg. Recente gegevens van CBS laten zien dat het geslachtgewicht van koeien (vrouwelijke runderen die één keer gekalfd hebben) tussen 1990 en 2018 rond de 300 kg varieert (290, 305, 301, 302, 295 en 307 kg in respectievelijk 1990, 2000, 2005, 2010, 2017 en 2018) (www.cbs.nl). Het CBS hanteert als definitie voor "koeien" alle vrouwelijke runderen die tenminste één keer hebben gekalfd. Onder deze definitie vallen niet alleen melkkoeien (categorie 100) maar ook weide- en zoogkoeien (categorie 120).

3.1.5 Het lichaamsgewicht bij VEM-behoefte en excretieberekeningen

Er wordt in de WUM-systematiek met één LG gerekend voor het berekenen van de VEM behoefte. Dit impliceert dat alle melkkoeien in Nederland tot dezelfde categorie middelgrote/grote rassen behoren. In Tamminga et al. (2000) wordt het begrip "standaard koe" geïntroduceerd, dit is een volwassen koe (derde lactatie) met een gewicht van 650 kg. Dit is in overeenstemming met de bevindingen van Van den Top et al. (2000) die aanbevelen om een "standaard koe" te definiëren als een volwassen koe (lactatie 3 en hoger) met een gewicht van 650 kg. Hierbij wordt door Tamminga et al. (2000) opgemerkt dat de Nederlandse veestapel, niet alleen uit volwassen melkkoeien bestaat maar voor ongeveer de helft uit dieren die jonger zijn en dus ook een lager gewicht hebben (Tamminga et al., 2000). Hoewel dit niet expliciet wordt aangegeven kan hieruit worden afgeleid dat bij de berekening op basis van de WUM-systematiek een gemiddeld (afkalf)gewicht van 600 kg wordt gehanteerd om te corrigeren voor het lagere gewicht van melkkoeien in de eerste en tweede lactatie. In de BEX systematiek (www.rvo.nl) wordt voor de berekening van de VEM onderhoudsbehoefte één gemiddeld gewicht van 650 kg gehanteerd. De handreiking geeft tevens aan dat voor de berekening van de vastlegging van N en P in dieren tijdens de opfok en groei van melkkoeien wordt gerekend met lichaamsgewichten van 540 kg op tweejarige leeftijd (eerste kalfskoeien), 595 kg op driejarige leeftijd (tweede kalfskoeien) en 650 kg op vierjarige leeftijd. Dit zou betekenen dat het gewogen gemiddelde gewicht van een melkkoe $540 \text{ kg} \times 0.28 + 595 \text{ kg} \times 0.28 + 650 \times 0.44 = 603 \text{ kg}$ bedraagt. In de BEX systematiek wordt niet aangegeven waarom voor het berekenen van de VEM onderhoudsbehoefte met een gemiddeld (afkalf)gewicht van een volwassen koe (650 kg) wordt gerekend, terwijl hiervan wordt afgeweken voor de berekening van de aanzet van N en P gedurende de eerste 2 lactaties. Koeien nemen ook gedurende de derde lactatie (Koenen et al., 1999) en latere lactaties (Zom, 2014) nog in gewicht toe. De gewichtstoename is deels te verklaren door een hogere voeropname en grotere vulling van het maagdarmkanaal als gevolg van een grotere voeropnamecapaciteit. Maar de gewichtstoename tot aan de zesde lactatie is ook te verklaren door een toename van het LLG en aanzet van vet en eiwit (Zom, 2014). Dit kan enerzijds betekenen dat ook na de tweede lactatie toeslagen voor jeugdgroei nodig zouden moeten zijn, en dat dus de VEM behoefte voor oudere koeien (>lactatienummer 2) is onderschat. Anderzijds wordt de vastlegging van N en P in latere lactaties onderschat vanwege de aanname in de WUM-systematiek, dat koeien na de derde lactatie niet meer groeien.

3.1.6 Alternatieve bronnen voor het LG

In de WUM-systematiek wordt gerekend met een "gemiddeld" lichaamsgewicht. Dit gemiddelde is het gewogen gemiddelde afkalfgewicht gemeten bij melkkoeien op proefbedrijven in Nederland (Tamminga et al., 2000; van den Top et al., 2000). Het gewicht van een koe varieert binnen een lactatie als gevolg van variatie in voeropname, mobilisatie en aanzet van lichaamsreserves en groei. Daarom kan het gewogen gemiddeld gewicht bij afkalven kan worden geïnterpreteerd als een relatieve maat voor de grootte van het dier en de daarmee samenhangende onderhoudsbehoefte van het dier. Dit is van belang bij het vaststellen van de eisen waaraan alternatieve datasets moeten voldoen. Dit betekent dat alternatieve datasets in ieder geval de afkalfgewichten moeten bevatten uitgesplitst naar de eerste, tweede- en latere lactatie. Deze gegevens moeten worden gecombineerd met het aandeel

eerste, tweede en oudere kalfskoeien in de Nederlandse melkveestapel om een gewogen gemiddeld afkalfgewicht van de veestapel te berekenen.

Proefbedrijven

Sinds 2000 zijn diverse proefbedrijven doorgegaan met het meten en registreren van het LG van melkkoeien. Dat geldt onder andere voor de (voormalige) proefbedrijven van Wageningen Livestock Research (WLR), Schothorst Feed Research, VIC Zegveld en proefbedrijven verbonden aan het diervoederbedrijfsleven. Ook in ons omringende landen zijn proefbedrijven actief op het gebied van de voeding en management van melkvee, zoals bijvoorbeeld het onderzoeksbedrijf Haus Riswick van de Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen in Kleve (D) en het Instituut voor Landbouw en Visserijonderzoek (ILVO) in Melle-Gontrode (B). In de aan Nederland grenzende deelstaten en regio's zijn de melkveehouderijsystemen en productieomstandigheden relatief goed vergelijkbaar met die in Nederland. Al deze Nederlandse en buitenlandse datasets komen niet "standaard beschikbaar" in het publieke domein.

Praktijkbedrijven

In Nederland maken steeds meer praktijkbedrijven gebruik van een automatisch melksysteem (AMS) waarbij het mogelijk is het dier gewicht en andere karakteristieken (body condition score - BCS) automatisch te meten voor diermanagement doeleinden. Dergelijke datasets zijn niet "standaard beschikbaar" in het publieke domein.

In Nederland berekend CRV afgeleide fokwaarde schattingen voor het gewicht van melkkoeien. De fokwaarde voor gewicht wordt berekend uit een lineaire combinatie van de fokwaarden van de exterieurkenmerken hoogtemaat, voorhand, inhoud, openheid en kruisbreedte.

Tevens is CRV voornemens om op 10 praktijkbedrijven gegevens te gaan verzamelen over voeropname en voerefficiëntie (www.veeteelt.nl, 25 oktober 2018). Mogelijk worden op deze bedrijven aanvullende gegevens verzameld met betrekking tot gewicht en exterieurkenmerken die bruikbaar zijn om inzicht te verkrijgen in het gewicht van melkkoeien.

In de afgelopen jaren zijn door Carp et al. (2016) en Mahieu (2014) gegevens van praktijkbedrijven gepubliceerd. Een in 2016 uitgevoerd onderzoek op twee melkveebedrijven (Carp et al., 2016) met in totaal 127 melkkoeien gaf een gemiddeld gewicht van 656 kg met een grote variatie. Het gewicht van 95 procent van de koeien varieerde tussen 470 kg en 826 kg. In 2013 zijn in België op vier praktijkbedrijven bij 245 Holstein Friesian (HF) melkkoeien de gewichten bepaald. Het gemiddelde gewicht was 663 kg met een standaarddeviatie van 11,2 kg, en een variatiecoëfficiënt van 0,02 (Mahieu, 2014).

Literatuurgegevens

In wetenschappelijke literatuur wordt regelmatig gerapporteerd over diergewichten van melkvee als resultaat (uitleesparameter) of als beschrijving van de dierpopulatie die betrokken is bij een onderzoek of studie. Een (meta)analyse van literatuurdata kan wellicht inzicht geven in de gemiddelde (afkalf)gewichten van Holstein-Friesian melkkoeien.

Daarnaast zijn er ook studies specifiek gericht op het gewicht van melkkoeien. Onderzoek laat zien dat het LG (Yan et al., 2009a; Yan et al., 2009b; Gruber et al., 2018) en het LLG (Yan et al., 2009a) van Holstein-Friesian melkkoeien accuraat kan worden voorspeld op basis van exterieurkenmerken (schofthoogte, borstomvang, buikomvang, lengte). Verder laat onderzoek van Yan et al. (2009b) zien dat het mogelijk is het LLG te voorspellen op basis van LG of body condition score (BCS) en LG. De bruikbaarheid van de empirische relaties tussen exterieurkenmerken en LG van melkkoeien zoals gevonden door Yan et al. (2009a) en Gruber et al. (2018) om het LG van Nederlandse melkkoeien (bij afkalven) te schatten zou moeten worden onderzocht, eventueel met gebruikmaking van de exterieurkenmerken die door CRV worden verzameld voor schatting van de fokwaarde en de meetgegevens van diergewichten op proefbedrijven.

Yan et al. (2009a, 2009b) vermelden een gemiddeld LG van 574 kg van de 147 koeien in hun onderzoek, met de volgende verdeling per pariteit: 514, 581 en 662 kg voor resp. de 1^e, 2^e en ouderekalfs koeien. Agnew et al. (2005) geven een gemiddeld LG van 575 kg van de 104 HF koeien in hun onderzoek, niet verder onderverdeeld naar pariteit. Gruber et al. (2018) vermelden een gemiddeld LG van 702 kg voor 6306 koeien van verschillende rassen in hun praktijkonderzoek (Fleckvieh, HF, Brown Swiss), zonder het onderscheid in het LG tussen de rassen te vermelden.

CBS slachtgegevens

Het CBS publiceert jaarlijks slachtgegevens van het aantal slachtingen en het geslacht gewicht van koeien (vrouwelijk vee dat tenminste één keer gekalfd heeft). Op basis van het geslacht gewicht en het slachtrendement kan een inschatting worden gemaakt van het levend gewicht bij het slachten. Het is belangrijk op te merken dat het levend gewicht bij slachten niet zonder meer kan worden vertaald naar het gewicht van een melkkoe. Slachtvee wordt voor afvoer van het melkveebedrijf gedurende een bepaalde tijd gevestigd, en tijdens het transport naar het slachthuis wordt mest en urine uitgescheiden. Hierdoor is het maagdarmkanaal van koeien bij het slachten minder gevuld dan van melkgevende koeien, en hebben slachtkoeien een lager levend gewicht. Echter, de ontwikkeling van het gemiddeld levend gewicht bij slachten en het slachtrendement van koeien over een reeks van jaren kan wel een aanwijzing zijn voor een verandering van het gemiddelde LG en LLG van melkkoeien als gevolg van een ander type koe of fokdoel.

3.2 VEM toeslagen voor beweiding en activiteit

3.2.1 Energietoeslagen voor activiteit en beweiding

De energiebehoefthenormen voor melkkoeien zijn bepaald bij koeien die zijn gehuisvest in (klimaat)respiratiecellen. Hierdoor kan de energiebehoefte in praktijksituaties worden onderschat omdat koeien in een praktijksituatie actiever zijn dan in een (klimaat)respiratiecel. Hiervoor wordt in de WUM-systematiek een toeslag van 10% op de onderhoudsbehoefte berekend. Voor het berekenen van de VEM toeslagen van beweiding zijn twee factoren van belang: 1) het aantal dagen weidegang en 2) de energietoeslagen voor weidegang. Het aantal weidedagen wordt door het CBS vastgesteld op basis van het grasland gebruik dat wordt onderzocht op basis van enquêtes die van 2000 bedrijven worden afgenomen.

Koeien in de weide spenderen meer tijd aan vreten (grazen), lopen en andere activiteiten dan koeien die op stal zijn gehuisvest. Op basis van de WUM-systematiek wordt een toeslag gehanteerd van 20% op de onderhoudsbehoefte. Voor elke dag weidegang wordt een toeslag gehanteerd van 20% op de VEM behoefte voor onderhoud zoals aanbevolen door het CVB (2016).

3.2.2 Alternatieve bronnen voor toeslagen bij beweiding en activiteit

Een alternatieve bron voor het aantal weidedagen kunnen gegevens uit de Kringloopwijzer (KLW) zijn (Schröder et al., 2019). Veehouders moeten in de KLW aangeven of onbepaald of beperkt wordt geweid en daarbij tevens de lengte van het weideseizoen aangeven. Veehouders die melk leveren aan alle grote zuivelverwerkers zijn verplicht om de KLW in te vullen. In potentie kan met KLW data een grotere dataset met beweidingsgegevens worden opgebouwd.

Vaststelling van de extra energiebehoefte voor weidegang is in zekere mate arbitrair omdat het meten van de energiebehoefte onder beweidingomstandigheden gecompliceerd is. Directe metingen van het energiegebruik onder beweidingomstandigheden zijn niet mogelijk. Van der Honing (Interne notitie) heeft op basis van een analyse van de extra energiebehoeften voor de vreetijd, loopafstand, neutraliseren van de eiwitovermaat in het grasrantsoen en ongelijkmatige voederverzorging tijdens weiden een extra energiebehoefte voor onbeperkte weidegang afgeleid van 1060 VEM per dag, voor beperkte weidegang van 930 VEM/dag en voor zomerstalvoeding van 230 VEM/dag (Y. v.d. Honing, Interne Notitie ten behoeve van de werkgroep Voedertechnische Normen) geciteerd door Hijink and Meijer (1987)). Een toeslag van 1060 VEM voor onbepaald weiden komt overeen met 20% van de onderhoudsbehoefte van een melkkoe van 650 kg gevoerd op onderhoudsniveau.

In andere studies zijn gedurende korte perioden (enkele uren per dag) met behulp van de 13C verdunningstechniek met continue bloedbemonstering (Kaufmann et al., 2011) verschillen in energiebehoefte gemeten tussen op stal gehuisveste dieren en weidende dieren. Echter, het is onduidelijk of de kort durende metingen kunnen worden vertaald naar een extra onderhoudsbehoefte over een langere periode (Kaufmann et al., 2011). Dohme-Meier et al. (2014) vonden met de techniek van Kaufmann een 19% hoger totaal energie verbruik bij weidende koeien in vergelijking met koeien die zomerstalvoeding kregen. Ondanks een lagere voeropname (16,8 vs. 18,9 kg DS) en een 19% hoger energieverbruik, was er geen verschil in melkproductie, dit geeft aan dat weidende koeien meer

lichaamsreserves hebben gemobiliseerd. Echter, in recent onderzoek van Jasinsky et al. (2019) is met een combinatie van technieken (ureum verdunningstechniek, hartslag en zuurstofverbruik metingen) bij weidende koeien een 10% hogere energiebehoefte voor onderhoud gemeten ten opzichte van op stal gehuisveste koeien.

3.3 Melkproductie, melksamenstelling en FPCM productie

3.3.1 Melkproductie en samenstelling

Melkproductie is de belangrijkste factor die de voederbehoefte bepaald. Het grootste deel van de VEM-behoefte is bestemd voor melkproductie. De melkproductie wordt in de WUM systematiek berekend op basis van CBS statistieken omtrent de aan de zuivelindustrie geleverde melk en melksamenstelling. Tevens wordt op basis van de inschatting van deskundigen een aanname gemaakt voor de hoeveelheid melk die niet door de zuivelindustrie wordt verwerkt (boerderij verkoop, gevoerd aan kalveren, eigen verwerking). De totale melkproductie is de som van de CBS zuivelstatistieken en de geschatte hoeveelheid melk die niet via de zuivelindustrie is afgezet. Normaliter wordt de melkproductie per koe berekend door de totale melkproductie te delen door het aantal koeien dat op 1 april in de Landbouwtelling is opgegeven. Met een vaste peildatum wordt geen rekening gehouden met een verandering van de omvang van de veestapel. Echter, in 2017 was er sprake van een significante krimp van de veestapel als gevolg van de fosfaatwetgeving. Daarom is voor het berekenen van de mest en mineralenproductie in 2017 de gemiddelde productie per koe berekend door de totale melkproductie te delen door het gemiddeld aantal aanwezige melkkoeien (CBS, 2018).

3.3.2 VEM behoefte voor melkproductie

De VEM behoefte voor melkproductie wordt berekend op basis van de FPCM productie. In het VEM systeem wordt gerekend met een VEM behoefte van 442 VEM per kg FPCM (vet en eiwit gecorrigeerde melkproductie) (CVB, 2016). De omrekening van kg melk naar FPCM productie gebeurt op basis van de formule $FPCM = \text{Melkgift} \times (0.337 + 0.116 \times \text{Vet}\% + 0.06 \times \text{Eiwit}\%)$.

3.3.3 Alternatieve bronnen voor melkproductie en -samenstelling

In WUM (1994) wordt na evaluatie van diverse databronnen waaronder BIN-data, boekhoudgegevens, melkproductieregistratie (CRV) geconcludeerd dat CBS data de meest betrouwbare schatting geven van de melkproductie. De bedrijven die deelnemen aan boekhoudingvergelijkingsprojecten en melkproductieregistratie zijn in het algemeen bedrijven met betere technische resultaten dan de gemiddelde bedrijven. Er werd geconcludeerd dat naast de zuivelstatistieken ook andere gegevensbronnen beschikbaar zijn om de melkproductie in Nederland te schatten, maar deze gegevens mogelijk leiden tot een overschatting van de melkproductie.

Er worden wereldwijd verschillende formules gehanteerd om de hoeveelheid energie (VEM, MJ NEL) in melk te berekenen. In Nederland wordt de melkproduct omgerekend naar energie-inhoud gecorrigeerde melkproductie uitgedrukt in FPCM (vet en -eiwit gecorrigeerde melkproductie). Hierbij wordt de werkelijke melkproductie en samenstelling omgerekend naar een melk met 4% eiwit en 3.32% eiwit. In de WUM-systematiek wordt de CVB formule toegepast (CVB, 2016). Deze formule is een regressieformule die is afgeleid door Crovetto en Van der Honing (1984). De formule van Crovetto en Van der Honing (1984) is gebaseerd op alleen het vet- en eiwitpercentage.

Echter, melk bevat naast vet en eiwit ook lactose en NPN (waaronder melkureum) als energie dragers. Melkvet, -eiwit, lactose en NPN, bevatten respectievelijk ca. 38.9, 24.0, 16.5 en 9.2 MJ per kg (NRC, 2001). In NRC (2001) en het Scandinavische NorFor-systeem (Volden, 2011) wordt aanbevolen, indien beschikbaar, naast vet en eiwit ook rekening te houden met lactose om de energiedichtheid van melk te berekenen. Bij toename van het vet en eiwitgehalte stijgt de osmotische waarde van melk en daalt het lactosegehalte. Bij hoge vet- en eiwitgehalte kan met regressieformules op basis van alleen het vet- en eiwitgehalte de energiedichtheid worden overschat. De formule van Crovetto en Van der Honing (1984) is ontwikkeld toen het nog niet mogelijk was om lactose en ureum routinematig in melk te bepalen. Bovendien is het gemiddelde vet- en eiwitgehalte sinds 1984 toegenomen (www.crv.nl).

Het kan daarom zinvol zijn om de huidige formule te valideren op basis van recente gegevens en mogelijk te herzien op basis van nieuw calorimetrisch onderzoek.

3.4 Toeslagen voor dracht, NEB en jeugdgroei

3.4.1 Toeslagen voor dracht en NEB

In de WUM-systematiek worden de toeslagen voor dracht en negatieve energiebalans in één toeslagpost ondergebracht (Tamminga et al., 2000; Tamminga et al., 2004).

De toeslag voor dracht is afhankelijk van het aantal kalveren per melkkoe. Het aantal kalveren per melkkoe wordt geactualiseerd op basis van CRV data van het aantal geboren kalveren. De hoogte van de VEM toeslag voor dracht zijn afgeleid van de aanbevelingen van het CVB (van den Top et al., 2000).

De VEM toeslagen voor een NEB zijn gebaseerd op een aanname. In Tamminga et al. (2000) wordt een aanname gedaan dat hiervoor 25 kVEM per jaar nodig is. In Tamminga et al. (2004) wordt een aanname gepresenteerd dat melkkoeien een VEM toeslag voor NEB nodig hebben voor het compenseren van efficiëntie verliezen geassocieerd met een verlies en herstel van 100 kg LG. Deze VEM-toeslag bedraagt 45 kVEM (Tamminga et al., 2004). Op basis van de rekenregels in BEX 2018 wordt de VEM-behoefte voor de NEB vastgesteld op 93 kVEM.

3.4.2 Alternatieve bronnen voor NEB

Rondom de toeslagen voor NEB wordt een aantal aannames gedaan, die niet nader zijn gedocumenteerd. Er is een toename in de toeslagen voor NEB doorgevoerd (25 kVEM in 2000 tot 93 kVEM in 2018). Daarnaast wordt de aanname gedaan dat 100 kg lichaamsgewicht wordt gemobiliseerd en weer wordt aangezet. Deze aannames zouden kunnen worden gevalideerd op basis van gegevens van voederproeven in combinatie met literatuurdata. Met gegevens van voederproeven over volledige lactaties, waarbij de voeropname, gewichtsverandering, body conditiescore (BCS) en VEM-balans is gemeten, kunnen de negatieve (NEB) en positieve energie balans (PEB), en gewichtsverandering worden berekend en worden gerelateerd aan verandering in BCS.

Naast voederproeven met een volledige lactatie, zijn ook voederproeven die een deel van de lactatie beslaan bruikbaar. In combinatie met literatuurdata kunnen berekeningen worden gemaakt over de veranderingen in LG, LLG, vet- en eiwitmobilisatie en hoeveelheid VEM die wordt gemobiliseerd en weer wordt aangezet en op basis van deze gegevens. Deze werkwijze is toegepast door Tamminga et al. (1997) en Zom (2014). Tamminga et al. (1997) berekenden bij tweede- en oudere kalfskoeien een mobilisatie van gemiddeld 48.5 kg lichaamsgewicht en 149 kVEM. Een studie van Zom (2014), op basis van een grotere dataset van Nederlandse voederproeven met deels dezelfde gegevens als van Tamminga et al. (1997), geeft aan dat melkkoeien 36, 52, en 61 kg LG mobiliseren in respectievelijk de eerste, tweede, en derde lactatie. De gemobiliseerde hoeveelheid energie bedraagt 103, 186 en 225 kVEM voor respectievelijk de eerste, tweede en derde lactatie. Hierbij moet worden opgemerkt dat Tamminga et al. (1997) alleen gegevens heeft gebruikt van dieren met een NEB tot de 9^{de} week van de lactatie, terwijl Zom (2014) gegevens heeft gebruikt van alle dieren met een NEB in de eerste helft van de lactatie.

Behalve gegevens van voederproeven is ook het mogelijk om gewicht en conditiescore metingen van proefbedrijven te gebruiken. Het NRC-systeem 2001 en het NorFor systeem geven tabellen die aangeven hoeveel netto energie per punt BCS verandering worden gemobiliseerd (NRC, 2001; Volden, 2011). Het NorFor-systeem geeft aan dat per punt BCS op een schaal van 1 tot 5, 60 kg gewicht wordt gemobiliseerd of aangezet. Dit komt overeen met 216 kVEM mobilisatie en 270 kVEM aanzet (Volden, 2011). Op basis van onderzoek van Schröder en Staufenbiel (2006) komt 1 punt BCS op een schaal van 1 tot 5 overeen met de mobilisatie van 50 kg lichaamsvet. Uitgaande van 39.7 MJ per kg vet, komt dit overeen met 230 kVEM. Volgens de aanbevelingen van Boxem et al. (1998) moet het verlies aan BCS bij melkkoeien op koppelniveau beperkt blijven tot gemiddeld maximaal 1 punt op een schaal van 1 tot 5. Dit praktijkadvies wordt onderschreven door een literatuurstudie waaruit blijkt dat een verlies van BCS groter dan 1 punt risicovol is ten aanzien van het optreden van metabole stoornissen en verminderde vruchtbaarheid (Roche et al., 2009).

Er van uitgaande dat lichaamsreserves worden benut met een efficiëntie 80% (van Es, 1978), komt het efficiëntie verlies dat gepaard gaat met mobilisatie en herstel van 1 punt BCS (schaal 1-5) overeen met 46 kVEM (20% van 230) tot 54 kVEM (20% van 270). Hierbij moet wel worden opgemerkt dat 1 punt BCS, vanuit praktisch oogpunt de maximale bovengrens is. In voederproeven waarbij gangbare rantsoenen zijn gevoerd bedraagt het maximale gemiddelde efficiëntieverlies ca. 37 kVEM voor tweede en oudere kalfskoeien (Tamminga et al. 1997) of bedraagt 26, 47 en 56 kVEM voor melkkoeien in respectievelijk de eerste, tweede en derde.

3.4.3 VEM toeslagen voor jeugdgroei

De toeslagen voor jeugdgroei zijn afhankelijk van het aandeel eerste en tweede kalfskoeien in de veestapel. Het aandeel eerste en tweede kalfskoeien wordt berekend op basis van het aandeel vervanging van de veestapel. Deze gegevens omtrent vervanging worden afgeleid van de CRV jaarstatistieken en worden geactualiseerd. De jeugdtoeslag wordt per koe berekend voor eerstekalfs- en tweedekalfskoeien en is gebaseerd op 660 VEM per dag in de eerste lactatie en 330 VEM in de tweede lactatie (CVB, 2016). Uitgaande van een vervangingsaandeel van 0.28 bedraagt de totale toeslag: $(660 + 330) \times 365 \times 0,28 = 101$. Hierbij moet worden opgemerkt dat de aanname is dat een koe het volwassen gewicht heeft bereikt bij aanvang van de derde lactatie. Zoals aangegeven in paragraaf 3.1.5. groeien melkkoeien ook na de tweede lactatie en zou er mogelijk een extra VEM-behoefte zijn voor jeugdgroei.

3.5 Correctiefactor op de VEM behoefte

3.5.1 Controle van WUM-systematiek met praktijkdata

De systematiek van de WUM is gecontroleerd met gegevens van praktijkdata van het project Koeien & Kansen (Galama et al., 2001; Galama et al., 2002) (zie hoofdstuk 2). Uit een analyse van de cijfers van "Koeien & Kansen" bleek dat in deze praktijksituaties ongeveer 4% meer voer door het melkvee wordt verbruikt dan in theorie op basis van de VEM-balans (Galama et al., 2001; Galama et al., 2002). Een deel wordt toegeschreven aan voerverliezen (2%) en onjuiste inschatting van de VEM-behoefte of opname. Een onjuiste inschatting (onderschatting) van de VEM-behoefte en/of opname kan worden toeschreven aan een slechtere vertering van voer door zieke dieren, suboptimale voeding, een onjuiste (te hoge) inschatting van de voederwaarde van ruwvoer (Bruinenberg et al., 2002a; Bruinenberg et al., 2002b) of onderschatting van de onderhoudsbehoefte van hoogproductief melkvee (Dong et al., 2015). Recente studies met energiebalans data van melkkoeien gemeten in respiratiecellen laten zien dat de onderhoudsbehoefte van melkkoeien de laatste decennia is toegenomen, maar daar staat tegenover dat de efficiëntie waarmee metaboliseerbare energie wordt gebruikt voor melkproductie ook is toegenomen (Moraes et al., 2015). Verder geeft Amerikaans onderzoek aan dat in de afgelopen decennia, mogelijk door een hogere voeropname, de efficiëntie van de voervertering is afgenomen, maar tegelijkertijd produceren koeien meer melk per eenheid opgenomen hoeveelheid voer (Potts et al., 2017). Dit geeft aan dat door verschillende factoren die een rol spelen bij de energiebehoefte van melkkoeien (bv. hogere onderhoudsbehoefte, lagere verteringsefficiëntie enerzijds, en hogere efficiëntie van de melkproductie) in de loop van de afgelopen decennia zijn veranderd en wellicht geactualiseerd moeten worden. Verder groeien koeien ook na de tweede lactatie nog door (Koenen, 1999; Zom, 2014), ook hier wordt geen rekening mee gehouden bij het vaststellen van de energiebehoefte.

Galama et al. (2002) berekenden de theoretische VEM-behoefte op basis van de vereenvoudigde rekenwijze zonder toeslagen voor jeugdgroei en toeslagen voor dracht (Vee in balans, Hoofdstuk 5, toelichting bij formule F4; Galama et al. 2002). Tevens is geen rekening gehouden met eventuele gewichtsveranderingen van de melkkoeien. Bij de introductie van het VEM-systeem zijn ook validatiestudies uitgevoerd. Echter, de interpretatie van groepsvoederproeven bleek moeilijk vanwege de beperkte precisie en de aannames die moesten worden gedaan ten aanzien van energieaanzet en/of verliezen bij gewichtsverandering van de dieren (Van der Honing and Rijpkema, 1974; Van der Honing et al., 1977).

3.5.2 Alternatieve gegevens voor de correctie op de VEM-balans

Momenteel loopt er bij Wageningen Livestock Research een studie naar de energiebehoefte voor onderhoud melkvee en de efficiëntie waarmee energie wordt omgezet in melk, omdat literatuurgegevens aannemelijk maken dat deze in de huidige berekeningen te laag zijn voor de moderne Nederlandse HF melkkoe. Dit onderzoek maakt gebruik van experimenten die zijn gedaan met melkkoeien in respiratiecellen. Recent is een studie uitgevoerd met droogstaande dieren om te komen tot een betere schatting van de (onderhouds)energiebehoefte van melkkoeien. Het is uitdrukkelijk de bedoeling dat de nieuwste inzichten zullen worden toegepast in de Kringloopwijzer en BEX. De afronding van dit project wordt in het voorjaar van 2020 verwacht.

Voor evaluatie van de aannames en de rekenmethodiek kan worden gebruik gemaakt van gegevens van voederproeven uitgevoerd door Wageningen Livestock Research met volledige en deel-lactaties van melkkoeien. Onderzocht zou moeten worden of gegevens van andere instituten ook beschikbaar zijn. Het voordeel van voederproeven is dat hierbij, behalve de individuele voeropname ook de gewichtsverandering wordt gemeten. Inzicht in de gewichtsverandering, bijvoorbeeld door groei in eerste, tweede en eventueel latere lactaties. Alleen een correctie toepassen op de VEM-behoefte kan resulteren in een onderschatting van de N en P aanzet.

3.6 Bronnen en invoerdata rantsoensamenstelling

De berekening van het voerverbruik verschilt wezenlijk tussen de WUM-systematiek en de BEX-systematiek (RVO, 2018). Bij de BEX systematiek worden gegevens over krachtvoeraankopen en krachtvoersamenstelling en partijmetingen van ruwvoer (samenstelling en hoeveelheid) door geaccrediteerde laboratoria gebruikt en wordt bedrijfsspecifiek de rantsoensamenstelling en de opname van voer, N en P berekend. Hierdoor kan met een relatief grote nauwkeurigheid het voerverbruik worden bepaald.

Op basis van de WUM-systematiek wordt voor berekening van de landelijke excretie van N en P een schatting gemaakt van de voerproductie op landelijk niveau op basis van diverse verschillende bronnen en het combineren van verschillende informatie bronnen (zie paragraaf 2.2.3.2 t/m 2.2.3.6). Hiervoor worden een aantal aannames gedaan die cruciaal zijn voor de berekening van het voerverbruik.

3.6.1 VEM waarde, N en P van ruwvoerders

Voor de landelijke excretie worden gemiddelde cijfers van gehalten aan VEM, N en P gebruikt van graskuil, weidegras en snijmaïs. In het geval van graskuil zijn dit de rekenkundige gemiddelden van de VEM, N en P waarden van voorjaarskuilen, zomerkuilen en herfstkuilen. Bij weidegras zijn dit de gemiddelde waarden van grasmonsters die worden ingestuurd naar Eurofins. Het nadeel van het gebruik van rekenkundige gemiddelden is dat er geen rekening wordt gehouden met verschillen in groei en productievolume. Op basis van de meerjarige gemiddelden van Eurofins bevat voorjaarskuil, zomer- en herfstkuil respectievelijk 29.9 g N/kVEM, 27.9 g N/kVEM en 33.8 g N/kVEM. Het P-gehalte in voorjaarskuil, zomer- en herfstkuil bedraagt respectievelijk 4.3 g P/kVEM, 4.3 g P/kVEM en 4.7 g P/kVEM. De grasproductie is het grootst in het voorjaar (www.handboekmelkveehouderij.nl) met ook de hoogste VEM-gehalten, de grasproductie neemt af naar het einde van het seizoen. Het relatieve aandeel zomer en herfstkuilen is geringer dan voorjaarskuilen. Door te rekenen met de rekenkundige gemiddelden wordt waarschijnlijk het N- en P-gehalte per kVEM, en daarmee ook de N en P opname overschat.

Ten aanzien van weidegras bestaat hetzelfde probleem. Bovendien worden alle niet-geconserveerde grasmonsters door Eurofins gedefinieerd als "vers gras". Dit kan alle soorten gras betreffen, ook gras dat niet bestemd is als weidegras.

Bij snijmaïs is het geschetste probleem niet aanwezig omdat snijmaïs in één keer wordt geoogst. Wat wel een probleem kan zijn is dat bijvoorbeeld partijen verdroogde snijmaïs (lage voederwaarde en lage opbrengst) even zwaar meetellen in het gemiddelde als goede snijmaïs (hoge voederwaarde en hoge opbrengst).

3.6.2 Vervoederingsverliezen

Op basis van de WUM (2010) systematiek, die de basis vormt voor de huidige excretieforfaits (Groenestein et al., 2015; CBS, 2018) wordt bij het voerverbruik rekening gehouden met vervoederingsverliezen. Over de hoogte van de vervoederingsverliezen zijn aannames gedaan (WUM, 1994; WUM, 2010). Deze aannames komen overeen met getallen genoemd in het Handboek Melkveehouderij. Bij deze getallen in het handboek is geen nadere onderbouwing of referentie gegeven. Ook het Handboek KWIN (editie 2018/2019) vermeldt getallen voor vervoederingsverliezen; deze komen ten dele overeen met de verliezen genoemd in Handboek Melkveehouderij (online versie, 2019) en de publicatie van CBS (2018).

Van Schooten et al. (2017) geven aan dat de vervoederingsverliezen in de praktijk sterk kunnen variëren afhankelijk van het management. Dit zijn de voerverliezen die optreden bij uithalen, voeren, morsen en voerweigeren als gevolg van broei en schimmelvorming. Er wordt aangenomen dat de voerverliezen bij de mest terecht komen. De vervoederingsverliezen bij krachtvoer, bijproducten en geconserveerd ruwvoer worden daarom opgeteld bij de voeropname en toegerekend aan de dierexcretie. Veldverliezen bij maaien, schudden, harken en oogst, alsmede de beweidingsverliezen worden niet toegerekend aan dierexcretie. In de WUM-systematiek is niet aangegeven waarom vervoederingsverliezen bij het zelfgeteelde ruwvoer worden toegerekend aan de dierexcretie en daarmee op een andere wijze wordt omgegaan dan veld- en beweidingsverliezen.

3.6.3 Alternatieve gegevens voor voerproductie en samenstelling

Veehouders die melk leveren aan de grootste zuivelverwerkers in Nederland zijn verplicht om de kringloopwijzer in te vullen. In de kringloopwijzer is de BEX opgenomen. Veehouders moeten daarvoor het voerverbruik van ruwvoer, krachtvoer en overige voeders op basis van beginvoorraad, oogst, aankoop, verkoop en eindvoorraad invullen alsmede de VEM, N- en P-gehalten van alle voerpartijen. De kringloopwijzergegevens kunnen als alternatief dienen voor huidige schattingen van de landelijk geproduceerde volumes ruwvoer. Omdat de invoer is gebaseerd op partijmetingen, kan een gewogen gemiddelde VEM waarde en gewogen gemiddelde N- en P-gehalten in ruwvoer worden berekend. Via de BEX wordt eveneens de opname van vers gras ingeschat. Omdat ook het krachtvoerconsumptie inclusief samenstelling (VEM, N en P) geregistreerd wordt, dient dit als invoer voor de schatting van de verteerbaarheid van ruw eiwit (voor het berekenen van de TAN excretie).

Alternatieve gegevens voor de voederwaarde van weidegras kunnen worden ontleend aan het grasmeeetnet (www.veeteelt.nl/gras) met wekelijkse updates van de samenstelling van weidegras. Wekelijks worden door het grasmeeetnet de gemiddelde kwaliteit van weidegras en de groei van weidegras vermeld. Het voordeel van deze metingen is dat deze worden uitgevoerd bij een weidesnede en gedurende het hele weideseizoen. Deze gegevens kunnen worden gecombineerd met de grasgroedata (AmazingGrazing) die worden verzameld door Wageningen Livestock Research. Dit geeft de mogelijkheid om een gewogen gemiddelde voederwaarde van weidegras over een groeiseizoen te berekenen (persoonlijke mededeling, Wageningen Livestock Research, 2019). Verder zijn er initiatieven bij het bedrijfsleven met betrekking tot de voederwaardebepaling van vers gras. Bijvoorbeeld Limagrain Nederland B.V. stelt voor veehouders NIRS apparatuur beschikbaar om snel in vers materiaal de voederwaarde te bepalen. Wellicht kunnen deze data ook worden benut om tot een betere schatting te komen van de voederwaarde van weidegras. Voor de hierboven genoemde opties is niet bekend in welke mate een meerjarige beschikbaarheid, ook in de komende jaren, geborgd is.

3.7 Bronnen en invoerdata N en P vastlegging

3.7.1 Vastlegging van N en P in melk

Melkproductie heeft het grootste aandeel in de vastlegging van N en P in dierlijk product. De vastlegging van N en P wordt bepaald door het melkvolume en de concentratie N en P in melk. In paragraaf 3.3 is al uitgebreid ingegaan op de bepaling van het melkvolume. Daarbij is geconstateerd dat de huidige wijze van bepaling van het geproduceerde melkvolume het meest accuraat is. Het N

gehalte in melk is afgeleid van het eiwitgehalte (eiwitgehalte/6.38). Voor het P-gehalte in melk worden vaste standaardwaarden gebruikt, die op basis van onderzoek worden herzien.

3.7.2 Vastlegging van N en P in lichaamsweefsels

Onder de vastlegging van N en P in lichaamsweefsels wordt verstaan de vastlegging bij groei en de vastlegging bij dracht. Hierbij zijn een aantal factoren belangrijk namelijk de gehalten aan N en P in weefsels, het LLG, het LG en het geboortegewicht en de verandering van LLG en LG.

3.7.2.1 Vastlegging van N en P bij groei van melkkoeien

De gewichtstoename (groei) van eerste- en tweede-kalfskoeien wordt afgeleid van de (afkalf)gewichten die zijn gepubliceerd door Van den Top et al. (2000). Zoals eerder is opgemerkt in paragraaf 3.1 is het daarbij de aanname dat melkkoeien na de tweede lactatie niet groeien. De hoeveelheid N per kg lichaamsgewicht (LG) van melkkoeien is afgeleid door (Tamminga et al., 2000) gebaseerd op twee slachtproeven in Groot-Brittannië (Gibb et al., 1992) en de Verenigde Staten (Andrew et al., 1994). Vervolgens is op basis van een regressieformule (ARC, 1980) een omrekening gemaakt naar een N gehalte per kilogram LG (Tamminga et al., 2000). De formule van het ARC (1980) is als volgt $LG = (LLG + a) \times 1.09$. De factor a in de formule, wordt vastgesteld op basis van initiële vulling van het maagdarmkanaal (g/kg LLG), bij een levend gewicht van 75 kg. Welke a-factor is gebruikt is niet gedefinieerd.

De gehanteerde waarde van de hoeveelheid P (g/kg LG) wordt in WUM (2010) toegeschreven aan Van der Hoek (1987). Echter, deze auteur verwijst naar een fosfaatgehalte per kg leeg lichaamsgewicht (LLG) vermeld in een publicatie van Jongbloed et al. (1985). Echter, in deze onderliggende publicatie worden alleen totale hoeveelheden N en P bij verschillend LLG gegeven in een tabel zonder referenties of andere bronvermelding (Tabel 1, Jongbloed et al., 1985). In de literatuurlijst van Jongbloed et al. (1985) wordt wel gerefereerd naar ARC (1980). De door ARC (1980) gepubliceerde gegevens van het P-gehalte in runderen (Tabel 1.25, ARC, 1980) zijn afkomstig uit experimenten uitgevoerd in de periode 1922-1974 met diverse rassen (Beef Shorthorn, Hereford, Friesian, Holstein-Friesian, German Black Pied; Appendix Tabel 1.6, ARC 1980).

Door Van der Hoek (1987) wordt een omrekening gemaakt van gram fosfaat per kg LLG naar g P per kg LG. Hiervoor wordt een omrekeningsfactor van 0.9 gebruikt ($LG = LLG / 0.9$). Voor omrekening van LLG naar LG wordt voor berekenen van g N/kg LG is door Tamminga et al. (2000) een andere regressieformule gebruikt (ARC, 1980) dan voor het berekenen van de hoeveelheid g P/kg LG.

3.7.2.2 Vastlegging van N en P in de dracht

Bij geboorte wordt een waarde gehanteerd van 29.44 g N/kg LG, bij een lichaamsgewicht van het kalf van 44 kg. Op basis van laatste WUM rapportage (2010) is deze waarde afkomstig van Coppoolse et al. (1990) die een waarde van 184 g RE/kg LG hanteert. Echter, Coppoolse et al. (1990) citeren Jongbloed et al. (1985). In Jongbloed et al. (1985) wordt een tabel gepresenteerd met een totale hoeveelheid N in een nuchter kalf van 1180 g bij 40 kg LLG, hetgeen overeenkomt met 29,5 g N/kg LLG. Men mag er vanuit gaan dat het LLG en LG bij nuchtere kalveren gelijk is.

Bij geboorte wordt een waarde gehanteerd van 8 g P/kg LG; deze waarde wordt toegeschreven aan Van der Hoek (1987) maar is net als het P-gehalte in weefsel van melkkoeien afkomstig van Jongbloed et al. (1985). Jongbloed et al. (1985) geven voor nuchtere kalveren een waarde van 320 g P/40 kg LLG, hetgeen overeenkomt met 8 g N/kg LLG.

3.7.3 Alternatieve bronnen m.b.t. de vastlegging van N en P

3.7.3.1 P-gehalte van melk

Recente technologische ontwikkelingen hebben het mogelijk gemaakt dat sinds januari 2019 het P-gehalte in tankmelk routinematig wordt bepaald. De meetmethode gebruikt de IPC-MS als referentie om het fosforgehalte in grote aantallen melkmonsters te kunnen bepalen op het routinelab van Qlip (Van den Brink, 2017). Sinds 2019 rapporteren alle bij NZO aangesloten zuivelverwerkers over de fosforgehaltes van elke keer dat tankmelk is afgeleverd.

In de toekomst kan de excretie van P eenvoudig worden berekend op basis van melkvolume en de concentratie van P in melk, vergelijkbaar met de excretie van N in melk.

De excretieforfaits van N en P worden bepaald op basis van de berekende excreties gedurende de afgelopen 5 jaar (exclusief de hoogste en laagste waarde). Onderzoek van Klop et al. (2014) laat zien dat er significante relaties bestaan tussen melkeiwit, lactose en P-gehalte, en dat het mogelijk is om het P-gehalte te voorspellen op basis van het eiwit- en lactosegehalte. Echter, op basis van de relatief kleine dataset bleek dat er nog een grote restvariatie bestaat. Wellicht is het mogelijk om op basis van de gemiddelde tankmelk gehalten van eiwit, lactose en P, nieuwe regressie formules af te leiden. Op basis van deze gegevens zou, ten behoeve van het vaststellen van de excretieforfaits, met terugwerkende kracht het P-gehalte in melk te berekenen zijn voor de voorbije jaren.

3.7.3.2 N gehalte in het weefsel van melkkoeien

Slachtproeven met als doel de lichaamssamenstelling te bepalen zijn duur en tijdrovend. Het ligt daarom voor de hand om gegevens te verzamelen op basis van literatuurgegevens. Echter, er is maar een zeer beperkt aantal studies gepubliceerd waarbij de samenstelling (ruw eiwit, vet, as, water, bruto energie, LLG) van het totale dier en het karkas bij runderen is bepaald. Bovendien is het aantal dieren relatief klein. Voor de huidige excretieforfaits zijn data gebruikt van Gibb et al. (1992) (54 ouderekalfs melkkoeien) en Andrew et al. (1994) (24 ouderekalfs melkkoeien) als waarden voor het N-gehalte in het LLG. Sindsdien zijn alleen de slachtexperimenten met hoog productieve HF melkkoeien Agnew et al. (2005) en van Yan et al. (2009a, 2009b) gepubliceerd.

De studie van Agnew et al. (2005) is uitgevoerd met 104 melkkoeien (waarvan 39 eerste en 32 tweede-kalfskoeien); de studie van Yan et al. (2009a, 2009b) is uitgevoerd met 146 melkkoeien (waarvan 47 eerste en 47 tweede-kalfskoeien). Beide studies zijn uitgevoerd met klinisch gezonde dieren die moesten worden geslacht in het kader van een uitroeiprogramma van een dierziekte (Brucellose).

De genoemde literatuurdata van slachtproeven kunnen dienen als alternatieve én aanvullende gegevens op de huidige instellingswaarde met betrekking tot het N-gehalte in weefsel van melkkoeien. Deze studies geven aan dat de hoeveelheid eiwit en N in het LLG accuraat kan worden voorspeld op basis van exterieurkenmerken (Yan et al., 2009a) en LG (Gibb and Ivings, 1993; Agnew et al., 2005; Yan et al., 2009b) en LG, BCS en lactatiestadium (Yan et al., 2009b). Deze regressieformules kunnen worden toegepast om de lichaamssamenstelling van melkkoeien te schatten.

3.7.3.3 P-gehalte in het weefsel van melkkoeien

De herkomst van de huidige waarden voor het P-gehalte in weefsels van melkkoeien is onduidelijk. Sinds 2005 worden in Nederland nieuwe P behoeftenormen gehanteerd (COMV, 2005), waarbij ook normen voor de P voorziening voor groei zijn opgenomen (vastlegging van P in weefsels). Met als invoerdata het verwacht volwassen gewicht (VLG) en het actuele LG kan de P behoefte worden berekend (COMV, 2005). Dezelfde normen worden ook gehanteerd in andere voederwaarderingssystemen (AFRC, 1993; NRC, 2001; Volden, 2011).

3.7.3.4 Leeg lichaamsgewicht LLG

Tammaing et al. (2000) hebben, uitgaande van de cijfers voor melkkoeien (Gibb et al., 1991; Andrew et al., 1994), het N-gehalte per kg LG bij pinken en eerste kalfskoeien berekend op basis van relaties tussen LG en LLG beschreven door ARC (1980). Alternatieve regressieformules voor het berekenen van het LLG, kunnen worden gevonden in verschillende recentere studies (Jarrige, 1989; Gibb and Ivings, 1993; NRC, 2001; Agnew et al., 2005; Yan et al., 2009a; Yan et al., 2009b).

4 Berekening N- en P-excretie

In dit hoofdstuk wordt het uitwerken van de N- en P-balans beschreven en zo mogelijk worden belangrijke elementen van deze balans gekwantificeerd. In paragraaf 4.1 wordt ingegaan op de voeropname en de voedermiddelen in een melkveerantsoen met de bijbehorende gehalten aan N en P. In paragraaf 4.2 wordt de vastlegging van N en P weergegeven en in paragraaf 4.3 de N- en P-excretie. Paragraaf 4.4 schetst enkele trends die in de komende jaren de N en P excretie kunnen beïnvloeden.

4.1 Voeropname en gehalten

De voeropname wordt berekend op basis het vastgestelde verbruik van krachtvoer (mengvoer, enkelvoudig vervoederde krachtvoedergrondstoffen en vochtrijk krachtvoer), geconserveerd ruwvoer (snijmaïskuil en graslandproducten), vermeerderd met een ingeschatte opname van vers weidegras op basis van de VEM-behoefte van de melkveestapel (zie hoofdstuk 2). In tabel 1, zijn de verbruikte hoeveelheden en de N en P gehalten in het ruwvoer weergegeven (CBS, 2018).

Tabel 1 Hoeveelheden en gehalten ruwvoerproducten 2017 voor melkvee; bron: CBS, 2018

Ruwvoerproduct	Kton ds	Stikstof (g N/kg DS)	Fosfor (g P/kg DS)
Graskuil, incl. hooi*	2.691		
Stalperiode, normaal bemest		27,9	3,9
Weideperiode, norm. bemest		26,9	3,9
Stalperiode, laag bemest		25,1	3,7
Weidegras	1.006		
Normaal bemest		31,2	4,1
Laag bemest		25,0	3,6
Snijmaïskuil	1.401		
Stalperiode		10,9	2,0
Weideperiode		10,7	2,1

Vanaf 2004 zijn voerverbruik en voersamenstelling gebaseerd op kalenderjaren. Bij de berekening van de excretie wordt de samenstelling van het ruwvoer gebruikt van het jaar waarin het ruwvoer is geoogst. Er wordt daarbij van uitgegaan dat in de stalperiode van half oktober tot en met 31 december ruwvoer gebruikt wordt dat in datzelfde jaar is geoogst. Voor de samenstelling wordt dus een weging toegepast op basis van het aantal dagen. Het kuilvoer in de stalperiode bestaat dus voor ca. 120 dagen (jan-apr) uit voer van jaar t-1 en voor ca. 80 dagen uit voer van jaar t (CBS, 2018). De CBS-cijfers melden de geschatte netto volumes ruwvoer, dus alle voeders die met het rantsoen worden opgenomen. De verliezen tijdens de oogst, zoals maai-, veldverliezen en conserveringsverliezen zijn in deze volumes verdisconteerd. De voederverliezen bij het uitkuilen, het transport naar de stal en de resten in de voergoot zijn verliezen die niet opgenomen zijn door het dier en daardoor qua volumes en gehalten tot de methoeveelheid gerekend worden. Voor droog krachtvoer (mengvoer, enkelvoudig vervoederde krachtvoedergrondstoffen), geconserveerd ruwvoer, en vochtrijke krachtvoerders wordt gerekend met standaard vervoederingsverliezen van respectievelijk 2%, 5% en 3%. Deze percentages zijn ook vermeld in het Handboek Melkveehouderij (www.handboekmelkveehouderij.nl). In het Handboek KWIN (KWIN, 2018/2019) zijn ten dele dezelfde verliespercentages opgenomen: voor droog krachtvoer, geconserveerd ruwvoer, en vochtrijke krachtvoerders respectievelijk 2%, 3% en 3%.

Het krachtvoer is in de publicaties van CBS (2017, 2018) weergegeven in drie soorten: vochtrijk krachtvoer, eiwitarm krachtvoer en eiwitrijk krachtvoer (tabel 2). Voerleveranciers zijn volgens de meststoffenwet verplicht jaarlijks een opgave te verstrekken van geleverde rundveevoeders (de

zogenaamde voerjaaroverzichten) aan Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) (Van Bruggen, 2019). De afzet van vochtrijke krachtvoerders is verkregen uit de administratie van de Overleggroep Producenten Natte Veevoerders (OPNV).

Tabel 2 *Krachtvoerverbruik en krachtvoergehalten N en P van melkvee in Nederland (kg/dier/jaar); bron: CBS, 2017; CBS, 2018.*

	Verbruik		Gehalten in 2016		
	2016	2017	N ¹	P	(P/re)*100% ²
Vochtrijk krachtvoer (ds)	307	303	25.6	3.6	2.25%
Eiwitarm krachtvoer (90% ds)	1048	881	26.7	3.6	2.22%
Eiwitrijk krachtvoer (90% ds)	942	1218	34.3	4.7	2.20%
SOM	2297	2402			

¹ Re =ruw eiwitgehalte = N*6.25. ² Maximale limiet (P/re)*100% is 2.3% sinds 1 juli 2015

Tussenjaar verschillen

Het hogere krachtvoerverbruik (ruim 4%) in 2017 ten opzichte van 2016 is het gevolg van een hogere melkproductie in 2017 van ca. 346 kg/melkkoe/jaar (CBS,2017; CBS, 2018; WUM, 2010). De melkproductiecijfers zijn gebaseerd op WUM (2010). Het krachtvoerverbruik van tabel 2 komt goed overeen met het krachtvoerverbruik in 2016 en 2017 van respectievelijk 2406 en 2637 kg/melkkoe/jaar op melkveebedrijven die klant zijn van één van de vier VLB-bedrijven (Vereniging Accountants en Belastingadviseurs) (Jacobsen, 2018).

In de overeenkomst 'Verbeteren mineralenefficiency op melkveebedrijven' zijn eisen gesteld aan het fosforgehalte van mengvoerders voor melkvee (CBS, 2017). Sinds 1 juli 2015 is het verplicht dat elk individueel mengvoerbedrijf een gemiddeld maximaal bruto fosforgehalte in melkveemengvoer handhaaft van 4,3 gram per kilogram mengvoer (was 4,5 g/kg) of een gemiddelde maximum percentage P/ruw eiwit in melkveemengvoer van 2,3% (CBS, 2017). Vanaf 2017 is laatstgenoemd percentage verlaagd naar 2,2%. Daarnaast moeten alle betrokken Nevedi-leden garanderen dat de geleverde mengveevoeders voor melkvee maximaal 4,3 gram per kilogram bevatten (CBS, 2018). De hoeveelheden ruwvoer en krachtvoer en de gegeven gehalten voor het jaar 2017 (tabellen 1 en 2) leveren voor melkvee een netto opname op van 13,4 kg droge stof/dier/dag (met aftrek van beweidings- conserverings- en broeiverliezen, en 5% voederverliezen voor kuilvoer) uit ruwvoer en 5,6 kg ds/dier/dag uit krachtvoer (met aftrek van voederverliezen van 3% voor vochtrijk krachtvoer en 2% voor het restkrachtvoer).

4.1.1 Opname N- en P uit voer

De opname van N en P uit ruw- en krachtvoer (kg/melkkoe/dag) is vermeld in de eerste 2 kolommen van tabel 3. Uitgaande van 1.745.000 in 2016 en 1.672.000 melkkoeien in 2017 in Nederland (CBS, 2018) resulteert dit in een totale opname voor de melkkoeien in Nederland (de kolommen 3 en 4 van tabel 3).

Tabel 3 *N- en P-opname per melkkoe en voor alle melkkoeien in Nederland (bron: CBS, 2018)*

mineralen	Opname (kg/dier/jaar)		Opname (kton/jaar in NL)		
	jaar	2016	2017	2016	2017
N		177.6	193.9	309.9	324.2
P		25.9	27.4	45.2	45.8
P ₂ O ₅ *		59.4	63.0	103.6	105.3

* P₂O₅ = 2,29 *P

Tussenjaarverschillen

De rantsoenen van 2016 en 2017 verschillen in hoeveelheid voedermiddel per melkkoe/jaar en ook in samenstelling van ruwvoer en krachtvoer van het jaar 2016. In 2017 was het ruwvoerverbruik per melkkoe 200 kg ds/jaar hoger en het krachtvoerverbruik 109 kg hoger dan in 2016. Van het ruwvoer werd in 2017 72,5% vers gras en graskuil gevoerd en 27,5% snijmaiskuil, terwijl in 2016 de percentages voor deze voersoorten 66,3% en 33,7% waren. De hoeveelheid natte bijproducten was

voor beide jaren ongeveer gelijk (305 kg/melkkoe/jaar), maar er werd per koe per jaar in 2017 276 kg meer eiwitrijk krachtvoer en 167 kg minder eiwitarm krachtvoer verbruikt.

Het hogere verbruik van ruwvoer en krachtvoer in 2017 kan verklaard worden door de hogere melkproductie in 2017 ten opzichte van 2016, namelijk 8674 kg melk/koe/jaar (Van Bruggen, 2017) ten opzichte van 8328 kg melk/koe/jaar (Van Bruggen, 2016), en de hogere voeropname, respectievelijk 7290 kg ds/koe/jaar en 6994 kg ds/koe/jaar.

Het hogere verbruik van eiwitrijk krachtvoer (276 kg ds/koe/jaar), vers gras (305 kg ds/koe/jaar) en graskuil (146 kg ds/koe/jaar) in 2017 t.o.v. 2016 heeft tot gevolg dat het melkvee meer N en P opneemt. Het aantal melkkoeien was in 2016 en 2017 respectievelijk 1.745.000 en 1.672.000. Hiermee is te berekenen dat ondanks het hogere aantal melkkoeien in 2016 (+ 73.000), de N-opname vanuit het voer van alle melkkoeien in Nederland in 2016 15,5 kton N lager is dan in 2017. De P-opname vanuit het voer was in 2016 0,75 kton P (= 1,7 ton fosfaat) lager dan in 2017. Wanneer het aantal melkkoeien in 2016 gelijk zou zijn aan het aantal melkkoeien in 2017, zou het verschil op nationaal niveau nog groter zijn geweest, namelijk 28,4 kton N en 2,64 kton P (= 6,0 kton fosfaat) lager in 2016 dan in 2017.

4.1.2 Factoren van invloed op de berekende N- en P-voeropname

In deze studie wordt niet gefocust op de gehele Nederlandse melkveestapel, maar alleen op melkkoeien (categorie 100). Het gaat niet over individuele koeien of koeien op bedrijfsniveau, maar over de gemiddelde Nederlandse melkkoe. Voor het vaststellen van de N- en P-opname van de gemiddelde Nederlandse melkkoe zijn de volgende factoren van invloed: diercategorie (eerste- en tweede-kalfskoeien of volwassen koe), diertype of ras (b.v. Holstein of Jersey), melkproductie in kg per koe per jaar, rantsoensamenstelling en lichaamsgewicht. Daarnaast hebben ook de N- en P-gehalten in de voedermiddelen, het weer en de groeiomstandigheden effect op de voeropname. Tot slot zijn de dieraantallen bepalend voor de excretie van de gehele Nederlandse melkkoeienstapel. De genoemde factoren worden hierna afzonderlijk besproken.

Melkproductie

De N- en P-opname van de gemiddelde Nederlandse melkkoe is afhankelijk van de VEM-behoefte per dier en van de N/VEM- en P/VEM-verhouding in het rantsoen. Elk voedermiddel vertegenwoordigt een bepaalde VEM-, N- en P- per kg ds, waardoor de N- en P-gehalten ook per VEM zijn uit te drukken. De N en P-opnames worden berekend door per voedermiddel de VEM-opname te vermenigvuldigen met de N/VEM- en P/VEM-verhouding en vervolgens te sommeren voor het hele rantsoen. De VEM-opname uit het rantsoen wordt berekend als de VEM-behoefte x 1,02 (zie paragraaf 2.2.2.6) en de VEM-behoefte is afhankelijk van het lichaamsgewicht (kg) en de melkproductie (kg/dag).

Bij een hogere VEM-behoefte zijn bij hetzelfde rantsoen ook de N- en P-opnames hoger. De VEM-behoefte per melkkoe neemt toe door de jaarlijks toenemende melkproductie per koe. Per 1.000 kg meer melk per koe wordt uitgegaan van 2,9 kg hogere fosfaatopname en 5 kg hogere N-opname per melkkoe per jaar (CDM-advies, 2019, pag. 5).

Lichaamsgewicht

Vanaf 1 april 2018 wordt uitgegaan van 650 kg lichaamsgewicht per volwassen melkkoe (RVO, 2018; CBS, 2019), waarbij een 3^e kalfskoe als een volwassen melkkoe is gedefinieerd. Verhoging van het lichaamsgewicht van een melkkoe van 600 naar 650 kg heeft gevolgen voor de N- en P-excretie. Het verschil van 50 kg geeft per jaar een extra behoefte aan onderhoud van 135 kVEM (Tamminga et al., 2004). Dit komt overeen met 3,89 kg N en 0,55 kg P¹ per koe per jaar geassocieerd met de berekende hogere voeropname als gevolg van de extra berekende VEM behoefte voor onderhoud. Bij het berekenen van de excretie van de nationale melkveestapel (melkkoeien plus bijbehorend jongvee) geeft een hoger volwassen gewicht van koe ook een wat hoger gewicht voor het jongvee en

¹ De gemiddelde Nederlandse melkkoe neemt in het rantsoen van 2017 26,52 g N/kg ds op (CBS, 2018; bewerkt). Wanneer uitgegaan wordt van 920 VEM/kg ds, is het N-gehalte van het rantsoen met 1000 VEM: $(108/(108-0.08 \times 108)) \times 26,52$ g N = 28,83 g N.

Een hoger lichaamsgewicht van 50 kg per melkkoe resulteert ook in een hogere P-excretie. Zoals eerder vermeld vraagt deze melkkoe 135 kVEM extra voor onderhoud. De gemiddelde Nederlandse melkkoe neemt in het rantsoen van 2007 3,77 g P/kg ds op (CBS, 2018; bewerkt). Bij 920 VEM/kg ds is het P-gehalte in een rantsoen met 1000 VEM: $(108/108-0.08 \times 108) \times 3,77$ g P = 4,10 g P, hetgeen overeenkomt met 0,55 kg P die nodig is voor onderhoud bij een 50 kg hoger lichaamsgewicht

dus ook voor het jongvee een hogere VEM-behoefte. Dit geldt voor zowel onderhoud als groei en komt overeen met 2,26 kg N en 0,71 kg P² dat extra nodig is voor onderhoud van jongvee bij een 50 kg hoger volwassen lichaamsgewicht.

Gesommeerd voor koeien en jongvee betekent dit dat per melkkoe plus bijbehorend jongvee per jaar 6,15 kg N en 1,26 kg P vanuit de voeropname extra nodig is voor 50 kg hoger lichaamsgewicht. Voor het gehele Nederlandse melkvee (categorie 100, 101 en 102) betekent dit een verhoging van de stikstofopname van 10,3 kton N (= 10,3 miljoen kg N) en van de fosforopname van 2,1 kton P (= 2,1 miljoen kg P) ofwel 4,84 miljoen kg fosfaat.

Rantsoensamenstelling en gehalten in de voedermiddelen van het rantsoen

Voor de voeropname bij melkvee worden de voedermiddelen van het rantsoen in de volgende categorieën ondergebracht: vers gras, graskuil, snijmaïskuil, natte bijproducten, eiwitarm krachtvoer en eiwitrijk krachtvoer. De samenstelling van die categorieën voedermiddelen (VEM-, N- en P-gehalte per kg DS) wordt per jaar vastgesteld en kan tussen jaren verschillen. In paragraaf 4.2 is berekend dat van twee opeenvolgende jaren (2016 en 2017) en bij aannahme van een gelijk aantal melkkoeien er 27,9 kton N en 2,7 kton fosfaat meer aan mineralen wordt opgenomen met dit rantsoen.

Weer en groeiomstandigheden

Het groeiseizoen kan effect hebben op het N- en P-gehalte in het ruwvoer, vooral vooral voor vers gras en graskuilen. Tijdens droogte is het mogelijk dat een gewas minder goed groeit, wat niet alleen gevolgen heeft voor de VEM-, N- en P-gehalten in het gewas en de verhouding N/VEM en P/VEM, maar ook voor het totale volume van het te oogsten gewas. Veehouders zijn dan genoodzaakt andere voedermiddelen te voeren, bijvoorbeeld graskuilen met hogere eiwitgehalten die wel beschikbaar zijn of in voorraad opgeslagen zijn. Uit CBS-statistieken wordt het verbruik aan graskuil en hooi berekend uit de oogst en voorraadmutaties. Bij snijmaïs wordt ervan uitgegaan dat de oogst in 2016 is verbruikt in 2017. Hierbij is het van belang op te merken dat op basis van de WUM-systematiek geen voorraadmutaties van snijmaïs worden bijgehouden (CBS, 2018). Lage snijmaïs opbrengsten leiden tot een lager snijmaïs aandeel in het gemiddelde rantsoen.

Eiwitgehalte in melk

Een hoger eiwitgehalte in de melk kan aantrekkelijk zijn, omdat het in financieel opzicht beter gewaardeerd wordt. Het verhogen van het eiwitgehalte in het voer heeft geen hoger eiwitgehalte in de melk tot gevolg. Het streven om melk met een hoger eiwitgehalte te produceren kan enerzijds gerealiseerd worden door de focus te richten op het fokken van koeien met een hoger eiwitgehalte, anderzijds kan met voermanagement, bijvoorbeeld een hogere energiedichtheid in het voer, ook een hoger melkeiwitgehalte worden verkregen (Tamminga et al., 2004). Het verhogen van het melkeiwitgehalte bij eenzelfde hoeveelheid melk en een gelijke eiwitopname (bijvoorbeeld 7000 kg/melkkoe/jaar) verlaagt de forfaitaire N-excretie (Tamminga et al., 2004).

Voeren onder of boven eiwitnorm

Bij het voeren van melkkoeien op nationaal niveau wordt ervan uitgegaan dat de dieren op de norm gevoerd worden, waarbij afhankelijk van het lichaamsgewicht een bepaald VEM-niveau hoort. Het is bekend wat het N- en P-gehalte per VEM is, zodat in combinatie met de vastgestelde voeropname berekend kan worden wat de opgenomen hoeveelheden N en P voor melkkoeien (categorie 100) in Nederland per jaar zijn. Bij voeren onder of boven de eiwitnorm is deze benadering niet correct. Deze situaties liggen echter buiten de scope van dit project.

² Wanneer uitgegaan wordt van dezelfde behoefte voor onderhoud per kg metabolisch gewicht en eenzelfde groeipatroon zou dat een verschil opleveren van ongeveer 8,33% (= $50/600 \cdot 100\%$) per 50 kg verschil in volwassen gewicht (Tamminga et al., 2004). Verdere uitgangspunten zijn een vervangingspercentage van 28% (RVO, 2018). Uitgegaan is daarom van 0,3 kalf (jonger dan 1 jaar) per jaar en 0,26 pink (ouder dan 1 jaar) per jaar (RVO, 2018) met excreties van respectievelijk 32,3 kg N/jaar en 66,9 N/jaar (Mestbeleid, 2018). Hieruit is te berekenen dat 0,81 kg N/kalf en 1,45 kg N/pink uit extra voeropname nodig zijn.

Naar analogie van de berekeningen bij extra N voor het jongvee is te berekenen dat 0,24 kg P/kalf en 0,47 kg P/pink uit extra voeropname nodig zijn.

De opslagen hoeveelheden van graskuil en snijmaiskuil en hooi zijn als uitgangspunt genomen voor het schatten van de volumes van deze ruwvoersoorten. De voederverliezen die zijn opgetreden voorafgaand aan het opslaan zoals bijvoorbeeld bij de voederwinning van gras - maaien, schudden, harken en oprapen van voorgedroogd gras of hooi -, worden niet meegerekend bij het bepalen van de stikstof- en fosfaatexcretie. Voederverliezen die optreden bij het uithalen van de kuil, het transport naar de stal en als gevolg van voerresten in de stal worden wel meegenomen bij het bepalen van de stikstof- en fosfaatexcretie (WUM, 2010).

4.2 Vastlegging N- en P

Vastlegging van N- en P gebeurt in het dier zelf (jeugdgroei en dracht) en in de geproduceerde melk. De opname aan mineralen zoals N en P is grotendeels een afgeleide van de opname aan VEM.

Vastlegging in het dier

N-vastlegging jeugdgroei en dracht

De jeugdgroei van de veestapel is als volgt berekend voor het jaar 2017. Een vaars van 540 kg (ca. 2 jaar oud, CBS, 2018) groeit gedurende twee jaar tot een volwassen koe van 650 kg (CBS, 2018). Bij een vervangingspercentage van 28% (RVO, 2018), is voor een vaars berekend dat uitgaand van een groei 55 kg/jaar (RVO, 2018) en 23,1 g N/kg groei (CBS, 2018) 356 g N per jaar aan jeugdgroei wordt vastgelegd. Een 2e kalfskoe realiseert in één jaar dezelfde groei van 55 kg (RVO, 2018), waarbij uitgegaan is van hetzelfde vervangingspercentage (28%), 55 kg groei/jaar (RVO, 2018) en 23,1 g N/kg groei (CBS, 2018). Dit betekent dat in totaal 712 g N/melkkoe/jaar aan jeugdgroei wordt vastgelegd. Naar analogie van de berekeningen van 2017 is voor 2016 berekend dat in totaal 628 g N/melkkoe/jaar aan jeugdgroei wordt vastgelegd (CBS, 2017). Hierbij is, anders dan in 2017, uitgegaan van lichaamsgewichten van 525 kg van een vaars en 600 kg van een volwassen 3e kalfskoe (CBS, 2018) en een vervangingspercentage van 36,25% (RVO, 2018).

Drachtige melkkoeien leggen N vast door groei van het ongebooren kalf. Bij een gewicht van een pasgeboren kalf van 44 kg en 29,4 g N/kg groei (CBS, 2018) en 0,7 kalf/melkkoe/jaar (RVO, 2018) is te berekenen dat 906 g N/melkkoe/jaar voor dracht wordt vastgelegd.

P-vastlegging jeugdgroei en dracht

Bij een vervangingspercentage van 28% (RVO, 2018), kan voor een vaars berekend worden dat uitgaand van een groei 55 kg/jaar (RVO, 2018) en 7,4 g P/kg groei (CBS, 2018) 114 g P per jaar aan jeugdgroei wordt vastgelegd. Een 2e kalfskoe realiseert in één jaar dezelfde groei (RVO, 2018), waarbij uitgegaan is van hetzelfde vervangingspercentage (28%), 55 kg groei/jaar (RVO, 2018) en 7,4 g P/kg groei (CBS, 2018). Dit betekent dat in totaal 228 g P/melkkoe/jaar aan jeugdgroei wordt vastgelegd. Naar analogie van de berekeningen van 2017 is voor 2016 berekend dat in totaal 201 g P/melkkoe/jaar aan jeugdgroei wordt vastgelegd (CBS, 2017). Hierbij is, anders dan in 2017, uitgegaan van lichaamsgewichten van 525 kg van een vaars en 600 kg van een volwassen 3e kalfskoe (CBS, 2018) en een vervangingspercentage van 36,25% (RVO, 2018).

Drachtige melkkoeien leggen P vast door groei van het ongebooren kalf. Bij een gewicht van een pasgeboren kalf van 44 kg en 8,0 g P/kg groei (CBS, 2018) en 0,7 kalf/melkkoe/jaar (RVO, 2018) is te berekenen dat 246 g P/melkkoe/jaar voor dracht wordt vastgelegd.

Negatieve Energie Balans (NEB)

Alhoewel negatieve energiebalans niet direct gepaard gaat met een netto vastlegging van N en P in het dier, is wel sprake van een doorwerking in de energiebehoefte. In de eerste maanden van de lactatie neemt de VEM-behoefte van de koe voor melkproductie sneller toe dan de VEM-opname uit voer. De koe verkeert dan in een negatieve energiebalans. Als gevolg zal de koe haar lichaamsreserves aanspreken om aan de verhoogde behoefte aan energie te kunnen voldoen. Later in de lactatie daalt de melkproductie harder dan de voeropnamecapaciteit. In deze fase neemt de koe meer VEM op dan de VEM-behoefte. De koe verkeert dan in een positieve energie balans en lichaamsreserves worden weer opgebouwd. Het afbreken en opbouwen van lichaamsreserves gaat gepaard met efficiëntie verlies. Hiervoor wordt een behoefte van 94 kVEM ingerekend, op basis van de gemiddelde rantsoensamenstelling (2017), correspondeert dit met een N excretie van 2,71 kg/melkkoe/jaar en 0,38 kg P/melkkoe/jaar.

Vastlegging in melk

In de geproduceerde koemelk wordt uitgegaan van vaste N- en P-gehalten per kg melk (CBS, 2018). Het N-gehalte is berekend op basis van het eiwitgehalte in de melk, $N = \text{eiwit (g/kg)}/6,38$. Het P-gehalte was tot 2017 0,97 g/kg rauwe melk, maar is vanaf 1 januari 2017 1,01 g/kg rauwe melk.

N-vastlegging

De N-vastlegging in melk wordt elk jaar geactualiseerd (CBS, 2018). In het jaar 2017 geldt een eiwitgehalte in melk van 35,7 g/kg. Het eiwitgehalte is om te rekenen naar het N-gehalte met de genoemde factor 6,38. Dit resulteert in een N-gehalte van 5,6 g/kg. Bij een melkproductie van 8.674 kg melk/melkkoe/jaar in 2017 wordt dan 48,6 kg N in melk/melkkoe/jaar vastgelegd. Een verandering van het melkeiwitgehalte van 0,10 procenteenheden leidt (via een hogere berekende FPCM productie) tot een 0,95 kg hogere N opname per koe per jaar en een 1,36 kg hogere N-vastlegging in melk, resulterend in een 0,39 kg lagere N excretie per koe per jaar.

P-vastlegging

Ook de P-vastlegging in melk wordt jaarlijks geactualiseerd (CBS, 2018). De P-vastlegging van melkvee bestaat voor ruim 95% uit P in melk en daarmee is het gebruik van het juiste P-gehalte voor melk essentieel in de berekening van de P-excretie. In een recente studie – waarin het jaarrond gemiddelde P-gehalte in de melk van de Nederlandse melkveestapel is geanalyseerd – is het P-gehalte vastgesteld op 101,2 mg/100 g rauwe melk (Koning et al., 2019).

4.3 N- en P-excretie

Inleiding

In deze paragraaf is geëvalueerd en gekwantificeerd wat de N en P excretie is voor een referentiesituatie; en in welke mate de N en P excretie wordt beïnvloed door voor bepaalde factoren andere waarden aan te houden. Anders gezegd: voor een aantal “draaiknoppen” is geëvalueerd in welke mate het draaien aan die knoppen leidt tot veranderingen in de berekende N- en P-excretie. In feite gaat het een om een gevoeligheidsanalyse waarmee inzichtelijk is gemaakt hoe bepaalde “draaiknoppen” een effect kunnen hebben op de N en P excretie.

De referentiesituatie waarmee steeds wordt vergeleken is gebaseerd op de gemiddelde rantsoensamenstelling (opname van krachtvoer (mengvoer en droge bijproducten), graskuil, snijmaïs, vochtrijke krachtvoerders en weidegras), melkproductie en -samenstelling per melkkoe zoals gerapporteerd in “Dierlijke Mest en Mineralen 2017” van het CBS (2018). Op basis van de WUM-systematiek is vervolgens de totale VEM-behoefte berekend om vervolgens de opname van weidegras te berekenen. De opname van N en P is berekend op basis van opname van voeders en hun N en P gehalten zoals gerapporteerd door het CBS (2018). De vastlegging van N en P in melk, dracht, groei is berekend op basis van de WUM-systematiek.

In 2019 wordt een actualisering van de Nederlandse excretieforfaits voorbereid door het Ministerie van LNV. De voorgenomen actualisering is beschreven in een concept rapport van Bikker et al. (2019). Dit concept rapport is via een internetconsultatie door de Rijksoverheid gepubliceerd in de zomer van

2019. Een eindrapport is nog niet beschikbaar. In het concept rapport van Bikker et al. (2019) zijn geen wijzigingen doorgevoerd in de zogenaamde "WUM-methodiek" om de N en P excretie voor melkvee te berekenen. Deze zogenaamde WUM-methodiek is daarmee in lijn met een vorige herziening van de excretieforfaits (Groenestein et al., 2015). Wat wel is geactualiseerd zijn de gebruikte data, zoals bijvoorbeeld data m.b.t. voerverbruik; en de "excretietabel" is geëxtrapoléerd naar een bredere range van melkproductieklassen.

Indien melkveehouders de productie van N in mest voor de melkkoeien op hun bedrijf berekenen; dan wordt naast de melkproductie ook het melkureumgehalte in oenschouw genomen, om het N-excretieforfait vast te stellen. Dit is onveranderd in de huidige systematiek (Groenestein et al., 2015) en de concept herziening (Bikker et al., 2019).

De "WUM-methodiek" is in 2012 uitgebreid gereviewd door de Commissie Deskundigen Meststoffenwet (CDM). Deze review gaf aan dat de methodiek en de meeste data up-to-date zijn, maar dat een aantal databronnen relatief oud zijn en revisie daarvan zinvol is. De CDM (2012) gaf aan dat de opschaling en extrapolatie van resultaten van BIN-bedrijven, Agrovision cijfers en BLGG cijfers naar heel Nederland leidt tot enige onzekerheid. De bedrijven die van BIN, Agrovision en BLGG afkomstig zijn, zijn niet noodzakelijkerwijs representatief voor de gehele Nederlandse landbouw (CDM, 2012). Voorts gaf CDM (2012) aan dat de gehalten van N en P in dierlijke producten deels als gedateerd en/of als relatief onnauwkeurig kunnen worden bestempeld. Dit leidt tot enkele onzekerheden in de berekende excretiecijfers (CDM, 2012). De CDM noemde als voorbeeld van dergelijke onzekerheden onder meer de aanname van 102% VEM-dekking bij graasdieren, vervoederingsverliezen bij graasdieren, en de gehalten van N en P in moderne Holstein Friesian koeien.

Gevoeligheidsanalyse

Uitgaande van de referentiesituatie (WUM-systematiek; CBS, 2018) is een aantal relevante invoervariabelen en aannames gevarieerd om te bekijken wat het effect is op de berekende N- en P-excretie. In de WUM-systematiek is de totale VEM-behoefte een cruciale factor voor het berekenen van de voer-, N- en P-opname. Omdat de grasopname wordt berekend als een "restpost" zal alle variatie van invoervariabelen waardoor de VEM-behoefte wijzigt, resulteren in een hogere of lagere grasopname. Dit is niet altijd een even realistische voorstelling van zaken. Daarom zijn twee simulaties van veranderingen in invoervariabelen en aannames uitgevoerd;

1. één waarbij de rantsoensamenstelling (dat wil zeggen verhouding tussen krachtvoer:graskuil:snijmais:vochtrijke krachtvoerders:weidegras op drogestof basis) constant werd gehouden (Tabel 4),
2. één waarbij de grasopname als restpost wordt berekend (Tabel 5).

De volgende "draaiknoppen" zijn geëvalueerd:

Gemiddeld gewicht van 600 kg in plaats van 650 kg

Bij de berekening van de N- en P-excreties werd tot 2016 uitgegaan van een gemiddeld gewicht van 600 kg voor een melkgoe. Deze aanname is voor de berekening van de N- en P-excretie in 2017 aangepast naar 650 kg. Een lager gemiddeld lichaamsgewicht resulteert in een lagere energie onderhoudsbehoefte en dientengevolge lagere VEM toeslagen voor activiteit en weidegang.

Zwaardere koeien

Vanuit de praktijk komen signalen dat koeien naar verwachting groter en zwaarder worden wanneer er wordt gefokt in de richting van een hogere ruwvoeropname capaciteit. Dit resulteert in zwaardere koeien en zwaardere vaarzen en tweede kalfskoeien. In deze simulatie is het effect van verhoging van het lichaamsgewicht met 100 kg naar 750 kg voor volwassen koeien geëvalueerd. Het effect van zwaardere koeien is een hogere energie onderhoudsbehoefte en hogere VEM toeslagen voor activiteit en weidegang. Wat niet zichtbaar is, is dat tijdens de opfok bij diercategorie 101 en 102 een grotere vastlegging van N en P in lichaamssweefsels zal plaatsvinden.

Lager efficiëntieverlies bij een negatieve energiebalans (NEB)

In de WUM-systematiek wordt uitgegaan van een behoefte van 93 kVEM voor de efficiëntieverliezen die optreden bij achtereenvolgens de afbraak en het herstel van 100 kg lichaamssweefsels. Op basis van de literatuur (par 3.4) lijkt deze aanname aan de hoge kant. Omdat 50 kg lichaamsgewicht

mobilisatie ongeveer overeenkomt met 1 punt "body condition score" (BCS) verlies, is een simulatie uitgevoerd met extra energiebehoefte van 46,5 kVEM in plaats van 93 kVEM voor NEB.

Voederverlies ruwvoer en krachtvoer

Voederverliezen aan het voerhek worden opgeteld bij de dierexcretie. Wat betreft het ruwvoer kan worden gesteld dat voerverliezen in de stal anders behandeld worden dan voerverlies op het land (par 3.6.2). In deze situatie zijn de voerverliezen van ruwvoer aan het voerhek op dezelfde wijze behandeld als voerverliezen op het land, en op 0% gesteld.

Voor krachtvoer wordt met voerverliezen van 2% gerekend. Wellicht is dit overschat. Met krachtvoerautomaten wordt krachtvoer exact gedoseerd, en de doseersnelheid afgestemd op de voeropnamesnelheid. Bij totale (TMR) en gedeeltelijke gemengde rantsoenen, kan een deel van het krachtvoer in de voerrest achterblijven. Echter, in de praktijk is het gebruikelijk dat dat voerresten van het melkvee vaak worden doorgeschoven naar het oudere jongvee of droge koeien. Daarom is ook een simulatie uitgevoerd waarin zowel de voerverliezen van ruwvoer als van krachtvoer op 0 zijn gesteld. Dit resulteert in een lagere opname en per saldo in een lagere excretie van N en P.

Weidegang: langer weideseizoen en alle bedrijven weidegang

In Nederland komen veehouders in aanmerking voor een weidepremie indien melkkoeien tenminste 120 dagen lang 6 uur per dag worden geweid. Gezien ontwikkelingen elders in Europa (Ierland) waar weidemelk wordt geproduceerd met een garantie van 270 dagen weidegang valt niet uit te sluiten dat via de zuivelsector de eisen wat betreft weidegang in Nederland ook worden aangescherpt. Overigens kan ook klimaatverandering en een langer groeiseizoen leiden tot een hoger aantal weidedagen per jaar. Er zijn twee simulaties met "meer weidegang" uitgevoerd. Een simulatie met 20 extra weidedagen per jaar, en een simulatie waarbij alle bedrijven die thans het hele jaar opstallen overschakelen naar beperkt weiden.

Deze simulaties geven bij vaste verhouding tussen rantsoencomponenten onrealistische resultaten, en zijn daarom alleen uitgevoerd in de situatie waarin de grasopname als restpost fungeert. Meer weidegang resulteert in een hogere energiebehoefte door hogere toeslagen voor weidegang, en hogere N- en P-opname met weidegras.

Vervangingspercentage

Simulatie van een hoger of lager vervangingspercentage, resulteert in een hogere of lagere VEM-behoefte voor dracht en jeugdtoeslag en daarmee tot een hogere VEM-behoefte. De effecten voor categorie 100 (melkkoeien) zijn gering, echter het grootste effect zal zijn te verwachten in de grotere aantallen jongvee per melkkoe.

Hogere VEM waarde krachtvoer en graskuil

Er zijn twee simulaties uitgevoerd met respectievelijk een hogere VEM waarde van graskuil en krachtvoer. Zoals aangegeven in par 3.6.1 worden gemiddelde VEM waarden van graskuil gebaseerd op rekenkundige gemiddelden zonder rekening te houden met het geogste volume. Mogelijk zijn volumes voorjaarskuilen (met een hoge voederwaarde) in de praktijk hoger dan de volumes zomer- en najaarskuilen (met een wat lagere voederwaarde). Er is gesimuleerd met 30 VEM per kg DS hogere energiewaarde van graskuil, hetgeen overeen komt met ca 1% hogere verteerbaarheid van de verteerbare organische stof.

Daarnaast is een simulatie uitgevoerd met 30 eenheden hogere VEM waarde per kg krachtvoer. Vanuit de praktijk komen signalen dat met name bij melkveebedrijven met hoge melkproducties relatief meer energierijk krachtvoer wordt verstrekt. Bij een situatie waarin de grasopname een restpost is, resulteert meer energierijk krachtvoer in een lagere opname van N en P uit weidegras. Bij een vaste rantsoensamenstelling neemt de berekende totale voeropname af.

VEM-correctie factor

In deze simulatie is de VEM correctie factor weggelaten. Deze factor bedraagt 1.02. Het resultaat is dat de VEM-behoefte met 2% afneemt en dientengevolge de N- en P-opname en -excretie ook afneemt.

Uitkomsten gevoeligheidsanalyse

De gevoeligheidsanalyse in tabel 4 en tabel 5 laat zien dat er enkele "draaiknoppen" zijn die een vrij sterke invloed hebben op de berekende N en P excretie. De "draaiknoppen" lichaamsgewicht, het percentage voederverliezen, en de hoogte van de "VEM-correctiefactor" werken sterker door in de berekende N- en P-excretie dan het vervangingspercentage en het aantal weidedagen.

Tabel 4. Gevoeligheidsanalyse waarbij een aantal "draaiknoppen" is geëvalueerd op hun effect op de N- en P-excretie. De rantsoensamenstelling is in deze analyse constant gehouden.

Factoren	Eenheid	Referentie situatie	Lager lichaams-gewicht (-50 kg)	Zware koeien; 750 kg 1e en 2e kalfs koeien	Minder fluctuatie Negatieve Energie Balans	Voeder verlies ruwvoer 0%	Voeder verlies ruwvoer en krachtvoer 0%	Vervangings-percentage 25	Vervangings-percentage 30	+30 VEM per kg ds graskuil	+30 VEM per kg krachtvoer	VEM-correctie factor
Gewicht (LW)	kg/koe	650	600	750	650	650	650	650	650	650	650	650
Volwassen gewicht	kg/koe	650	650	750	650	650	650	650	650	650	650	650
Gewicht 1ste kalfskoe	kg/koe	540	540	640	540	540	540	540	540	540	540	540
Gewicht 2e kalfskoe	kg/koe	595	595	695	595	595	595	595	595	595	595	595
Melkgift	kg/koe/jr	8674	8674	8674	8674	8674	8674	8674	8674	8674	8674	8674
Melkvetgehalte	%	4,39	4,39	4,39	4,39	4,39	4,39	4,39	4,39	4,39	4,39	4,39
Melkeiwitgehalte	%	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57
Aandeel vervanging		0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,25	0,3	0,28	0,28	0,28
Aantal weidedagen		160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
Aandeel onbeperkt weiden	%	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Aandeel beperkt weiden	%	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57
Niet weiden	%	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
VEM-correctie factor		1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,00
Vervoederingsverlies krachtvoer	%	2	2	2	2	2	0	2	2	2	2	2
Vervoederingsverlies ruwvoer	%	5	5	5	5	0	0	5	5	5	5	5
VEM in krachtvoer, eiwitarm	VEM/kg	960	960	960	960	960	960	960	960	960	990	960
VEM in krachtvoer, eiwitrijk	VEM/kg	960	960	960	960	960	960	960	960	960	990	960
VEM in graskuil	VEM/kg DS	899	899	899	899	899	899	899	899	929	899	899
VEM melk + onderhoud	kVEM/koe/jr	5920	5817	6119	5920	5920	5920	5920	5920	5920	5920	5920
VEM-onderhoud droogstand	kVEM/koe/jr	266	251	296	266	266	266	266	266	266	266	266
VEM-dracht	kVEM/koe/jr	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101

Factoren	Eenheid	Referentie situatie	Lager lichaams-gewicht (-50 kg)	Zware koeien; 750 kg 1e en 2e kalfs koeien	Minder fluctuatie Negatieve Energie Balans	Voeder verlies ruwvoer 0%	Voeder verlies ruwvoer en krachtvoer 0%	Vervangings-percentage 25	Vervangings-percentage 30	+30 VEM per kg ds graskuil	+30 VEM per kg krachtvoer	VEM-correctie factor
VEM-behoefte jeugdgroei	kVEM/koe/jr	101	101	101	101	101	101	90	108	101	101	101
VEM-activiteit	kVEM/koe/jr	194	183	216	194	194	194	194	194	194	194	194
VEM-toeslag beweiding	kVEM/koe/jr	40	37	44	40	40	40	40	40	40	40	40
VEM-toeslag NEB	kVEM/koe/jr	93	93	93	47	93	93	93	93	93	93	93
VEM-correctie	kVEM/koe/jr	134	132	139	133	134	134	134	134	134	134	0
VEM-behoefte, totaal	kVEM/koe/jr	6849	6715	7110	6802	6849	6849	6838	6857	6849	6849	6715
VEM-opname krachtvoer eiwitarm	kVEM/koe/jr	829	812	860	823	829	829	827	830	829	829	812
VEM-opname krachtvoer eiwitrijk	kVEM/koe/jr	1146	1123	1189	1138	1146	1146	1144	1147	1146	1146	1123
VEM-opname graskuil	kVEM/koe/jr	2298	2253	2386	2282	2298	2298	2294	2300	2298	2298	2253
VEM-opname snijmais	kVEM/koe/jr	1319	1294	1370	1310	1319	1319	1317	1321	1319	1319	1294
VEM-opname vochtrijk krachtvoer	kVEM/koe/jr	294	288	305	292	294	294	293	294	294	294	288
VEM-opname weidegras	kVEM/koe/jr	963	944	1000	957	963	963	962	964	963	963	944
Voerverbruik (inclusief voerverlies)	kg DS/koe/jr	7290	7147	7567	7239	7085	7047	7278	7297	7203	7232	7147
Voerverbruik (exclusief voerverlies)	kg DS/koe/jr	7039	6901	7307	6990	7039	7039	7028	7047	6957	6983	6901
Melkeiwit	kg/koe/jr	310	310	310	310	310	310	310	310	310	310	310
Berekende totale N-opname	kg/koe/jr	193,8	190,0	201,2	192,5	188,4	187,4	193,5	194,0	191,5	192,3	190,0
Vastlegging N-Totaal	kg/koe/jr	49,9	49,9	49,9	49,9	49,9	49,9	49,8	49,9	49,9	49,9	49,9
N-vastlegging melk	kg/koe/jr	48,5	48,5	48,5	48,5	48,5	48,5	48,5	48,5	48,5	48,5	48,5
N-vastlegging dracht	kg/koe/jr	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
N-vastlegging groei	kg/koe/jr	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7
N-excretie	kg/koe/jr	144,0	140,2	151,3	142,6	138,5	137,5	143,7	144,1	141,6	142,4	140,2
N-efficiëntie melkkoeien (droogstand + lactatie)	%	25,7	26,2	24,8	25,9	26,5	26,6	25,7	25,7	26,0	25,9	26,2

Factoren	Eenheid	Referentie situatie	Lager lichaamsgewicht (-50 kg)	Zware koeien; 750 kg 1e en 2e kalfs koeien	Minder fluctuatie Negatieve Energie Balans	Voeder verlies ruwvoer 0%	Voeder verlies ruwvoer en krachtvoer 0%	Vervangingspercentage 25	Vervangingspercentage 30	+30 VEM per kg ds graskuil	+30 VEM per kg krachtvoer	VEM-correctie factor
Vastlegging P Totaal	kg/koe/jr	9,2	9,2	9,2	9,2	9,2	9,2	9,1	9,2	9,2	9,2	9,2
P-vastlegging melk	kg/koe/jr	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8
P-vastlegging dracht	kg/koe/jr	0,2	0,18	0,18	0,18	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
P-vastlegging groei	kg/koe/jr	0,2	0,23	0,23	0,23	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
P-excretie	kg/koe/jr	18,2	17,7	19,3	18,0	17,6	17	18,2	18,2	17,9	18,0	17,7
P-efficiëntie melkkoeien (droogstand + lactatie)	%	33,5	34,2	32,1	33,7	34,5	34,7	33,4	33,5	33,9	33,8	34,2
Fosfaat excretie	kg/koe/jr	41,8	40,5	44,2	41,3	40,2	39,8	41,7	41,8	41,0	41,1	40,5

Tabel 5. Gevoeligheidsanalyse waarbij een aantal "draaiknoppen" is geëvalueerd op hun effect op de N- en P-excretie. De rantsoensamenstelling is in deze analyse niet constant gehouden en grasopname is als restpost beschouwd.

Factoren	Eenheid	Referentie situatie	LG -50 kg	Zware koeien; 750 kg 1e en 2e kalfs koeien	Minder fluctuatie NEB	Voeder verlies ruwvoer 0%	Voeder verlies ruwvoer en krachtvoer 0%	Vervangingspercentage 25	Vervangingspercentage 30	+20 weide dagen	Alle bedrijven weidegang	+30 VEM per kg ds graskuil	+30 VEM per kg krachtvoer	VEM-correctie factor
Gewicht (LW)	kg/koe	650	600	750	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650
Volwassen gewicht	kg/koe	650	650	750	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650
Gewicht 1ste kalfskoe	kg/koe	540	540	640	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540
Gewicht 2e kalfskoe	kg	595	595	695	595	595	595	595	595	595	595	595	595	595
Melkgift	kg/jr	8674	8674	8674	8674	8674	8674	8674	8674	8674	8674	8674	8674	8674
Melkvetgehalte	%	4,39	4,39	4,39	4,39	4,39	4,39	4,39	4,39	4,39	4,39	4,39	4,39	4,39
Melkeiwitgehalte	%	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57	3,57
Aandeel vervanging		0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,25	0,3	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
Aantal weidedagen		160	160	160	160	160	160	160	160	180	160	160	160	160
Aandeel onbeperkt weiden	%	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Aandeel beperkt weiden	%	57	57	57	57	57	57	57	57	57	89	57	57	57
Niet weiden	%	32	32	32	32	32	32	32	32	32	0	32	32	32
VEM-correctie factor		1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,00
Vervoederingsverlies krachtvoer	%	2	2	2	2	2	0	2	2	2	2	2	2	2
Vervoederingsverlies ruwvoer	%	5	5	5	5	0	0	5	5	5	5	5	5	5
VEM in krachtvoer, eiwitarm	VEM/kg	960	960	960	960	960	960	960	960	960	960	960	990	960
VEM in krachtvoer, eiwitrijk	VEM/kg	960	960	960	960	960	960	960	960	960	960	960	990	960
VEM in graskuil	VEM/kg DS	899	899	899	899	899	899	899	899	899	899	929	899	899
VEM melk + onderhoud/jaar	kVEM/koe/jr	5920	5817	6119	5920	5920	5920	5920	5920	5920	5920	5920	5920	5920
VEM-onderhoud droogstand/jaar	kVEM/koe/jr	266	251	296	266	266	266	266	266	266	266	266	266	266
VEM-dracht	kVEM/koe/jr	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101

Factoren	Eenheid	Referentie situatie	LG -50 kg	Zware koeien; 750 kg 1e en 2e kalfs koeien	Minder fluc- tuatie NEB	Voeder verlies ruw- voer 0%	Voeder verlies ruw- voer en kracht- voer 0%	Vervang- ingsper- centage 25	Vervang- ingsper- centage 30	+20 weide dagen	Alle bedrijven weide- gang	+30 VEM per kg ds graskuil	+30 VEM per kg kracht- voer	VEM- correctie factor
VEM-behoefte jeugdgroei	kVEM/koe/jr	101	101	101	101	101	101	90	108	101	101	101	101	101
VEM-activiteit	kVEM/koe/jr	194	183	216	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194
VEM-toeslag beweiding	kVEM/koe/jr	40	37	44	40	40	40	40	40	44	57	40	40	40
VEM-toeslag NEB	kVEM/koe/jr	93	93	93	47	93	93	93	93	93	93	93	93	93
VEM-correctie	kVEM/koe/jr	134	132	139	133	134	134	134	134	134	135	134	134	0
VEM-behoefte, totaal	kVEM/koe/jr	6849	6715	7110	6802	6849	6849	6838	6857	6854	6867	6849	6849	6715
VEM-opname krachtvoer eiwitarm	kVEM/koe/jr	829	829	829	829	829	846	829	829	829	829	829	855	829
VEM-opname krachtvoer eiwitrijk	kVEM/koe/jr	1146	1146	1146	1146	1146	1169	1146	1146	1146	1146	1146	1182	1146
VEM-opname graskuil	kVEM/koe/jr	2298	2298	2298	2298	2419	2419	2298	2298	2298	2298	2375	2298	2298
VEM-opname snijmais	kVEM/koe/jr	1319	1319	1319	1319	1388	1388	1319	1319	1319	1319	1319	1319	1319
VEM-opname vochtrijk krachtvoer	kVEM/koe/jr	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294
VEM-opname weidegras	kVEM/koe/jr	963	829	1225	916	773	733	952	971	968	981	887	902	829
Voerverbruik (inclusief voerverlies)	kg DS/koe/jr	7290	7290	7290	7290	7290	7290	7290	7290	7290	7290	7290	7290	7290
Voerverbruik (exclusief voerverlies)	kg DS/koe/jr	7039	7039	7039	7039	7243	7281	7039	7039	7039	7039	7039	7039	7039
Melkeiwit	kg/koe/jr	310	310	310	310	310	310	310	310	310	310	310	310	310
Berekende totale N- opname	kg/koe/jr	193,8	189,5	202,3	192,3	187,6	186,3	193,5	194,1	194,0	194,4	191,3	191,8	189,5
Vastlegging N-Totaal	kg/koe/jr	49,9	49,9	49,9	49,9	49,9	49,9	49,8	49,9	49,9	49,9	49,9	49,9	49,9
N-vastlegging melk	kg/koe/jr	48,5	48,5	48,5	48,5	48,5	48,5	48,5	48,5	48,5	48,5	48,5	48,5	48,5
N-vastlegging dracht	kg/koe/jr	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
N-vastlegging groei	kg/koe/jr	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
N-excretie	kg/koe/jr	144,0	139,6	152,5	142,4	137,8	136,5	143,7	144,2	144,1	144,6	141,5	142,0	139,6
N-efficiëntie melkkoeien (droogstand + lactatie)	%	25,7	26,3	24,6	25,9	26,6	26,8	25,7	25,7	25,7	25,6	26,1	26,0	26,3

Factoren	Eenheid	Referentie situatie	LG -50 kg	Zware koeien; 750 kg 1e en 2e kalfs koeien	Minder fluctuatie NEB	Voeder verlies ruwvoer 0%	Voeder verlies ruwvoer en krachtvoer 0%	Vervangingspercentage 25	Vervangingspercentage 30	+20 weide dagen	Alle bedrijven weidegang	+30 VEM per kg ds graskuil	+30 VEM per kg krachtvoer	VEM-correctie factor
Vastlegging P Totaal	kg/koe/jr	9,2	9,2	9,2	9,2	9,2	9,2	9,1	9,2	9,2	9,2	9,2	9,2	9,2
P-vastlegging melk	kg/koe/jr	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8
P-vastlegging dracht	kg/koe/jr	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,18	0,2	0,2	0,18	0,2	0,2
P-vastlegging groei	kg/koe/jr	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,24	0,2	0,2	0,23	0,2	0,2
P-excretie	kg/koe/jr	18,2	17,7	19,4	18,0	17,4	17,3	18,2	18,3	18,3	18,3	17,9	18,0	17,7
P-efficiëntie melkkoeien (droogstand + lactatie)	%	33,5	34,2	32,1	33,7	34,5	34,7	33,4	33,5	33,4	33,4	33,9	33,8	34,2
Fosfaat excretie	kg/koe/jr	41,8	40,4	44,3	41,3	39,9	39,5	41,7	41,8	41,8	41,9	41,0	41,2	40,4

4.4 Trends

In dit rapport is een analyse gemaakt van de achtergronden en gegevensbronnen voor de berekening van de N en P excretie van melkvee. In deze paragraaf komen enkele trends aan de orde die van invloed kunnen zijn op de toekomstige N en P excretie van melkkoeien. De impact van die trends op de berekende excreties komt in dit rapport niet uitputtend aan de orde en is niet gekwantificeerd (dit valt buiten de kaders van de opdracht). Indien de impact voldoende relevant en voldoende groot lijkt, kan dat aanleiding zijn voor nadere analyse en onderzoek.

De hieronder genoemde trends kunnen in de komende jaren andere eisen stellen aan de rekenregels en de (gegevens)bronnen voor de berekening van de N- en P-excretie. Daarnaast is het, naar de toekomst kijkend, zinvol om te evalueren waar in de berekeningswijze van de N en P excretie gebruikt gemaakt kan worden van gemiddelde waarden voor onderliggende factoren, en waar het wenselijk is die factoren te differentiëren. Een toenemende diversiteit in bedrijfstypen, bedrijfsomstandigheden en bedrijfsmanagement kan de bruikbaarheid van een gemiddelde waarden verlagen en de wenselijkheid van verdere differentiatie verhogen.

Weidegang

Weidegang is een integraal onderdeel van de Nederlandse melkveehouderij. Duurzame Zuivelketen (2019) streeft naar consolidatie van het percentage bedrijven met weidegang in de komende jaren (doel: weidegang op tenminste 81,2% van de bedrijven). Dat betekent dat weidegras een substantieel onderdeel blijft van het gemiddelde Nederlandse rantsoen voor melkvee. Het gemiddeld aantal weidedagen en uren weidegang per bedrijf, het aandeel weidende dieren op een bedrijf, en de weidegrasopname per dier dag zal naar verwachting per jaar variëren. Het kunnen vaststellen of inschatten van de weidegrasopname en de samenstelling van vers gras wordt hiermee steeds belangrijker.

Biodivers grasland

Er is toenemende aandacht voor biodiversiteit in de melkveehouderij en het is aannemelijk dat het aandeel soortenrijk en kruidenrijk grasland gaat toenemen. Doorgaans is dat gras met een wat hogere verzadigingswaarde (leidt tot lagere voeropname) en lagere verteerbaarheid dan Engels raaigras. Bij geconserveerd ruwvoer van het soortenrijke of kruidenrijke grasland zal de VEM waarde en het N gehalte gemiddeld genomen wat lager zijn dan bij geconserveerd Engels raaigras. Voederwaardebepaling en inschatting van de verzadigingswaarde en voeropname van "biodiverse" grasproducten neemt in belang toe.

Eiwit van eigen land

Door het streven naar meer "eiwit van eigen land" in de Nederlandse melkveehouderij zal naar verwachting de gras/maïs verhouding in het gemiddelde Nederlandse bouwplan wat toenemen. Ook is een toenemend gebruik van vlinderbloemigen (klaver in graslanden) aannemelijk. Daarnaast is er op een aantal melkveebedrijven interesse om andere gewassen dan gras en maïs op te nemen in het bouwplan of hier mee te experimenteren en ervaring op te doen. Denk aan voederbieten, sorghum (gewassen die vooral voor "energie" kunnen leveren aan het melkvee) en aan eiwitgewassen zoals vlinderbloemigen. Bij gras/klaver mengsels komt regelmatig een relatief laag N gehalte in het gewas voor in het voorjaar en relatief hoge N gehalten in de zomer en het najaar.

Klimaat

De Nederlandse melkveehouderij streeft naar verlaging van broeikasgasemissies en verlaging van de enterische methaanemissie is daarbij een speerpunt. Voermaatregelen die leiden tot een lagere N excretie van melkkoeien kunnen een wisselende uitwerking hebben op de methaanemissie en vice versa (Dijkstra et al., 2011). Dit betekent dat er behoefte is aan management- en voerstrategieën die bijdragen aan het integraal realiseren van de verschillende duurzaamheidsdoelen (waaronder een lage methaanemissie en een lage N excretie). Dergelijke integraal duurzame maatregelen zullen zo veel mogelijk bedrijfsspecifiek zijn; dus rekening houden met de omstandigheden per bedrijf en per periode.

Door klimaatverandering stijgt de gemiddelde temperatuur in Nederland en neemt de lengte van het groeiseizoen geleidelijk toe. Dit heeft consequenties voor de mogelijkheden om gras en voedergewassen te telen (en daarmee eiwit van eigen land), maar kan ook leiden tot verlenging van het weideseizoen (met potentieel meer weidegrasopname). Meer warme dagen leidt ook tot meer dagen met een geremde opname van voer door de koeien, en invloeden op de verteringsfysiologie als

gevolg van hittestress. Extreem natte en extreem droge periodes kunnen de productie van eigen ruwvoer en de opname van weidegras belemmeren.

Genetische vooruitgang

Er is een autonome trend, als gevolg van gewasveredeling/–verbetering, die leidt tot een geleidelijke verhoging van de opbrengst en verteerbaarheid van gras en voedergewassen. Aan de “dier kant” dragen fokdoelen voor voerefficiëntie en gezondheid van melkkoeien bij aan een toenemende nutriëntenbenutting door het dier. Dit benadrukt het belang van het actueel houden van voederwaarderingssystemen en behoeftenormen voor melkvee.

Bioraffinage

Door de opkomende technologie van bioraffinage ontstaan nieuwe mogelijkheden om groene gewassen (denk aan gras en bietenblad) te fractioneren en de verschillende gewascomponenten tegen de hoogste waarde te valoriseren. Als dergelijke technologie opgeschaald kan worden naar praktijkniveau, kan op die manier graseiwit buiten de melkveehouderij worden ingezet (denk aan voeders voor jonge dieren) en resteert een eiwitarm rantsoen voor de melkkoeien. Om voedermiddelen uit bioraffinage processen goed te kunnen inzetten op een melkveebedrijf en ze goed te kunnen inrekenen bij het opstellen van een N en P balans, is bepaling van de voederwaarde, verzadigingswaarde en voeropname belangrijk.

Hoog energie, laag eiwit voeding

Op een aantal melkveebedrijven is er toenemende belangstelling voor energierijke en eiwitarme voeding. Door het gebruik van specifieke energierijke en eiwitarme voedermiddelen (zoals vetten, granen en ontsloten granen) in combinatie met een eiwitarm rantsoen neemt de N benutting door de melkkoeien op die bedrijven toe. Dat is onder andere terug te zien in lage melkureumgehalten op die bedrijven. Een “laag eiwit” rantsoen is aantrekkelijk indien de focus ligt op vermindering van de aankoop van voereiwit van buiten het bedrijf, en verhoging van het percentage “eiwit van eigen land”.

5 Conclusies

5.1 VEM-behoefte

5.1.1 Achtergrond

Bij het berekenen van de opname van N en P wordt ten behoeve van de berekening van de opname van vers weidegras onder meer gebruik gemaakt van de berekende VEM-behoefte. Hierbij is het uitgangspunt dat de energiebalans van de gemiddelde veestapel gelijk is aan nul. In dat geval is de voeropname (kg DS) gelijk aan de VEM-opname gedeeld door het VEM-gehalte per kg droge stof. Gemiddeld zal deze aanname voor een groot aantal dieren (nationale veestapel) geldig zijn. Echter, het VEM systeem is niet ontwikkeld om de voeropname te schatten; het systeem is ontwikkeld als voederwaarderingssysteem om de netto energie in voedermiddelen te schatten en als een systeem om de netto energiebehoefte van herkauwers te schatten (van Es, 1978). Voor de praktische toepassing als voederwaarderingssysteem, dus voor het samenstellen van rantsoenen en het adequaat voeren van melkkoeien is een aantal vereenvoudigingen toegepast voor het schatten van de energiebehoefte. Deze vereenvoudigingen zijn overgenomen in de WUM-systematiek. De VEM-behoefte wordt bepaald door de melkproductie, behoefte voor onderhoud, toeslagen voor beweiding en activiteit, voor dracht, negatieve energie balans (NEB) en (jeugd)groei. Deze factoren worden hieronder behandeld.

5.1.2 VEM behoefte voor melkproductie

- a) De VEM behoefte voor melkproductie is de grootste post wat VEM-behoefte betreft.
- b) De huidige methode voor het schatten van de landelijke melkproductie is in het verleden geëvalueerd en werkbaar bevonden. Alternatieve methoden c.q. gegevensbronnen resulteren in een overschatting van de melkproductie. Er lijkt geen aanleiding te huidige methodiek aan te passen.
- c) Ten aanzien van de VEM-behoefte voor melkproductie is een verfijning mogelijk door bij de berekening van de VEM waarde van melk, naast vet en eiwit (FPCM), om ook een andere belangrijke energiedrager als lactose mee te nemen. Tevens kan het wellicht zinvol zijn om rekening te houden met het vetzurenpatroon. Kort-keten vetzuren hebben een lagere energiewaarde per kg dan langketen vetzuren.

5.1.3 VEM behoefte voor onderhoud: lichaamsgewicht

- a) De VEM-behoefte voor onderhoud is gerelateerd aan het lichaamsgewicht (LG). Het LG wordt als default waarde ingerekend. Een verhoging van het aangehouden gemiddelde LG met 50 kg leidt tot een hogere VEM onderhoudsbehoefte en als gevolg daarvan een berekende hogere voeropname. Deze extra opname resulteert in een berekende extra N en P opname: 3,89 kg N en 0,55 kg P per koe per jaar. De extra berekende N en P excretie is nagenoeg hieraan gelijk; maar niet identiek vanwege doorwerkingen in jeugdgroei en het N en P gehalte in het totale rantsoen als gevolg van een kleine verschuiving in de berekende weidegrasopname.
- b) Er is in de rekenwijze van de WUM geen eenduidige definitie van het LG. In de WUM-systematiek wordt gesproken van "gemiddeld gewicht", de geciteerde bron spreekt van "afkalfgewicht". Een eenduidige definitie is wenselijk in verband met het verzamelen van alternatieve brongegevens.
- c) Eerste en tweede-kalfskoeien hebben een lager LG dan volwassen koeien. Hiermee wordt geen rekening gehouden bij het berekenen van de VEM onderhoudsbehoefte. Ook voor eerste en tweede-kalfskoeien wordt bij de berekening van de VEM onderhoudsbehoefte met het LG van volwassen koeien gerekend. Voor het berekenen van de aanzet van N en P in groei wordt wel rekening gehouden met het feit dat eerste en tweede-kalfskoeien een lager gewicht hebben dan volwassen koeien.

-
- d) Er wordt bij de landelijke N en P excretie berekening vanuit gegaan dat alle dieren tot de middelgrote-grote diertypen behoren (650 kg volwassen LG). Er wordt geen rekening gehouden met het aandeel kleine rassen in de veestapel. Op basis van de CRV jaarstatistieken behoort 98 % van de melkkoeien in Nederland tot de grote rassen. Het effect van wel of niet rekening houden met het aandeel kleine rassen zal op nationale schaal een gering effect hebben.
- e) Er wordt in de WUM-systematiek vanuit gegaan dat koeien na de tweede lactatie het volwassen gewicht hebben bereikt en dientengevolge geen N en P meer aanzetten. In werkelijkheid neemt het LG van koeien na de tweede lactatie gemiddeld nog in beperkte mate toe, vooral nog in de 3^e en 4^e lactatie, en deze koeien zetten daarmee nog in beperkte mate N en P aan.
- f) Alternatieve gegevens met betrekking tot het krijgen van goede schattingen van het lichaamsgewicht zijn:
- Gegevens van diergewichten van proefbedrijven
 - Gegevens van praktijkbedrijven met weeginstallaties
 - Gegevens van fokwaarde schatting van gewicht op basis van exterieurkenmerken
 - Gegevens uit de wetenschappelijke literatuur
 - Gegevens van slachtingen

De beschikbaarheid van dergelijke data, en de representativiteit, zijn belangrijke aandachtspunten.

5.1.4 VEM toeslagen voor beweiding en activiteit

- a) Op basis van de WUM methodiek wordt het aantal weidedagen geschat op basis van een CBS-enquête bij ca 2000 bedrijven. Het gebruik van gegevens van de kringloopwijzer van meer bedrijven geeft wellicht een vollediger beeld van het aantal weidedagen.
- b) Bepaling van de extra energiebehoefte voor beweiding en activiteit is moeilijk en in de praktijk niet haalbaar. Het gebruik van aannames ligt daarmee voor de hand.
- c) Er is een grote variatie in de literatuur met betrekking tot de extra energiebehoefte van weidende melkkoeien.
- d) De Nederlandse CVB normen voor de VEM toeslagen voor beweiding en activiteit bedragen respectievelijk 20 en 10% van de VEM onderhoudsbehoefte. Deze energietoeslagen voor beweiding en activiteit liggen binnen de range van energietoeslagen zoals gepubliceerd in recente literatuur en lijken daarmee voldoende goed werkbaar.

5.1.5 VEM toeslagen voor dracht en NEB

- a) De energietoeslag (VEM) voor dracht is afhankelijk van het aantal kalveren per gemiddelde koe en de energiebehoefte voor dracht. Cijfers met betrekking tot kalveren per gemiddelde koe worden regelmatig geactualiseerd. De energiebehoeften voor dracht zijn gebaseerd op de CVB normen; en deze liggen in lijn met normen van bijvoorbeeld Agricultural and Food Research Council (Groot Brittannië).
- b) Er is in de WUM systematiek geen documentatie over de berekeningswijze en/of de totstandkoming van de aannames met betrekking tot de hoeveelheid mobilisatie en aanzet van lichaamsreserves bij een negatieve energiebalans (NEB) en de benodigde VEM toeslag voor het efficiëntieverlies dat gepaard gaat met het mobiliseren en weer herstellen van lichaamsreserves. De VEM toeslagen voor de NEB laten in de WUM-systematiek een ontwikkeling zien sinds 2000, (25 kVEM/koe/jaar in 2000, 45 kVEM/koe/jaar in 2004, 93 kVEM/koe/jaar in 2018). Achtergronden van deze bijstellingen zijn niet goed gedocumenteerd. De aanname van de VEM-behoefte voor het efficiëntieverlies bij de afbraak en aanzet van lichaamsreserves is momenteel gebaseerd op de aanname dat 100 kg wordt gemobiliseerd. Deze 100 kg is hoger dan cijfers die in de literatuur worden gepubliceerd.
- c) Alternatieve schattingen voor toeslagen voor een NEB kunnen worden vastgesteld op basis van gegevens van voederproeven waarin naast VEM-opname ook gewichtsverandering is gemeten.

5.1.6 Correctiefactor op de VEM-behoefte

- a) Er is in de WUM-systematiek een correctiefactor van 1,02 vastgesteld voor de totale VEM-behoefte op basis van praktijkgegevens die aangeven dat de in de praktijk gerealiseerde VEM-opname hoger is dan theoretisch berekend op basis van de VEM-behoefte.

-
- b) Deze WUM-systematiek is gevalideerd op basis van gegevens met betrekking tot groepsvoeding op praktijkbedrijven, dus op basis van minder gedetailleerde gegevens. Een afweging van de voor- en of nadelen van deze aanpak is zinvol. In de theoretisch berekende VEM-behoefte bij de evaluatie van de WUM-systematiek op praktijkbedrijven zijn geen VEM-toeslagen opgenomen voor jeugdgroei, dracht en NEB; daarnaast is aangenomen dat er geen gewichtsverandering van de kudde melkkoeien plaatsvindt.
 - c) De correctiefactor om het "gat" tussen de geobserveerde VEM-opname op praktijkbedrijven en de theoretisch berekende VEM-behoefte zonder de toeslagen voor (jeugd)groei en dracht te "dichten", kan resulteren in een onderschatting van N en P vastlegging in (jeugd)groei en dracht.
 - d) Het is zinvol om te onderzoeken of de bruikbaarheid van praktijkdata voor de validatie van de WUM-systematiek voldoende is. (Mogelijke) oorzaken van het "gat" tussen de theoretisch berekende VEM-behoefte en geobserveerde VEM-opname zouden dan moeten worden geëvalueerd en gekwantificeerd.
 - e) Gegevens van voederproeven met volledige lactaties van melkkoeien kunnen als alternatieve gegevens dienen voor de validatie van de WUM-systematiek.

5.2 Rantsoenen en voersamenstelling

- a) De afleiding van de rantsoensamenstelling voor het bepalen van de nationale N en P excretie is complex. Gegevens van verschillende databronnen (enquêtes, boekhoudgegevens, schattingen van de mengvoerindustrie, leveranciers natte voeders) moeten worden gecombineerd.
- b) Thans wordt op de meeste melkveehouderijbedrijven de kringloopwijzer ingevuld. De kringloopwijzer gegevens geven een inzicht in de verbruikte hoeveelheden ruwvoer, krachtvoer en natte bijproducten van een groter aantal bedrijven.
- c) De samenstelling (VEM, N, P) van ruwvoerders (graskuil, weidegras, snijmais) wordt voor de berekening van de nationale excreties gebaseerd op de niet-gewogen gemiddelde waarden (de gemiddelde waarde zoals geanalyseerd), gepubliceerd door Eurofins. Een niet-gewogen gemiddelde heeft als nadeel dat geen rekening wordt gehouden met de omvang van de onderzochte voerpartijen. Kleine partijen, van producten met een lage opbrengst en kwaliteit (bijv. najaarsgras, verdroogde snijmais) tellen even zwaar mee in het gemiddelde als grote partijen.
- d) Kringloopwijzergegevens maken het mogelijk om gewogen gemiddelden te berekenen van de samenstelling (VEM, N, P) van geconserveerde ruwvoerders.
- e) De gewogen gemiddelde samenstelling (VEM, N, P) van weidegras kan worden afgeleid van regionale metingen van de weidegrassamenstelling en worden gewogen op basis van data van het grasmeeetnet. Het is zinvol om te evalueren of dit haalbaar en werkbaar is, en meerwaarde biedt.
- f) Voederverlies van ruwvoer (beweidingsverlies, maai- en oogstverlies) op het land wordt niet meegerekend bij de dierexcretie; voederverlies op stal wordt wel bij de dierexcretie opgeteld omdat het vanuit het perspectief van de mestwetgeving wordt uitgereden op het land. Er is geen documentatie voor deze werkwijze vanuit het perspectief van de dierexcretie. Het is zinvol om te evalueren of het meerwaarde heeft de systematiek en documentatie op dit punt te verduidelijken en waar nodig de gehanteerde verliespercentages te actualiseren.

5.3 Vastlegging van N en P in dierlijke producten

- a) Routinematige bepaling van het P-gehalte in tankmelk geeft een beter beeld van de werkelijke P excretie in melk dan "standaardwaarden".
- b) De P-gehalten per kg lichaamsgewicht kunnen niet worden herleid naar onderzoeksdata. De diverse literatuurreferenties in de WUM-systematiek zijn allen te herleiden naar één publicatie waarin geen nadere bronvermelding wordt gegeven.
- c) Voor de omrekening van leeg lichaamsgewicht (LLG) naar lichaamsgewicht (LG) worden voor N en P verschillende formules gehanteerd. Hiervoor zijn geen redenen aangevoerd.
- d) De N-gehalten per kg lichaamsgewicht zijn gebaseerd op een beperkt aantal gegevens. Er zijn recentere wetenschappelijk publicaties beschikbaar waarin op basis van gegevens van grotere dieraantallen informatie wordt gegeven over de lichaamssamenstelling van melkkoeien (LG, LLG,

vet, ruw eiwit (N), water) en de relaties tussen gewicht, dier en exterieurkenmerken en lichaamssamenstelling.

- e) De berekende N en P excretie van melkkoeien is niet erg gevoelig voor wijzigingen van het aangenomen N en P gehalte per kg lichaamsgewicht.

5.4 Berekening van de N- en P excretie

- a) Variaties in rantsoensamenstelling en N en P gehalten in ruwvoerders en krachtvoer kunnen aanzienlijke verschillen in opname van N en P door melkvee veroorzaken en daardoor ook in excreties van N en P tussen jaren.
- b) In een gevoeligheidsanalyse is geëvalueerd en gekwantificeerd wat de N en P excretie is voor een referentiesituatie; en in welke mate de N en P excretie wordt beïnvloed door voor bepaalde factoren andere waarden aan te houden. Anders gezegd: voor een aantal "draaiknoppen" is geëvalueerd in welke mate het draaien aan die knoppen leidt tot veranderingen in de berekende N- en P-excretie. De "draaiknoppen" lichaamsgewicht, het percentage voederverliezen, en de hoogte van de "VEM-correctiefactor" werken beduidend sterker door in de berekende N en P excretie dan het vervangingspercentage en het aantal weidedagen.
- c) Een aantal (verwachte) trends in de melkveehouderij kan in de komende jaren andere eisen stellen aan de rekenregels en de (gegevens)bronnen voor de berekening van de N- en P-excretie. Denk aan de mate waarin en wijze waarop weidegang wordt toegepast in de melkveehouderij; toenemende belangstelling voor soortenrijk- en kruidenrijk grasland; genetische ontwikkeling van grassen, voedergewassen en melkkoeien; de ambitie om broeikasgasemissies te verlagen; klimaatverandering; het streven naar eiwit van eigen land; de opkomst van bioraffinage; en toenemende belangstelling voor "hoog energie, laag eiwit voeding". Daarnaast is het, naar de toekomst kijkend, zinvol om te evalueren waar in de berekeningswijze van de N en P excretie gebruikt gemaakt kan worden van gemiddelde waarden voor onderliggende factoren, en waar het wenselijk is die factoren te differentiëren. Een toenemende diversiteit in bedrijfstypen, bedrijfsomstandigheden en bedrijfsmanagement kan de bruikbaarheid van een gemiddelde waarden verlagen en de wenselijkheid van verdere differentiatie verhogen.

Literatuur

- AFRC, 1993. Energy and protein requirements of ruminants. Agricultural and Food Research Council Technical Committee on Responses to Nutrients Cab International, Wallingford, UK, .
- Agnew, R.E., Yan, T., McCaughey, W.J., McEvoy, J.D., Patterson, D.C., Porter, M.G., Steen, R.W.J., 2005. Relationships between urea dilution measurements and body weight and composition of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 88, 2476-2486.
- Andrew, S.M., Waldo, D.R., Erdman, R.A., 1994. Direct analysis of body-composition of dairy cows at three physiological stages. *J. Dairy Sci.* 77, 3022-3033.
- ARC, 1980. The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock. Farnham Royal, Slough, Gresham Press,, London,.
- Bikker, P., L.B. Šebek, C. van Bruggen & O. Oenema Stikstof- en fosfaatexcretie van gangbaar en biologisch gehouden landbouwhuisdieren Concept rapport, juni 2019 Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu. Wageningen, mei 2019 Wageningen University and Research WOT-technical report 152.
- Boxem, T., Dobbelaar, D.L., Durkz, D., Mulder, W., Talsma, L.W., Van Wijkckhuise, L., 1998. Conditie score melkvee [Body Condition Score of dairy cattle]. *Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden*, Lelystad, Nederland.
- Broekhoven, G., and H. Savenije. 2012. Moving forward with forest governance, EFRN news; issue no. 53. Wageningen: Tropenbos International.
- Bruinenberg, M.H., Honing, Y.v.d., Agnew, R.E., Yan, T., Vuuren, A.M.v., Valk, H., 2002a. Energy metabolism of dairy cows fed on grass. *Livestock Production Science* 75 (2002). 2002.
- Bruinenberg, M.H., Zom, R.L.G., Valk, H., 2002b. Energy evaluation of fresh grass in the diets of lactating dairy cows. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences* 50, 67-81.
- Cameron, L., Chagunda, M.G.G., Roberts, D.J., Lee, M.A., 2018. A comparison of milk yields and methane production from three contrasting high-yielding dairy cattle feeding regimes: Cut-and-carry, partial grazing and total mixed ration. *Grass Forage Sci.* 73, 789-797.
- Carp-van Dijke, Sanne, Annet Velthuis & Patty Penterman, 2016. Wat weegt de melkkoe anno 2016? *Herkauwer*, mei 2016, p. 18-19.
- CBS, 2017. Dierlijke mest en mineralen 2016. Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag/Heerlen/Bonaire, 2016.
- CBS, 2018. Dierlijke mest en mineralen 2017. Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag, 2018.
- CBS, 2019. Monitor fosfaat- en stikstofexcretie in dierlijke mest, 9 pp. Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag.
- CDM, 2012. Review. Methoden en data ter berekening van de mestproductie en mineralenuitscheiding per diercategorie door de Werkgroep Uniformering berekening Mest- en mineralencijfers. (Review WUM). Commissie van Deskundigen Meststoffenwet (CDM), Wageningen, maart 2012.
- COMV, C.O.M.V., 2005. Handleiding mineralenvoorziening rundvee, schapen, geiten. CVB, Centraal Veevoederbureau, Lelystad.
- Coppoolse, J., van Vuuren, A.M., Huisman, J., Janssen, W.M.M.A., Jongbloed, A.W., Lenis, N.P., Simons, P.C.M., 1990. De uitscheiding van stikstof, fosfor en kalium door landbouwhuisdieren, nu en morgen. Financieringsoverleg Mest- en Ammoniakonderzoek; Dienst Landbouwkundig Onderzoek, Wageningen.
- Crovetto, G.M., van der Honing, Y., 1984. Prediction of the energy content of milk from Friesian and Jersey cows with normal and high-fat concentration. *Zeitschrift Fur Tierphysiologie Tierernahrung Und Futtermittelkunde-Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 51, 88-97.
- CVB, C.V.B., 2016. Tabellenboek Veevoeding 2016 : voedernormen rundvee, schapen, geiten en voederwaarden voedermiddelen voor herkauwers. Federatie Nederlandse Diervoederketen, [Rijswijk].
- Dohme-Meier, F., Kaufmann, L.D., Gors, S., Junghans, P., Metges, C.C., van Dorland, H.A., Bruckmaier, R.M., Munger, A., 2014. Comparison of energy expenditure, eating pattern and physical activity of grazing and zero-grazing dairy cows at different time points during lactation. *Livest. Sci.* 162, 86-96.
- Dong, L.F., Yan, T., Ferris, C.P., McDowell, D.A., 2015. Comparison of maintenance energy requirement and energetic efficiency between lactating Holstein-Friesian and other groups of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 98, 1136-1144.

- Dijkstra, J., O. Oenema en A. Bannink, 2011. Dietary strategies to reducing N excretion from cattle: implications for methane emissions. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, Volume 3, Issue 5, October 2011, p. 414-422. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2011.07.008>
- DZK, 2019. <https://www.duurzamezuivelketen.nl/themas/behoud-van-weidegang>. Duurzame Zuivelketen, website augustus 2019.
- Fontaneli, R.S., Sollenberger, L.E., Littell, R.C., Staples, C.R., 2005. Performance of lactating dairy cows managed on pasture-based or in freestall barn-feeding systems. *J. Dairy Sci.* 88, 1264-1276.
- Frey, H.J., Gross, J.J., Petermann, R., Probst, S., Bruckmaier, R.M., Hofstetter, P., 2018. Performance, body fat reserves and plasma metabolites in Brown Swiss dairy cows: Indoor feeding versus pasture-based feeding. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 102, E746-E757.
- Galama, P.J., Evers, A.G., Gotink, G.J., Haan, M.H.A.d., Hollander, C.J., Laarhoven, G.C.P.M.v., Smolders, E.A.A., 2002. Vee in balans: Versneld naar Minas-eindnormen. Deel 2. Praktijkonderzoek Veehouderij, Lelystad.
- Galama, P.J., van Duinkerken, G., Smolders, G., Hilhorst, G.J., van der Vegt, D.Z., Lam, T., 2001. 10 jaar diermanagement De Marke. Praktijkonderzoek Veehouderij, Lelystad.
- Gibb, M.J., Ivings, W.E., 1993. A note on the estimation of the body-fat, protein, and energy content of lactating Holstein-Friesian cows by measurement of condition score and live weight. *Animal Production* 56, 281-283.
- Gibb, M.J., Ivings, W.E., Dhanoa, M.S., Sutton, J.D., 1992. Changes in body components of autumn-calving Holstein-Friesian cows over the 1st 29 weeks of lactation. *Animal Production* 55, 339-360.
- Groenestein, C.M., J. de Wit, C. van Bruggen & O. Oenema, 2015. Stikstof- en fosfaatexcretie van gangbaar en biologisch gehouden landbouwhuisdieren Herziening excretieforfaits Meststoffenwet 2015. WOt-technical report 45 Wageningen University and Research.
- Gruber, L., Ledinek, M., Steininger, F., Fuerst-Waltl, B., Zottl, K., Royer, M., Krimberger, K., Mayerhofer, M., Egger-Danner, C., 2018. Body weight prediction using body size measurements in Fleckvieh, Holstein, and Brown Swiss dairy cows in lactation and dry periods. *Arch. Anim. Breed.* 61, 413-424.
- Handboek Melkveehouderij, www.handboekmelkveehouderij.nl, Wageningen Livestock Research; redactie G.J. Rimmelink.
- Heeres-van der Tol, J.J., 2001. Vaste kengetallen rundvee, schapen en geiten herzien - In opdracht van de Werkgroep Uniformering Berekening Mest- en Mineralcijfers (WUM) Intern Rapport Praktijkonderzoek Veehouderij. Praktijkonderzoek Veehouderij, Lelystad, p. 16.
- Hofstetter, P., Frey, H.J., Gazzarin, C., Wyss, U., Kunz, P., 2014. Dairy farming: indoor v. pasture-based feeding. *J. Agric. Sci.* 152, 994-1011.
- Jacobsen, S., 2018. VLB: Gemiddelde productie voor het eerst boven 9.000 kilo, hoger mengvoerverbruik. *Melkvee*, 11 juli 2018.
- Jarrige, R., 1989. Ruminant Nutrition: recommended allowances. INRA Publications Paris, John Libbey Eurotext ,London, Paris.
- Jasinsky, A., Mattiauda, D.A., Ceriani, M., Casal, A., Carriquiry, M., 2019. Heat production and body composition of primiparous Holstein cows with or without grazing pastures in early lactation. *Livest. Sci.* 225, 1-7.
- Jongbloed, A.W., Steg, A., Simons, P.C.M., Janssen, W.M.M.A., Lenis, N.P., Meijs, J.A.C., 1985. Berekeningen over de mogelijke vermindering van de uitscheiding aan N, P, Cu, Zn en Cd door landbouwhuisdieren in Nederland. Mededelingen I.V.V.O. Instituut voor Veevoedkundig Onderzoek, Lelystad.
- Kaufmann, L.D., Munger, A., Rerat, M., Junghans, P., Gors, S., Metges, C.C., Dohme-Meier, F., 2011. Energy expenditure of grazing cows and cows fed grass indoors as determined by the (13)C bicarbonate dilution technique using an automatic blood sampling system. *J. Dairy Sci.* 94, 1989-2000.
- Klop, G., Ellis, J.L., Blok, M.C., Brandsma, G.G., Bannink, A., Dijkstra, J., 2014. Variation in phosphorus content of milk from dairy cattle as affected by differences in milk composition. *J. Agric. Sci.* 152, 860-869.
- Koenen, E.P.C., Groen, A.F., Gengler, N., 1999. Phenotypic variation in live weight and live-weight changes of lactating Holstein-Friesian cows. *Anim. Sci.* 68, 109-114.
- Koning, L., Šebek, L., Dijkstra, J., 2019. Jaarrond gemiddeld fosforgehalte in melk : Jaarrond monitoren van het P-gehalte in melk van de Nederlandse melkveestapel en de mogelijkheid het P-gehalte in melk te schatten uit andere melkbestanddelen. Wageningen Livestock Research, Wageningen.
- KWIN. Kwantitatieve Informatie Veehouderij, 2018/2019. Wageningen Livestock Research.

- Mahieu, S., 2014. Evaluatie van ruwvoeropnamevoorspelling bij melkvee volgens het ILVO-model. Faculteit Bio-ingenieurswetenschappen, Universiteit Gent, België, 95 pp.
- Mestbeleid, 2015. Tabel 5, Forfaitaire stikstof- en fosfaatgehalten in dierlijke mest 2015-2017, 2 pp.
- Mestbeleid, 2018. Tabel 4, Diergebonden forfaitaire gehalten 2018, 6 pp.
- Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, 2019. Monitor fosfaat- en stikstofexcretie in dierlijke mest, Kamerbrief, 15 februari 2019.
- Moraes, L.E., Kebreab, E., Strathe, A.B., Dijkstra, J., France, J., Casper, D.P., Fadel, J.G., 2015. Multivariate and univariate analysis of energy balance data from lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 98, 4012-4029.
- NRC, N.R.C., 2001. Nutrient requirements of dairy cattle 7th revised edition. Natiom Academy Press, Washington DC USA.
- O'Callaghan, T.F., Hennessy, D., McAuliffe, S., Kilcawley, K.N., O'Donovan, M., Dillon, P., Ross, R.P., Stanton, C., 2016. Effect of pasture versus indoor feeding systems on raw milk composition and quality over an entire lactation. *J. Dairy Sci.* 99, 9424-9440.
- O'Neill, B.F., Deighton, M.H., O'Loughlin, B.M., Mulligan, F.J., Boland, T.M., O'Donovan, M., Lewis, E., 2011. Effects of a perennial ryegrass diet or total mixed ration diet offered to spring-calving Holstein-Friesian dairy cows on methane emissions, dry matter intake, and milk production. *J. Dairy Sci.* 94, 1941-1951.
- Potts, S.B., Shaughnessy, M., Erdman, R.A., 2017. The decline in digestive efficiency of US dairy cows from 1970 to 2014. *J. Dairy Sci.* 100, 5400-5410.
- Roche, J.R., Friggens, N.C., Kay, J.K., Fisher, M.W., Stafford, K.J., Berry, D.P., 2009. Invited review: Body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare. *J. Dairy Sci.* 92, 5769-5801.
- RVO, R.V.O.N., 2018. Handreiking bedrijfsspecifieke excretie melkvee. Rijksdienst Voor Ondernemend Nederland, p. 56.
- Schröder, J.J., Šebek, L.B., Oenema, J., Conijn, J.G., Vellinga, T., Boer, J.d., 2019. Rekenregels van de KringloopWijzer 2018 : achtergronden van BEX, BEA, BEN, BEP en BEC: actualisatie van de 2017-versie. Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Agrosystems Research, Wageningen.
- Schröder, U.J., Staufenbiel, R., 2006. Methods to determine body fat reserves in the dairy cow with special regard to ultrasonographic measurement of backfat thickness. *J. Dairy Sci.* 89, 1-14.
- Tamminga, S., Aarts, F., Bannink, A., Oenema, O., Monteny, G.J., 2004. Actualisering van geschatte N en P excreties door rundvee. Reeks Milieu en Landelijk gebied.
- Tamminga, S., Jongbloed, A.W., Bikker, P., Šebek, L.B.M., van Bruggen, C., Oenema, O., 2009. Actualisatie excretiecijfers landbouwhuisdieren voor forfaits regeling Meststoffenwet. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, Wageningen.
- Tamminga, S., Jongbloed, A.W., van Eerdt, M.M., Aarts, H.F.M., Mandersloot, F., Hoogervorst, N.P.J., Westhoek, W., 2000. De forfaitaire excretie van stikstof door landbouwhuisdieren. Rapport ID-Lelystad no.00-2040R. Instituut voor Dierhouderij en Diergezondheid, Lelystad.
- Tamminga, S., Luteijn, P.A., Meijer, R.G.M., 1997. Changes in composition and energy content of liveweight loss in dairy cows with time after parturition. *Livest. Prod. Sci.* 52, 31-38.
- Van den Top, A.M.v.d., Schonewille, J.T., Beynen, A.C., 2000. Voeding van drachtige koeien in de droogstand : literatuurstudie ter actualisering van de voedingsadviezen door het CVB. Productschap Diervoeder CVB, Den Haag.
- Van der Honing, Y., Rijpkema, Y.S., 1974. Vergelijking van kunstmatig gedroogd gras met hooi in rantsoenen voor melkvee door middel van een voederproef en energiebalansproeven. Centrum voor Landbouwpublicaties en Landbouwdocumentaties, Pudoc, Wageningen.
- Van der Honing, Y., Steg, A., Es, A.J.H.v., 1977. Feed evaluation for dairy cows: tests on the system proposed in the Netherlands. *Livestock Production Science* 4 (1977) 1. 1977.
- Van Es, A.J.H., 1974. Energy intake and requirement of dairy cows during the whole year. *Livest. Prod. Sci.* 1, 21-32.
- van Es, A.J.H., 1978. Feed evaluation for ruminants 1. Systems in use from may 1977 onwards in Netherlands. *Livest. Prod. Sci.* 5, 331-345.
- Van Schooten, H., Philipsen, A., 2010. Effect van inkuilmanagement op emissie van broeikasgassen op bedrijfsniveau. Wageningen UR Livestock Research, p. 33.
- Van de Wijngaard, H., 2019. Persoonlijke mededeling.
- Volden, H., 2011. NorFor : the Nordic feed evaluation system. Wageningen Academic Publishers, Wageningen.
- WUM, W.U.B.M.-e.M., 2010. Gestandaardiseerde berekeningsmethode voor dierlijke mest en mineralen : standaardcijfers 1990-2008. CBS, Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag [etc.].

-
- WUM, W.U.m.-e.m., 1994. Uniformering mest- en mineralcijfers : standaardfactoren 1990, 1991 en 1992. *Maandstatistiek van de landbouw* 42 (7): 32 - 37. 1994.
- Yan, T., Mayne, C.S., Patterson, D.C., Agnew, R.E., 2009a. Prediction of body weight and empty body composition using body size measurements in lactating dairy cows. *Livest. Sci.* 124, 233-241.
- Yan, T., Patterson, D.C., Mayne, C.S., Agnew, R.E., Porter, M.G., 2009b. Prediction of empty body weight and composition from live weight and other live animal measurements in lactating dairy cows. *J. Agric. Sci.* 147, 241-252.

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



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

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

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

