



---

# Enterische methaanemissie van melkvee in relatie tot (vers) graskwaliteit Jaarrapport 2: 2021

Resultaten van een meerjarige beweidingsproef naar methaanemissie bij weidegang, zomerstalvoeding en het voeren van graskuil

Lisanne Koning, Gertjan Holshof, Arie Klop en Cindy Klootwijk

Openbaar  
Rapport 1402



**WAGENINGEN**  
UNIVERSITY & RESEARCH

---



---

# Enterische methaanemissie van melkvee in relatie tot (vers) graskwaliteit

## Jaarrapport 2: 2021

Resultaten van een meerjarige beweidingsproef naar methaanemissie bij weidegang,  
zomerstalvoeding en het voeren van graskuil

Lisanne Koning, Gertjan Holshof, Arie Klop en Cindy Klootwijk

Wageningen Livestock Research, De Elst 1, 6700 AH Wageningen, Nederland

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Livestock Research en gesubsidieerd door het ministerie van  
Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, in het kader van het Beleidsondersteunend onderzoek thema 'Integraal  
aanpakken' van de Klimaatenvolp (projectnummer BO-43-105-012).

Wageningen Livestock Research  
Wageningen, december 2022

---

Openbaar  
Rapport 1402

---

Koning, L., G. Holshof, A. Klop, & C. Klootwijk, 2022. *Enterische methaanemissie van melkvee in relatie tot (vers) graskwaliteit Jaarrapport 2: 2021; Resultaten van een meerjarige beweidingsproef naar methaanemissie bij weidegang, zomerstalvoeding en graskuil*. Wageningen Livestock Research, Openbaar Rapport 1402.

Binnen het Klimaatakkoord zijn scherpe doelstellingen geformuleerd om gelijktijdig methaan (CH<sub>4</sub>) en ammoniak (NH<sub>3</sub>) emissies te reduceren. Het doel van dit meerjarige beweidingsonderzoek is om inzicht te krijgen in de reductiepotentie van vers gras voor CH<sub>4</sub> en NH<sub>3</sub> in de melkveehouderij. Hiervoor is twee jaar op rij in drie perioden per jaar (april/mei, juni/juli en augustus/september) dezelfde proef uitgevoerd waarbij de enterische CH<sub>4</sub> emissie is gemeten bij melkkoeien op een volledig graskuilrantsoen, volledige weidegang en volledig zomerstalvoeding (vers gras op stal). Deze tweede jaarrapportage laat vergelijkbare resultaten zien als het eerste jaar, met de laagste emissie op volledige weidegang in het voorjaar. Overall over beide jaren en alle perioden was de CH<sub>4</sub> opbrengst per kg droge stof (DS) tijdens volledige weidegang 17,2 g CH<sub>4</sub>/kg DS, op zomerstalvoeding 18,3 g CH<sub>4</sub>/kg DS en op graskuil 21,0 g CH<sub>4</sub>/kg DS. De emissie op vers gras verschilde tussen perioden. Groeistadium had ook een effect, de CH<sub>4</sub> emissie was iets lager op kort gras dan op lang gras. Er werd op basis van deze twee jaar geen jaareffect gevonden. De gemeten spreiding in CH<sub>4</sub> emissie biedt perspectief voor het verminderen van enterische CH<sub>4</sub> emissie op basis van graslandmanagement. Daarnaast laat de spreiding het belang zien van het aanpassen van de standaard emissiefactor van vers gras afhankelijk van graskwaliteit.

The Climate Agreement describes strict reduction targets to reduce methane (CH<sub>4</sub>) and ammonia (NH<sub>3</sub>) emissions simultaneously. The goal of this multiannual research is to explore the reduction potential for CH<sub>4</sub> and NH<sub>3</sub> in the dairy sector via (fresh) grass management. In two consecutive years containing three periods per year (April/May, June/July and August/September) the same experiment has been performed where enteric CH<sub>4</sub> of dairy cows was measured receiving grass silage, fulltime grazing or zero-grazing (cut-and-carry system). The results found in the second year were in comparison with the first year, having the lowest CH<sub>4</sub> emission on fulltime grazing in spring. Overall, regardless of year or period, the average CH<sub>4</sub> yield of cows on fulltime grazing was 17.2 g CH<sub>4</sub>/kg DM, on zero-grazing 18.3 g CH<sub>4</sub>/kg DM and on grass silage 21.0 g CH<sub>4</sub>/kg DM. CH<sub>4</sub> yield of fresh grass differed between periods. Growth stadia had an effect as well, emission was lower on short grass compared to long grass. Based on these two years, no year effect was found. The measured variance in CH<sub>4</sub> emission shows potential for reducing enteric CH<sub>4</sub> using grassland management. Additionally, the study showed the importance of adjusting the emission factor of fresh grass based on grass quality.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/583403> of op [www.wur.nl/livestock-research](http://www.wur.nl/livestock-research) (onder Wageningen Livestock Research publicaties).



Dit werk valt onder een Creative Commons Naamsvermelding-Niet Commercieel 4.0 Internationaal-licentie.

© Wageningen Livestock Research, onderdeel van Stichting Wageningen Research, 2022

De gebruiker mag het werk kopiëren, verspreiden en doorgeven en afgeleide werken maken. Materiaal van derden waarvan in het werk gebruik is gemaakt en waarop intellectuele eigendomsrechten berusten, mogen niet zonder voorafgaande toestemming van derden gebruikt worden. De gebruiker dient bij het werk de door de maker of de licentiegever aangegeven naam te vermelden, maar niet zodanig dat de indruk gewekt wordt dat zij daarmee instemmen met het werk van de gebruiker of het gebruik van het werk. De gebruiker mag het werk niet voor commerciële doeleinden gebruiken.

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.

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 gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Openbaar Wageningen Livestock Research Rapport 1402

---

# Inhoud

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
|          | <b>Woord vooraf</b>                                   | <b>5</b>  |
|          | <b>Samenvatting</b>                                   | <b>7</b>  |
| <b>1</b> | <b>Inleiding</b>                                      | <b>9</b>  |
|          | 1.1 Aanleiding onderzoek                              | 9         |
|          | 1.2 Doel van het deelonderzoek                        | 10        |
| <b>2</b> | <b>Materiaal en methode</b>                           | <b>11</b> |
|          | 2.1 Overkoepelende proefopzet                         | 11        |
|          | 2.2 Koegegevens                                       | 12        |
|          | 2.3 Behandelingen                                     | 14        |
|          | 2.3.1 Proef A   | 14        |
|          | 2.3.2 Proef B   | 14        |
|          | 2.4 Graslandmanagement                                | 15        |
|          | 2.4.1 Proef A   | 15        |
|          | 2.4.2 Proef B   | 16        |
|          | 2.5 Methaanmetingen                                   | 16        |
|          | 2.5.1 Meetapparatuur                                  | 16        |
|          | 2.5.2 Proefopzet                                      | 17        |
|          | 2.5.3 Krachtvoergift                                  | 17        |
|          | 2.6 Graskwaliteit en grasopname metingen              | 17        |
|          | 2.6.1 Grasmonsters en analyse                         | 17        |
|          | 2.6.2 Vers grasopname in de wei                       | 18        |
|          | 2.7 Penskarakteristieken                              | 18        |
|          | 2.7.1 Proefopzet pensfistelkoeien                     | 18        |
|          | 2.7.2 Vetzuurpatroon en ammoniak in de pens           | 19        |
|          | 2.7.3 Continue pH metingen                            | 19        |
|          | 2.8 Afbraakkarakteristieken vers gras en graskuil     | 20        |
|          | 2.9 Statistische analyse                              | 20        |
|          | 2.9.1 Melkproductie, voeropname en methaanemissie     | 20        |
|          | 2.9.2 Vers grasopname en graskwaliteit                | 21        |
|          | 2.9.3 Penskarakteristieken                            | 22        |
|          | 2.9.4 Meta-analyse data van 2020 en 2021              | 22        |
| <b>3</b> | <b>Resultaten</b>                                     | <b>23</b> |
|          | 3.1 Weersomstandigheden en uitvoering beweiding       | 23        |
|          | 3.2 Melkproductie en voeropname                       | 24        |
|          | 3.2.1 Proef A   | 24        |
|          | 3.2.2 Proef B   | 24        |
|          | 3.3 Geschatte vers grasopname                         | 27        |
|          | 3.4 Methaanemissie                                    | 27        |
|          | 3.4.1 Proef A   | 28        |
|          | 3.4.2 Proef B   | 29        |
|          | 3.5 Voerkwaliteit                                     | 31        |
|          | 3.5.1 Kwaliteitsverval zomerstalvoeding               | 34        |
|          | 3.5.2 Vers graskwaliteit in de ochtend en avond       | 34        |
|          | 3.6 Penskarakteristieken                              | 34        |
|          | 3.6.1 Vluchtige vetzuurpatroon en ammoniak in de pens | 34        |
|          | 3.6.2 Zuurgraad (pH) in de pens                       | 36        |
|          | 3.7 Afbraakkarakteristieken van vers gras en graskuil | 36        |
|          | 3.8 Meta-analyse data 2020 en 2021                    | 37        |

---

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>4</b> | <b>Discussie</b>   | <b>40</b> |
| <b>5</b> | <b>Conclusies en aanbevelingen</b>                               | <b>44</b> |
|          | <b>Literatuur</b>  | <b>45</b> |
|          | <b>Bijlage 1   Temperatuur en neerslag in 2021</b>               | <b>47</b> |
|          | <b>Bijlage 2   Overzicht voederwaarde proef A</b>                | <b>48</b> |
|          | <b>Bijlage 3   Overzicht voederwaarde proef B</b>                | <b>49</b> |
|          | <b>Bijlage 4   Vers grasopname vergelijking methodieken 2021</b> | <b>50</b> |
|          | <b>Bijlage 5   Vers gras kwaliteit</b>                           | <b>51</b> |
|          | <b>Bijlage 6   Resultaten nylon zakjes incubatie</b>             | <b>53</b> |

---

# Woord vooraf

Dit onderzoek is gefinancierd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) en maakt deel uit van de programmatische aanpak 'Integraal Aanpakken' als onderdeel van de Klimaatenvolp. Het overkoepelende onderzoeksdoel binnen deze programmatische aanpak is een reductie van 30% van methaan (CH<sub>4</sub>) en ammoniak (NH<sub>3</sub>) emissie in 2030. Voor de periode na 2030 zal een hogere reductie- en implementatiegraad tot meer emissiereductie kunnen leiden (de aanpak is een *'no regret policy'* voor toekomstige klimaat- en stikstofdoelen). Het reduceren van zowel CH<sub>4</sub> als NH<sub>3</sub> is complex en vereist grensverleggingen in de kennis over de spijsvertering van koeien en het rantsoen in de melkveehouderij. De aanpak bestaat uit snelle koppeling en opeenvolging van kennisontwikkeling, kennistoepassing en kennisverspreiding tot implementatie en monitoring in de praktijk. Integraal betekent in het kader van deze aanpak dat de gehele keten van maatregelen en werkwijzen om tot een rantsoen te komen (inkuilen, graslandbeheer, graswinning, kwaliteit, beweiding, bemesting, etc.) onderzocht wordt en op de nieuwe doelen afgestemd moet worden. De integrale aanpak van CH<sub>4</sub> en NH<sub>3</sub> zorgt voor handelingsperspectief zodat melkveehouders gelijktijdig beide emissies kunnen reduceren. Grasland is de basis van de melkveehouderij en graslandmanagement heeft direct effect op de voeding en emissies van melkvee. Gras en weidegang wordt nu echter nog niet gebruikt als sturingsmechanisme om emissies te reduceren. Voor een integrale aanpak met een focus op kringlooptlandbouw is het essentieel te erkennen dat (vers) gras en graslandproducten in emissieberekeningen niet langer gezien kunnen worden als een uniform product.

De nieuwe fundamentele kennis die volgt uit dit onderzoek kan worden omgezet in handelingsperspectief om met vers gras en weidegang CH<sub>4</sub> en NH<sub>3</sub> emissies gelijktijdig te reduceren. Dit fundamentele traject is direct gelinkt aan een praktijknetwerk waarin deze nieuwe inzichten worden getoetst op praktijkbedrijven. Bert Philipsen is projectleider voor het praktijknetwerk met melkveebedrijven met weidegang en heeft uitvoerig meegedacht bij de opzet en uitvoering van dit onderzoek. Leon Sebek is projectleider voor aanpalende projecten rondom gras en CH<sub>4</sub> emissie en ook met hem is uitvoerig afgestemd en inhoudelijk getoetst. André Bannink heeft de verkennende modelberekeningen met het Tier 3 model uitgevoerd. Daarnaast was het harde werk van alle betrokken medewerkers van Dairy Campus onmisbaar voor de succesvolle uitvoering van deze proef.

Dit uitvoeringsjaar (2021) is het tweede jaar in een langere serie van meerjarig onderzoek. In dit tweede jaar is de proefopzet een replica van het eerste jaar (2020). De verwachting is dat dit meerjarige onderzoek een bijdrage levert aan een duurzame en grondgebonden melkveehouderij in Nederland. Deze rapportage beschrijft de resultaten van het tweede jaar en een meta-analyse van beide jaren onderzoek.

Cindy Klootwijk  
Projectleider  
Wageningen Livestock Research





---

# Samenvatting

In het Klimaatakkoord is een reductieopgave voor de veehouderij geformuleerd voor enterische methaan (**CH<sub>4</sub>**) en ammoniak (**NH<sub>3</sub>**) voor 2030. Een geïntegreerde aanpak waarbij voer- en diernaatregelen onderzocht worden, moet er toe leiden dat zowel de CH<sub>4</sub> als de NH<sub>3</sub> emissie verlaagd worden, zonder negatieve afwentelingen op andere maatschappelijke doelen, zoals diergezondheid en -welzijn. Op het gebied van graslandmanagement is het perspectief om het gras zodanig te gebruiken en de graskwaliteit zodanig te sturen via teelt, bemesting en oogst dat CH<sub>4</sub> en NH<sub>3</sub> emissies gelijktijdig worden gereduceerd. Om sturingsfactoren en hun perspectief voor sturing vast te kunnen stellen, is fundamentele kennis nodig over de mechanismes waarmee de (vers) graskwaliteit de CH<sub>4</sub> emissie beïnvloedt. Het doel van dit meerjarige beweidingsonderzoek was om inzicht te krijgen in de reductiepotentie van vers gras voor CH<sub>4</sub> en NH<sub>3</sub> in de melkveehouderij. Hiervoor is twee jaar op rij dezelfde proef uitgevoerd met een gangbare graskuil als referentie. De hypothese is dat de ranking in CH<sub>4</sub> emissie gedurende het seizoen tussen graskuil, zomerstalvoeding en weiden kan veranderen door veranderingen in graskwaliteit, maar dat zeker vers gras in het voorjaar en mogelijk ook in het najaar leidt tot een lagere CH<sub>4</sub> emissie ten opzichte van graskuil.

De onderzoeksvragen waren:

1. Wat is de CH<sub>4</sub> emissie bij graskuil, vers gras op stal (zomerstalvoeding) en weidegang?
2. Wat is het effect van groeistadium van gras op de CH<sub>4</sub> emissie bij weidegang?
3. Wat is het effect van periode (voorjaar, zomer, najaar) en jaar (2020, 2021) op de CH<sub>4</sub> emissie bij vers gras?

Om deze onderzoeksvragen te beantwoorden, zijn tevens de volgende deelvragen gesteld:

- a. Welke voederwaardecomponenten van vers gras spelen een rol bij de CH<sub>4</sub> emissie?
- b. Verandert de kwaliteit van vers gemaaid gras wanneer het een aantal uur in de stal ligt?
- c. Hoe verandert de kwaliteit van vers gras in de weide over het etmaal?

Om deze onderzoeksvragen te beantwoorden is zowel in 2020 als 2021 exact dezelfde proef uitgevoerd met twee proefonderdelen (proef A en proef B) op Dairy Campus (Leeuwarden, Nederland). Het beweidingseizoen is beide jaren (2020 en 2021) opgedeeld in drie perioden: periode 1 ("voorjaar") in april en mei, periode 2 ("zomer") in juni en juli en periode 3 ("najaar") in augustus en september. Bij de interpretatie van de resultaten in relatie tot voorjaar, zomer en najaar moet rekening gehouden worden dat deze perioden niet per definitie representatief zijn voor een "voorjaar", "zomer" en "najaar". De termen worden gebruikt met de disclaimer dat seizoen niet noodzakelijkerwijs de aanleiding is van de gevonden resultaten. In elke periode is eerst vier weken proef A uitgevoerd gevolgd door vier weken proef B. Elke proefperiode bestond uit twee weken voorperiode (adaptatie) gevolgd door twee weken meetperiode. In proef A is een vergelijking gemaakt tussen een volledig graskuilrantsoen (GK), volledige weidegang (WEI) en volledig vers gras op stal oftewel zomerstalvoeding (ZSV). In proef B is een vergelijking gemaakt tussen gras met een korte groeiduur (circa 8 cm lengte, KORT) en gras met een langere groeiduur (circa 15 cm lengte, LANG). In proef B hebben de koeien overdag circa 8-10 uur geweid, tussen twee melkbeurten in en kregen ze 's nachts graskuil op stal. Aan alle dieren is gedurende de gehele proefperiode daarnaast een maximale hoeveelheid krachtvoer verstrekt van 5,5 kg per koe per dag via de GreenFeed en in de melkstal. De enterische CH<sub>4</sub> productie is non-invasief (in de ademlucht) gemeten met behulp van Greenfeed units in de stal en in de wei. Daarnaast zijn diereigenschappen (zoals aantal dagen in lactatie, pariteit en gewicht), individuele dagelijkse melkproductie en voeropname geregistreerd en zijn melk- en voermonsters genomen om respectievelijk de melksamenstelling en graskwaliteit te bepalen. Ook zijn pens- (pH en vluchtige vetzuurpatroon) en afbraakkenmerken gemeten in een selecte groep pensgestutten.

In 2020 was in proef A de CH<sub>4</sub> emissie (zowel de **productie** per koe per dag, de **intensiteit** per kg meetmelk als de **opbrengst** per kg droge stof (**DS**)) in alle perioden significant het laagst bij volledige weidegang en het hoogst op volledig graskuil (beschreven in jaarrapport 1). Zomerstalvoeding zat er tussenin.

---

De verschillen waren in het voorjaar het grootst en in het najaar het kleinst. In 2021 werden vergelijkbare resultaten gevonden voor het voorjaar en was de CH<sub>4</sub> productie, intensiteit en opbrengst significant het laagst bij volledige weidegang en het hoogst op graskuil (zomerstalvoeding er tussenin). In de zomer en het najaar werden echter geen significante verschillen gevonden voor de CH<sub>4</sub> intensiteit en opbrengst. In de zomer leek de CH<sub>4</sub> opbrengst hoger op volledige weidegang, maar de verschillen waren niet significant. In het najaar was de CH<sub>4</sub> opbrengst net als in het voorjaar het hoogst op graskuil, maar ook deze verschillen waren niet significant. De meta-analyse van 2020 en 2021 liet zien dat ongeacht jaar of periode, zowel de CH<sub>4</sub> productie, CH<sub>4</sub> intensiteit als de CH<sub>4</sub> opbrengst significant het laagst was bij volledige weidegang, dan voor zomerstalvoeding en het hoogst op een volledig graskuilrantsoen. De gemiddelde (*least square means*) CH<sub>4</sub> opbrengst tijdens volledige weidegang was 17,2 g CH<sub>4</sub>/kg DS, bij zomerstalvoeding 18,3 g CH<sub>4</sub>/kg DS en op graskuil 21,0 g CH<sub>4</sub>/kg DS.

In 2020 werd in proef B vooral in het voorjaar en in de zomer een effect van groeistadium van vers gras op de CH<sub>4</sub> opbrengst gevonden, waarbij kort gras (met een korte groeiduur) een lagere emissie had dan lang gras (beschreven in jaarrapport 1). Hoewel in 2021 de absolute getallen een vergelijkbaar patroon lieten zien, waren de verschillen in dat jaar in geen enkele periode significant. De meta-analyse van 2020 en 2021 liet echter wel een significant effect van kort en lang gras zien op de CH<sub>4</sub> productie, intensiteit en opbrengst. De CH<sub>4</sub> opbrengst bij beperkte weidegang op kort gras was 20,0 g CH<sub>4</sub>/kg DS en bij beperkte weidegang op lang gras was dit 20,9 g CH<sub>4</sub>/kg DS. Een effect van periode en jaar werd niet gevonden.

Voor beide proeven (A en B) werd geen periode- en jaareffecten gevonden in de meta-analyse, enkel een trend voor een lagere CH<sub>4</sub> opbrengst in het voorjaar en het hogere CH<sub>4</sub> opbrengst in de zomer. Vers gras (al dan niet op stal) liet wel een periode-effect zien. Dat er geen jaareffecten werden gevonden betekent niet dat jaareffecten geen belangrijke rol kunnen spelen. De huidige meta-analyse bevatte data van slechts twee jaar en ingrepen als beregenen kunnen jaareffecten als gevolg van weersomstandigheden minder zichtbaar maken.

Dit tweejarige onderzoek heeft aangetoond dat de CH<sub>4</sub> emissie van vers gras kan verschillen afhankelijk van de kwaliteit van het verse gras en dat de emissiefactor (**EF**) van vers gras momenteel mogelijk te hoog ingeschat wordt. Dat de gemeten spreiding in CH<sub>4</sub> emissie afhankelijk is van seizoen, oogstmethode en groeistadium biedt perspectief voor het verminderen van enterische CH<sub>4</sub> emissie op basis van graslandmanagement. Daarnaast laat de spreiding het belang zien van het aanpassen van de standaard EF van vers gras afhankelijk van graskwaliteit. Hoe vers graskwaliteit zich echter relateert aan CH<sub>4</sub> productie is lastig te kwantificeren. De eerste resultaten lieten zien dat een hoger NDF of ruwe celstof gehalte, een lager suikergehalte of een lagere verteringscoëfficiënt van organische stof resulteerde in een hogere CH<sub>4</sub> opbrengst (per kg DS). Een multidimensionale analyse die het effect van meerdere voederwaardecomponenten tegelijk onderzoekt, kan meer duidelijkheid geven en wordt daarom aanbevolen in een vervolgtraject.

De emissiemodellen die gebruikt worden in de huidige KringloopWijzer en de EmissieRegistratie (Tier 3 model) konden de CH<sub>4</sub> emissie voor vers gras niet goed reproduceren op basis van voeropname en rantsoensamenstelling, ook niet indien rekening gehouden werd met de waargenomen afbraakkarakteristieken en penskarakteristieken. Vooral het voorjaarsgras was in dit onderzoek opvallend. Tweemaal op rij werd in het voorjaar een CH<sub>4</sub> opbrengst gemeten van minder dan 14,8 g CH<sub>4</sub>/kg DS. Hoewel de gevonden resultaten consistent zijn, kon de verklaring niet gevonden worden. Nader onderzoek moet uitwijzen wat de oorzaak is van de bijzonder laag gemeten CH<sub>4</sub> emissie in het voorjaar. Hiervoor is meer fundamenteel onderzoek nodig om de mechanismes van de fermentatie van vers gras (zowel in de pens als in de darm) beter te begrijpen. Wanneer duidelijk is wat de lage CH<sub>4</sub> emissie als gevolg van de graskwaliteit van voorjaarsgras veroorzaakt (en of dit inderdaad specifiek is voor het voorjaar), kan er gekeken worden naar hoe daarop gestuurd kan worden, zodat vers gras op een juiste manier ingezet en ingerekend kan worden als maatregel om CH<sub>4</sub> en NH<sub>3</sub> te reduceren.

---

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding onderzoek

In 2019 was de totale methaan (CH<sub>4</sub>) emissie in Nederland 17,2 Megaton (MT) koolstofdioxide equivalenten (CO<sub>2</sub>-eq.) (Emissieregistratie, 2020). Hiervan was 13,1 MT CO<sub>2</sub>-eq. afkomstig uit de agrarische sector en daarvan was weer 7,4 MT CO<sub>2</sub>-eq. afkomstig uit de spijsvertering van melkkoeien, ook wel enterische CH<sub>4</sub> emissie (Ruysenaars *et al.*, 2020). In het Klimaatakkoord is een reductieopgave voor de veehouderij geformuleerd van 1,2-2,7 MT CO<sub>2</sub>-eq (Klimaatakkoord, 2019) per 2030, waarvan 0,5-1,0 MT CO<sub>2</sub>-eq. voor de reductie van enterisch CH<sub>4</sub>. Daarnaast zijn er ook eisen voor de reductie van ammoniak (NH<sub>3</sub>). Volgens de NEMA-berekeningen kwam in 2018 94% van de NH<sub>3</sub> emissie in Nederland uit de agrarische sector met een totaal van 111,2 kiloton. Hiervan komt 64,4 kiloton NH<sub>3</sub> voor rekening van rundvee (Bruggen *et al.*, 2020). Een geïntegreerde aanpak waarbij voeren en diermaatregelen onderzocht worden, moet er toe leiden dat zowel de CH<sub>4</sub> als NH<sub>3</sub> emissie verlaagd worden, zonder negatieve afwentelingen op andere maatschappelijke doelen, zoals diergezondheid en -welzijn.

Grasland is de basis van de melkveehouderij. Graslandmanagement heeft direct effect op de voeding en emissies van melkvee, maar wordt nu nog niet gebruikt als sturingsmechanisme om emissies te reduceren. Voor een integrale aanpak met een focus op kringlooplandbouw is het essentieel te erkennen dat (vers) gras en graslandproducten in emissieberekeningen niet gezien moeten worden als een uniform product. Door verschillende groeiomstandigheden op basis van grondsoort, seizoen en weer, en verschillen in gebruik of management, zoals beweidingssystemen en maaieregimes, ontstaat een range aan graskwaliteiten. Die range in graskwaliteiten heeft direct effect op de emissie van CH<sub>4</sub> en NH<sub>3</sub>. Om te kunnen sturen op gelijktijdige reductie van die emissies is het noodzakelijk om de mechanismes waarmee de graskwaliteit de CH<sub>4</sub> en NH<sub>3</sub> emissie beïnvloedt te doorgronden. De mechanismes rondom NH<sub>3</sub> in relatie tot (vers) gras zijn goed in beeld en zijn te sturen met een lager eiwitgehalte (en meer bestendig en minder onbestendig eiwit) en een hoger energiegehalte. Voor CH<sub>4</sub> is de relatie minder direct en lijken er meer factoren een rol te spelen. Op basis van eerder onderzoek is bekend dat bij graskuil het maaimoment een belangrijke rol speelt in de vorming van CH<sub>4</sub> (Warner *et al.*, 2017). Bij vers gras zijn de mechanismes minder bekend. Relaties en effecten van gelijktijdige reductie van CH<sub>4</sub> en NH<sub>3</sub> zijn bovendien nog niet integraal getoetst op bedrijfsniveau met specifieke focus op vers gras en weidegang.

De enterische CH<sub>4</sub> emissie wordt in Nederland jaarlijks op nationaal niveau berekend met een dynamisch en mechanistisch model (Bannink *et al.*, 2011). Dit model is over de jaren heen ontwikkeld en gebaseerd op de onderliggende principes van microbiële activiteit, afbraak en fermentatie van producten, absorptie door de penswand en passage naar de darm. Het is een zogeheten Tier 3 benadering volgens de richtlijnen van de *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC). Het model kan nauwkeurig de gemiddelde enterische CH<sub>4</sub> emissie benaderen op landelijk niveau. Voor het doorrekenen op bedrijfsniveau wordt een vereenvoudigde weergave van het model gebruikt, waarbij voor elk voermiddel een emissiefactor (EF, in g CH<sub>4</sub>/kg droge stof (DS)) is bepaald afhankelijk van het aandeel snijmais in ruwvoer (Bannink *et al.*, 2020). De berekening van de EF van een rantsoen is vervolgens afhankelijk van rantsoensamenstelling, voeropname en kuil kwaliteit, zoals beschreven in Sebek *et al.*, (2016) en Van Dijk *et al.*, (2020). Deze rekenregels worden gebruikt in de KringloopWijzer (KLW), die elke veehouder in Nederland verplicht is om jaarlijks in te vullen. Voor weidegras en zomerstalvoeding (vers gras op stal) wordt in de berekening een vaste waarde gebruikt van respectievelijk 19,2 en 23,3 g CH<sub>4</sub>/kg DS. Voor graskuil wordt de EF gecorrigeerd voor het NDF gehalte (en voor maiskuil het NDF- en zetmeelgehalte); hoe hoger het NDF gehalte (en voor maiskuil hoe lager het zetmeelgehalte), hoe hoger de emissie voor graskuil (en maiskuil). Op basis van het meerjarige onderzoek beschreven in deze rapportage kunnen de rekenregels voor vers gras (waarbij graskuil is meegenomen als referentie) tegen het licht gehouden worden en kan worden gekeken of deze mogelijk vragen om verdere verfijning.

---

## 1.2 Doel van het deelonderzoek

Er liggen concrete aanknopingspunten om via het management van grasland te komen tot een integrale aanpak in de reductie van CH<sub>4</sub> en NH<sub>3</sub> op melkveebedrijven. Het perspectief is om het gras zodanig te gebruiken en de graskwaliteit zodanig te sturen via teelt, bemesting en oogst dat CH<sub>4</sub> en NH<sub>3</sub> emissies gelijktijdig worden gereduceerd. Dit enerzijds zowel via graskuil, door het beïnvloeden van het oogstmoment en het inkuilproces, als via vers gras door sturen via beweidingsmanagement. Anderzijds door de keuze van het graslandgebruik in het bedrijfsmanagement als graskuil en zomerstalvoeding, of voor weiden inclusief het bijbehorende beweidingssysteem. Om sturingsfactoren en hun perspectief voor sturing vast te kunnen stellen, is fundamentele kennis nodig over de mechanismes waarmee graskwaliteit de CH<sub>4</sub> emissie beïnvloedt. Dit fundamentele traject focust daarom op het effect van (vers) graskwaliteit op de enterische CH<sub>4</sub> emissie. Omdat graskwaliteit afhankelijk is van bijvoorbeeld weersinvloeden die per jaar kunnen verschillen, is het onderzoek herhaald over twee jaren.

Op basis van eerder onderzoek is de verwachting dat de celwandbestanddelen (relatie met ouderdom) van het gras (gemeten in ruwe celstof, NDF, ADF en ADL) en de verteerbaarheid van het organische stof de belangrijkste factoren zijn om de CH<sub>4</sub> emissie in relatie tot graskwaliteit te verklaren. Er spelen bij vers gras in de vorm van weidegang of zomerstalvoeding echter mogelijk andere factoren een rol, zoals suiker- en eiwitgehalte. De hypothese is dat de ranking in CH<sub>4</sub> emissie gedurende het seizoen tussen graskuil, zomerstalvoeding en weiden kan veranderen door veranderingen in graskwaliteit (bv. jong voorjaarsgras vergeleken met ouder doorgeschoten gras in juli), maar dat zeker het voorjaarsweidegras en mogelijk ook het najaarsweidegras leidt tot een lagere CH<sub>4</sub> emissie ten opzichte van graskuil. In dit onderzoek ligt de focus op CH<sub>4</sub> emissie (en minder op de NH<sub>3</sub> emissie), omdat die mechanismes minder bekend zijn voor vers gras. De onderzoeksvragen waren:

1. Wat is de CH<sub>4</sub> emissie bij graskuil, vers gras op stal (zomerstalvoeding) en weidegang?
2. Wat is het effect van groeistadium van gras op de CH<sub>4</sub> emissie bij weidegang?
3. Wat is het effect van periode (voorjaar, zomer, najaar) en jaar (2020, 2021) op de CH<sub>4</sub> emissie bij vers gras?

Om deze onderzoeksvragen te beantwoorden, zijn tevens de volgende deelvragen gesteld:

- a. Welke voederwaardecomponenten van vers gras spelen een rol bij de CH<sub>4</sub> emissie?
- b. Verandert de kwaliteit van vers gemaaid gras wanneer het een aantal uur in de stal ligt?
- c. Hoe verandert de kwaliteit van vers gras in de weide over het etmaal?

De onderzoeksvragen waren gelijk aan die van het eerste jaar van het project (Klootwijk *et al.*, 2021). Ook de uitvoering van het onderzoek was gelijk aan het eerste jaar. Op deze manier kan de data van beide jaren gebruikt worden voor een meta-analyse om mogelijke jaareffecten in beeld te brengen. Hierbij moet er rekening mee worden gehouden dat data van slechts twee jaar het mogelijke jaareffect niet per definitie goed in beeld kunnen brengen. Hetzelfde geldt voor het periode (seizoen) effect. Bij de interpretatie van de resultaten in relatie tot voorjaar, zomer en najaar moet rekening gehouden worden dat de perioden gedefinieerd in deze studie niet per definitie representatief zijn voor een "voorjaar", "zomer" en "najaar". De experimentele data van beide jaren zullen gebruikt worden om het Tier 3 model (Bannink *et al.*, 2011) te valideren voor vers gras, evenals de huidige empirische rekenregels in de KringloopWijzer. Daartoe is het belangrijk dat zowel de graskwaliteit als de pensfermentatie in beeld worden gebracht.

Het beoogde doel hiermee is dat de nieuwe fundamentele kennis gebruikt kan worden om inzicht te krijgen in de reductiepotentie voor de praktijk om met graslandmanagement gelijktijdig CH<sub>4</sub> en NH<sub>3</sub> emissies te reduceren. Dit project draagt daarmee bij aan de doelstelling van 2030 door inzichtelijk te maken wat de reductiepotentie is als vers gras ingezet wordt als maatregel om emissies te verlagen in plaats van als randvoorwaarde.

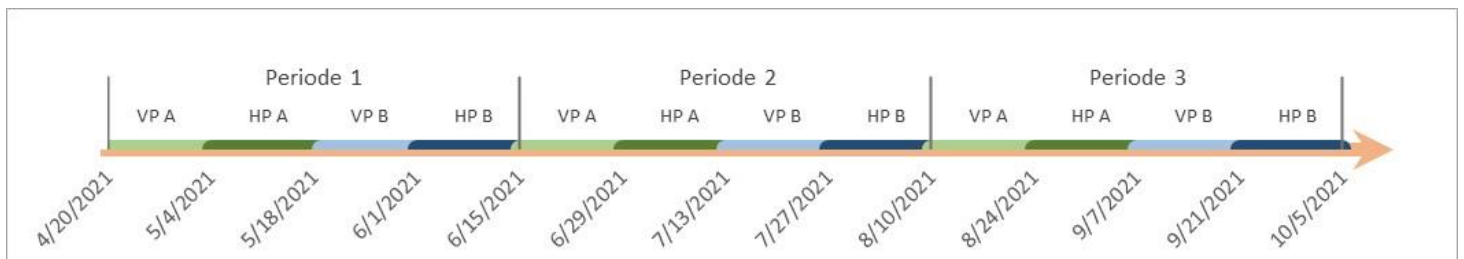
In hoofdstuk 2 staat de proefopzet van 2021 beschreven, die in de basis gelijk is aan de proefopzet van 2020 zoals beschreven in Klootwijk *et al.* (2021). In hoofdstuk 3 staan de resultaten beschreven van de metingen in 2021, inclusief de resultaten van de meta-analyse van de data van 2020 en 2021 (hoofdstuk 3.8), hoofdstuk 4 beschrijft een discussie van deze resultaten en hoofdstuk 5 geeft conclusies en aanbevelingen voor vervolg.

## 2 Materiaal en methode

### 2.1 Overkoepelende proefopzet

Er is een vergelijking gemaakt tussen het voeren van graskuil en vers gras in diverse stadia. De proef is in 2021, net als in 2020, in 2 onderdelen verdeeld: de A proef en de B proef. Beide onderdelen zijn tussen 20 april en 5 oktober 2021 uitgevoerd op Dairy Campus (Leeuwarden, Nederland), het innovatiecentrum voor melkveehouderij van Wageningen University & Research. De proef heeft goedkeuring van de Instantie voor Dierenwelzijn (IvD) en is uitgevoerd onder vergunning AVD401002016653 afgegeven door de Centrale Commissie Dierproeven (CCD).

Proef A en proef B bestonden elk uit 3 proefperioden, namelijk voorjaar (periode 1), zomer (periode 2) en najaar (periode 3). De proefperioden van proef A en B werden afwisselend uitgevoerd in volgorde A1, B1, A2, B2, A3 en B3 (figuur 2.1). Elke proefperiode bestond uit twee weken voorperiode (adaptatie) gevolgd door twee weken meetperiode. In de adaptatieperiode konden de proefdieren wennen aan de huisvesting, weidegang, koppelgenoten, het nieuwe rantsoen en de GreenFeed (C-Lock Inc., zie hoofdstuk 2.5).



**Figuur 2.1** Schematische weergave van de proefuitvoering in de tijd. Elke proefperiode bestond uit twee weken voorperiode (VP, in respectievelijk lichtgroen voor proef A en lichtblauw voor proef B) gevolgd door twee weken hoofdperiode (HP, respectievelijk donkergroen voor proef A en donkerblauw voor proef B). De proef is uitgevoerd tussen 20 april en 5 oktober 2021 in de volgorde periode 1 met proefschema A (A1) gevolgd door proefschema B (B1), periode 2 met proefschema A (A2) gevolgd door proefschema B (B2), periode 3 met proefschema A (A3) gevolgd door proefschema B (B3).

Proef A bestond iedere periode uit drie behandelingen en proef B uit twee behandelingen. Aan elke behandeling werden 16 melkgevende koeien toegekend. De proefbehandelingen in proef A waren (net als in 2020) een basirantsoen van onbeperkt graskuil gevoerd op stal (GK), onbeperkt weidegang (WEI), en zomerstalvoeding met onbeperkt vers gras op stal (ZSV). In proef B bestonden de behandelingen uit beperkt beweiden op kort gras met een jong fysiologisch stadium (circa 8 cm, KORT) en beperkt beweiden op lang gras van een ouder fysiologisch stadium (15-17 cm, LANG). Proef B is uitgevoerd in combinatie met het bijvoeren van een vaste hoeveelheid graskuil op stal met ongeveer een 50:50 verdeling tussen vers gras en graskuil op basis van DS opname. Voor alle koeien bij alle behandelingen (beide proeven) werd naast het basirantsoen (maximaal) 5,5 kg krachtvoer per koe verstrekt.

---

## 2.2 Koegegevens

Voor aanvang van elke proefperiode werden uit de melkveestapel van Dairy Campus (ongeveer 500 melkkoeien) voor proef A en B respectievelijk 48 (waarvan 3 fistelkoeien) en 32 dieren geselecteerd. Voor iedere periode golden de volgende selectiecriteria:

- Melkproductie tussen de 25 en 50L, gemiddeld 30L
- Indien mogelijk maximaal 5 vaarzen per behandelingsgroep (niet meer dan 30%)
- Lactatiestadium tussen de 80-200 dagen, gemiddeld 150 d in lactatie

Elke proefperiode vormde een zelfstandig experiment dat werd uitgevoerd als een volledig gewarde blokkenproef met in totaal 16 melkkoeien per behandeling. Per proefperiode stroomden koeien ver in lactatie (richting droogstand) uit en nieuwe koeien vroeg in lactatie in. Dit werd gedaan om ervoor te zorgen dat in alle proefperiodes de dieren in een vergelijkbaar lactatiestadium verkeerden, zodat de resultaten tussen perioden vergeleken konden worden. De koeien met een behandeling op vers gras in proef A (WEI en ZSV) werden gebruikt in proef B, qua aantal evenredig verdeeld over de nieuwe behandelingen in proef B.

Voor proef A zijn voor iedere periode 16 blokken van drie dieren gevormd, die willekeurig zijn toegewezen aan een behandeling (één koe per blok per behandeling). Het toewijzen vond elke periode opnieuw plaats. Blok 16 bestond uit drie fistelkoeien (dus één fistelkoe per behandeling; in tegenstelling tot de proef in 2020 vormden de fistelkoeien in 2021 samen wel een blok). De fistelkoeien zijn opgezet in een Latijns vierkant en zijn onderdeel van een aparte analyse om gedurende de meetweken de pensfermentatie in kaart te kunnen brengen (zie hoofdstuk 2.7 en 2.9).

Voor proef B zijn er voor iedere periode 16 blokken van twee dieren gevormd, die random zijn toegewezen aan een behandeling (één koe per blok per behandeling). In proef B zijn geen fistelkoeien gebruikt.

De indeling in blokken gebeurde op basis van lactatienummer, dagen in lactatie, melkproductie en meetmelkproductie (melkproductie voor vet en eiwit gecorrigeerd), gewicht en experimentele voorgeschiedenis (tabel 2.1 voor proef A en tabel 2.2 voor proef B). Met uitzondering van proef A1 werd de voorgeschiedenis van de behandelingen meegenomen bij de indeling van de koeien in blokken. Na indeling van de koeien en verloting over de behandelingen is door middel van een variantieanalyse (*ANOVA, Genstat 19th Edition*) gecontroleerd of er systematische verschillen in productiekekenmerken, lactatienummer en lactatiestadium aanwezig waren tussen de proefbehandelingen (tabel 2.1 en tabel 2.2). In proef A2 was er een significant verschil in lactatienummer in de behandeling GK ten opzichte van de andere twee behandelingen. Dit werd veroorzaakt door drie koeien met een relatief hoog lactatienummer (6 of 7) in de behandeling GK en een lagere lactatie (3, 4 of 5) in dezelfde blokken voor de andere twee behandelingen. Wanneer de lactatienummers werden gegroepeerd als 1, 2, 3 en 4 of meer werden er geen verschillen in lactatienummer gevonden tussen de behandelingen en daarom is deze indeling aangehouden. In proef B1 en B3 zijn door beperkte beschikbaarheid van dieren 6 vaarzen (in plaats van maximaal 5) ingezet per behandelingsgroep.

De koeien zijn tweemaal daags gewogen na het melken in de terugloopgang vanuit de melkstal. Per proefperiode is het gemiddeld individueel diergewicht bepaald op basis van de aanwezige metingen in de 2 meetweken (hoofdperiode). De koeien zijn tweemaal daags gemolken in een carrousel melkstal. De melkgiften zijn automatisch gemeten en opgeslagen. Eén keer per week zijn melkmonsters genomen om het vet- en eiwitgehalte van de melk te bepalen. De monsters zijn genomen volgens de AO methode (avond-ochtend methode) die via de reguliere melkproductieregistratie (MPR) zijn geanalyseerd door Qlip (Zutphen, Nederland). De meetmelkproductie (vet-eiwit gecorrigeerde melk, FPCM) is berekend volgens de volgende formule (CVB, 2016):

$$\text{Meetmelkproductie (kg FPCM)} = \text{melkproductie (kg)} \times (0,337 + \text{vet\%} \times 0,116 + \text{eiwit\%} \times 0,06)$$

**Tabel 2.1** Overzicht van de melk- en diergegevens per behandelingsgroep bij aanvang van elke proefperiode (1, 2 en 3) van proef A. De behandelingen bestonden uit 100% graskuil (GK), 100% beweiding (WEI) en 100% vers gras op stal (ZSV). In tegenstelling tot de proef in 2020, vormden de fistelkoeien samen ook een blok, waardoor proef A in totaal uit 16 koeien per behandeling bestond. De resultaten van de variantieanalyse (least significant difference (LSD) en p-waarden van de F-testen) staan ook weergegeven.

| Behandeling              | Periode 1: 20-4-2021 t/m 18-5-2021 |      |      |       |       | Periode 2: 15-6-2021 t/m 12-7-2021 |      |      |       |       | Periode 3: 10-8-2021 t/m 6-9-2021 |      |      |       |       |
|--------------------------|------------------------------------|------|------|-------|-------|------------------------------------|------|------|-------|-------|-----------------------------------|------|------|-------|-------|
|                          | GK                                 | WEI  | ZSV  | LSD   | P     | GK                                 | WEI  | ZSV  | LSD   | P     | GK                                | WEI  | ZSV  | LSD   | p     |
| Aantal koeien totaal     | 16                                 | 16   | 16   | -     | -     | 16                                 | 16   | 16   | -     | -     | 16                                | 16   | 16   | -     | -     |
| Aantal vaarzen           | 5                                  | 5    | 5    | -     | -     | 5                                  | 5    | 5    | -     | -     | 5                                 | 5    | 5    | -     | -     |
| Meetmelkproductie (kg/d) | 36,0                               | 35,7 | 35,5 | 0,91  | 0,552 | 30,3                               | 30,5 | 30,1 | 1,08  | 0,814 | 30,9                              | 30,6 | 30,9 | 0,99  | 0,705 |
| Melkproductie (kg/d)     | 32,3                               | 32,2 | 32,3 | 1,04  | 0,976 | 28,4                               | 28,4 | 27,9 | 1,06  | 0,600 | 30,5                              | 30,2 | 30,4 | 1,21  | 0,877 |
| Vetgehalte (%)           | 4,79                               | 4,77 | 4,75 | 0,159 | 0,854 | 4,54                               | 4,56 | 4,59 | 0,184 | 0,863 | 4,19                              | 4,25 | 4,26 | 0,168 | 0,639 |
| Eiwitgehalte (%)         | 3,76                               | 3,72 | 3,68 | 0,135 | 0,528 | 3,42                               | 3,46 | 3,49 | 0,128 | 0,558 | 3,20                              | 3,17 | 3,17 | 0,122 | 0,820 |
| Lactatiedagen            | 140                                | 141  | 138  | 13,9  | 0,938 | 173                                | 168  | 165  | 19,4  | 0,724 | 149                               | 138  | 142  | 21,5  | 0,582 |
| Lactatienummer           | 2,6                                | 2,7  | 2,3  | 0,39  | 0,156 | 3,0                                | 2,3  | 2,4  | 0,58  | 0,040 | 2,8                               | 2,8  | 2,7  | 0,88  | 0,959 |
| Diergewicht (kg)         | 666                                | 682  | 658  | 37,2  | 0,408 | 667                                | 635  | 673  | 53,30 | 0,303 | 629                               | 614  | 618  | 39,3  | 0,694 |

**Tabel 2.2** Overzicht van de melk- en diergegevens per behandelingsgroep bij aanvang van elke proefperiode (1, 2 en 3) van proef B. De behandelingen bestonden uit beperkte beweiding op kort (circa 8 cm) gras (KORT) en beperkte beweiding op lang (circa 15-17 cm) gras (LANG). De resultaten van de variantieanalyse (LSD) en p-waarden) staan ook weergegeven.

| Behandeling              | Periode 1: 19-5-2021 t/m 14-6-2021 |      |       |       | Periode 2: 13-7-2021 t/m 9-8-2021 |      |       |       | Periode 3: 7-9-2021 t/m 4-10-2021 |      |       |       |
|--------------------------|------------------------------------|------|-------|-------|-----------------------------------|------|-------|-------|-----------------------------------|------|-------|-------|
|                          | KORT                               | LANG | LSD   | P     | KORT                              | LANG | LSD   | P     | KORT                              | LANG | LSD   | P     |
| Aantal koeien totaal     | 16                                 | 16   | -     | -     | 16                                | 16   | -     | -     | 16                                | 16   | -     | -     |
| Aantal vaarzen           | 6                                  | 6    | -     | -     | 5                                 | 5    | -     | -     | 6                                 | 6    | -     | -     |
| Meetmelkproductie (kg/d) | 31,1                               | 30,9 | 1,40  | 0,745 | 28,4                              | 28,5 | 0,85  | 0,883 | 28,1                              | 28,3 | 1,22  | 0,807 |
| Melkproductie (kg/d)     | 28,1                               | 27,9 | 1,39  | 0,794 | 27,2                              | 27,2 | 0,79  | 0,875 | 27,1                              | 27,3 | 0,88  | 0,662 |
| Vetgehalte (%)           | 4,73                               | 4,70 | 0,237 | 0,807 | 4,28                              | 4,25 | 0,279 | 0,855 | 4,33                              | 4,28 | 0,280 | 0,736 |
| Eiwitgehalte (%)         | 3,74                               | 3,77 | 0,142 | 0,573 | 3,55                              | 3,63 | 0,148 | 0,254 | 3,36                              | 3,39 | 0,161 | 0,734 |
| Lactatiedagen            | 177                                | 160  | 25,1  | 0,168 | 196                               | 199  | 24,5  | 0,794 | 161                               | 167  | 27,7  | 0,752 |
| Lactatienummer           | 2,2                                | 2,2  | 0,515 | 1,000 | 2,4                               | 2,6  | 0,89  | 0,769 | 2,6                               | 2,1  | 0,73  | 0,120 |
| Diergewicht (kg)         | 637                                | 643  | 39,4  | 0,735 | 646                               | 649  | 34,3  | 0,888 | 632                               | 608  | 37,2  | 0,194 |

---

## 2.3 Behandelingen

### 2.3.1 Proef A

Proef A werd uitgevoerd in de voedingsstal en op de percelen A3 en A4 met een totale oppervlakte van 13,5 hectare (figuur 2.2). Op perceel A3 zijn 28 stroken uitgezet voor volledige weidegang en op perceel A4 is gemaaid voor de behandeling ZSV. In tegenstelling tot 2020 is er geen graskuil gewonnen op A4 voor de behandeling GK, maar is gebruik gemaakt van een reguliere graskuil afkomstig van een van de andere percelen van het bedrijf. In totaal werd 6 hectare gebruikt voor WEI, ongeveer 4 hectare voor ZSV en ongeveer 2 hectare voor GK.

De behandeling GK kreeg onbeperkt graskuil in automatische weegbakken met individuele dierherkenning (*Roughage Intake Control bakken*, RIC-bakken, HOKOFARM, Markenesse, Nederland) door middel van een geautomatiseerd voersysteem (Triomatic, Trioliet, Oldenzaal, Nederland). Graskuil voor de behandeling GK werd verstrekt aan 16 koeien in 10 RIC-bakken. Met behulp van deze RIC-bakken werd de totale DS opname en het aandeel van de voercomponenten in het rantsoen op individueel dierniveau geregistreerd. Gedurende een proefperiode van vier weken (veertien dagen voorperiode en veertien dagen meetperiode) werd dezelfde kuil gevoerd. Een eventuele wisseling van kuil vond plaats na een afgesloten proefperiode.

De behandeling WEI verbleef (buiten de melktijden) volledig in de wei met onbeperkt vers gras in de wei (dag en nacht weiden). De koeien gingen elke ochtend na het melken naar een nieuwe strook vers gras; de koeien graasden dus één etmaal op één strook. Het tijdstip van in- en uitscharen is dagelijks genoteerd, ook rondom het melken.

De behandeling ZSV kreeg onbeperkt vers gras in 22 RIC-bakken. Voor ZSV waren meer RIC-bakken beschikbaar dan voor GK in verband met het lage DS gehalte van vers gras, waardoor dit ruwvoer meer volume heeft. Er waren minimaal twee maaimomenten (rond 7:00 en 15:00 uur) en zeven tot acht vulmomenten van de RIC-bakken (rond 5:15, 8:15, 10:30, 13:45, 15:30, 18:30 en 21:45 uur). Door op verschillende momenten delen van het perceel voor te maaien is geprobeerd om steeds gras aan te bieden tussen de 2 en 2,5 ton DS/ha of een gewaslengte tussen de 17 en 22 cm. Het gras werd gemaaid met een maai/opraapcombinatie. De gemaaide hoeveelheid werd dagelijks gewogen op een weegbrug om een indicatie te krijgen van de hoeveelheid vers gras. Op de maaimomenten werd het vers gras na maaien direct uitgespreid over de voergang om vanaf daar meerdere malen per dag de RIC-bakken te vullen.

Alle koeien hadden onbeperkt ruwvoer tot hun beschikking en gedurende de gehele proefperiode een maximale hoeveelheid krachtvoer van 5,5 kg per koe per dag (alle behandelingen kregen hetzelfde krachtvoer). Hiervan werd een vaste hoeveelheid van 2 kg verstrekt in de melkstal verdeeld over twee melkmomenten en maximaal 3,5 kg verstrekt in kleine porties via de GreenFeed (zie hoofdstuk 2.5).

### 2.3.2 Proef B

Proef B is uitgevoerd in de voedingsstal en op perceel D1 met een totale oppervlakte van 5,9 hectare, verdeeld in 28 smalle stroken voor de behandeling LANG en 18 brede stroken voor de behandeling KORT (figuur 2.2). De koeien hebben circa 8-10 uur overdag geweid, tussen twee melkbeurten in (van ongeveer 7:00 uur 's morgens tot ongeveer 16:00 uur 's middags). 's Nachts verbleven de koeien op stal met toegang tot graskuil (bedrijfskuil van Dairy Campus) in RIC-bakken. Beide behandelingen (dus alle 32 koeien) ontvingen dezelfde graskuil via 16 RIC-bakken om de totale DS opname en het aandeel van de voercomponenten in het rantsoen op individueel dierniveau te meten. Het ruwvoerrantsoen bestond op deze manier uit ongeveer 50% vers gras en 50% uit graskuil op basis van het DS-gehalte. Naast ruwvoer kregen alle koeien maximaal 5,5 kg krachtvoer per koe per dag (beide behandelingen kregen hetzelfde krachtvoer).



Hiervan werd een vaste hoeveelheid van 2 kg verstrekt in de melkstal verdeeld over twee melkmomenten en maximaal 3,5 kg verstrekt in kleine porties via de GreenFeed (zie hoofdstuk 2.5).



**Figuur 2.2** Ligging van de percelen voor de A en B proef inclusief (een benadering van) de stroken die dagelijks aangeboden zijn voor beweiding (elke dag een nieuwe strook). Voor proef A vond beweiding (behandeling WEI) plaats op perceel A3 (groen) en werd vers gras voor de behandeling ZSV gemaaid van perceel A4 (geel). Voor proef B vond beperkt beweiden van beide behandelingsgroepen (KORT en LANG) plaats op perceel D1 (blauw). De stroken voor de behandeling WEI (perceel A3) waren 64 meter lang en 27 meter breed, de stroken voor de behandeling KORT (perceel D1, donkerblauw) waren 90 meter lang en 16 meter breed en voor de behandeling LANG (perceel D1, lichtblauw) 90 meter lang en 9 meter breed.

## 2.4 Graslandmanagement

### 2.4.1 Proef A

Voor de behandeling WEI was het weidesysteem op basis van stripgrazen, waarbij de koeien dagelijks een nieuwe strook kregen met een vaste grootte. Op perceel A3 zijn hiervoor 28 stroken ingericht van 1728 m<sup>2</sup> per strook (64 bij 27 meter, figuur 2.2). In theorie was deze oppervlakte toereikend voor een koppel van 16 dieren voor één dag per strook, bij een geschatte bruto behoefte van 16 tot 20 kg DS/koe/dag en een aanbod van 1700 kg DS/ha/dag.

Gedurende het seizoen is er steeds naar gestreefd om elke dag gras aan te bieden in een gangbaar weidestadium (15 cm gras of ongeveer 1600-1700 kg DS/ha). Om dit te bereiken zijn de blokken regelmatig voorgemaaid, om op het juiste moment het gras in een weidestadium aan te kunnen bieden (groeitrappen creëren). Hierbij is rekening gehouden met de, op de weersverwachting voor de komende week geschatte, (her)groeisnelheid en de situatie op het moment van schatten. Het grasaanbod was leidend voor de volgorde van de stroken. Om het praktisch te houden zijn steeds meerdere stroken in 1x voorgemaaid (5-7 stroken in 1 keer).

In het voorjaar (8 maart) is eenmalig 30 m<sup>3</sup>/ha drijfmest toegediend met de sleepslang, aangevuld met 72 kg N/ha op A3 en 80 kg N/ha op A4 uit ENTEC (24% N). Gedurende het seizoen is geen drijfmest meer gegeven, maar na elke maaibeurt (en één keer aanvullend; exclusief voormaaien) is tussen de 50 en 80 kg N/ha met kalkammonsalpeter (KAS, 27% N) gestrooid.

---

Totaal is met kunstmest gemiddeld ongeveer 300 kg N/ha gegeven. Met de runderdrijfmest (N gehalte van 4,32% per ton) is nog 130 kg N-totaal/ha (organisch en anorganisch) toegediend.

De bemesting heeft volledig in dienst gestaan van het optimaal en voldoende aanbieden van goed weidegras in de proefperioden en is daarom niet gelijk aan de praktijk.

## 2.4.2 Proef B

Het weidesysteem voor proef B was stripgrazen waarbij de koeien dagelijks een nieuwe strook kregen met vaste grootte. Op perceel D1 zijn hiervoor 18 brede stroken van 1440 m<sup>2</sup> per strook (90 bij 16 meter) voor de behandeling KORT aangelegd en 28 smalle stroken van 810 m<sup>2</sup> per strook (90 bij 9 meter) voor de behandeling LANG (figuur 2.2). De contrasten in grassamenstelling werden gestuurd door middel van groeiperiode en werden voorbereid tijdens proef A. De opzet was dat de koeien ongeveer 8 kg DS/koe/dag uit vers gras op konden nemen en 's nacht ongeveer 8 kg DS uit graskuil.

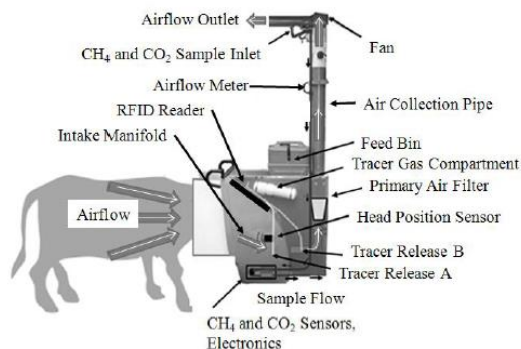
Het perceel voor de behandeling LANG werd ingeschaard bij een gangbare weidesnede (1500-1700 kg DS/ha) en het perceel voor behandeling KORT bij een heel lichte weidesnede (ongeveer 800-1000 kg DS/ha). De stroken voor de behandeling KORT waren hierdoor bijna twee keer zo groot als de percelen voor behandeling LANG. In verband met de beperkte perceelruimte is gekozen om 28 stroken voor de behandeling LANG te benutten en 18 stroken voor de behandeling KORT. Hierdoor moest de groep van de behandeling KORT deels op eerder beweide stroken terugkomen. In verband met de gewenste korte groeidiur van deze percelen had dit geen invloed op de behandeling.

In het voorjaar is net als in de A proef eenmalig 30 m<sup>3</sup>/ha drijfmest toegediend met de sleepslang; aangevuld met 80 kg N/ha uit ENTEC. Gedurende het seizoen is geen drijfmest meer gegeven, maar na elke maaibeurt (en één keer aanvullend op de voorgemaaide stroken van KORT) is 50-80 kg N/ha met KAS (bij)gestrooid. Totaal is met KAS gemiddeld 280 kg N/ha gegeven (spreiding 240-300) en via drijfmest nog 130 kg N-totaal/ha (organisch en anorganisch) toegediend. De bemesting heeft net als in de A proef volledig in dienst gestaan van het optimaal en voldoende aanbieden van goed weidegras in de proefperioden en is daarom niet gelijk aan de praktijk.

## 2.5 Methaanmetingen

### 2.5.1 Meetapparatuur

De enterische CH<sub>4</sub> productie is non-invasief (in de ademlucht) gemeten met behulp van de GreenFeed (figuur 2.3; C-lock Inc., Rapid City, SD, USA). De GreenFeed is een aangepast krachtvoerstation dat individuele CH<sub>4</sub> en CO<sub>2</sub> metingen genereert in gram per dag wanneer een koe deze bezoekt (zogeneten "*spot sampling*"). Hiervoor wordt zowel de kwantitatieve luchtstroom gemeten met behulp van een hot-film anemometer als de concentratie van de gassen (in ppm) met behulp van niet-dispersieve infrarood sensoren. De methode is exact gelijk aan de proef van 2020, beschreven in Klootwijk *et al.* (2021). Een uitgebreidere omschrijving van de werking van de GreenFeed en de berekeningen van de gasconcentraties staat beschreven in het manuscript van C-lock (C-lock Inc., 2017).



**Figuur 2.3** Schematische weergave van de GreenFeed. De lucht rondom de kop van de koe wordt via een ventilator continue afgezogen. De kwantitatieve luchtstroom wordt gemeten door een anemometer ("Airflow Meter") en er worden submonsters genomen om de concentratie CO<sub>2</sub> en CH<sub>4</sub> te meten (C-lock Inc., 2017).

## 2.5.2 Proefopzet

Individuele CH<sub>4</sub> producties zijn gedurende het gehele etmaal gemeten met GreenFeeds van 20 april tot 5 oktober 2021. Elke groep had continue toegang tot minimaal één GreenFeed. Tijdens grazen (in proef A groep WEI en in proef B beide groepen) hadden de koeien toegang tot een GreenFeed op een weidetrailer die aan de rand van het perceel stond. De CH<sub>4</sub> metingen zijn gemiddeld tot een gemiddelde CH<sub>4</sub> productie per koe per dag over de meetperiode (veertien dagen) en per groep (behandeling) per dag. Voor de analyse is de CH<sub>4</sub> emissie uitgedrukt per koe per dag (CH<sub>4</sub> productie), per kg meetmelk (CH<sub>4</sub> intensiteit) en per kg DS opname (CH<sub>4</sub> opbrengst).

## 2.5.3 Krachtvoergift

In de GreenFeeds werd zowel op stal als in de weide krachtvoer verstrekt. Alle koeien konden maximaal 3,5 kg krachtvoer per koe per dag via de GreenFeed ophalen. Om meerdere metingen per koe per dag te ontvangen, werd krachtvoer via de GreenFeed verstrekt in voerbeurten die elk circa vier minuten duurden en met minimaal drie uur tussen elke voerbeurt. Krachtvoer via de GreenFeed werd verstrekt in vier (behandeling WEI) of zes (overige behandelingen) voerbeurten per dag van respectievelijk circa 875 of 580 gram per voerbeurt. In 2020 werd geconstateerd dat het aantal bezoeken aan de GreenFeed lager was tijdens grazen ten opzichte van het aantal bezoeken aan de GreenFeed in de stal (Klootwijk *et al.*, 2021). Om te waarborgen dat de krachtvoeropname tussen alle groepen gemiddeld gelijk was, is de verdeling van de krachtvoergift voor de behandeling WEI zo aangepast dat dezelfde hoeveelheid krachtvoer werd verdeeld over vier bezoeken.

# 2.6 Graskwaliteit en grasopname metingen

## 2.6.1 Grasmonsters en analyse

In de meetweken zijn meermaals per dag vers grasmonsters genomen om de voederwaarde te bepalen op exact dezelfde methode als in de proef van 2020, beschreven in Klootwijk *et al.* (2021). In het kort werd voor de behandeling WEI tweemaal per dag (kort na het inscharen in de ochtend en kort na het uitscharen in de middag) een representatief monster verkregen door op ten minste 15 verschillende plaatsen per strook een plukmonster te verzamelen. Voor de behandeling KORT en LANG werd dit eenmaal per dag gedaan (kort na het inscharen in de ochtend). Hierbij werd rekening gehouden met de graasdiepte (stoppelhoogte) van de koeien. Voor ZSV werd circa 7 maal per dag een representatief vers gras monster verkregen door een plukmonster uit alle RIC-bakken te verzamelen tijdens elk vulmoment. Het monster van elk vulmoment is apart geanalyseerd om het effect van het laten liggen van gemaaid gras op de voergang te onderzoeken. Voor de behandelingen GK, KORT en LANG is van de graskuil wekelijks op twee dagen (maandag en donderdag) een verzamelmonster genomen uit de RIC-bakken, die werden gepoold tot één weekmonster.

---

De vers grasmonsters zijn voorgedroogd bij 70°C en geanalyseerd door Eurofins (Eurofins Agro NL, Wageningen, Nederland). De graskuilmonsters zijn ingevroren opgestuurd voor analyse door Eurofins. Alle monsters zijn met nabij infrarood spectroscopie (NIRS) geanalyseerd op ruw eiwit (RE), ruwe celstof (RC), ruw as (RAS), neutral detergent fibre (NDF), acid detergent fibre (ADF), acid detergent lignine (ADL), verteringscoëfficiënt organische stof (VCOS), suiker, vet, en DS gehalte. De vers gras monsters zijn ook op mineralen geanalyseerd. Op de dagen waarop additionele bemonstering is uitgevoerd aan pensfermentatie (zie hoofdstuk 2.7 en 2.8) zijn de vers grasmonsters tevens geanalyseerd volgens de nat-chemische methode.

## 2.6.2 Vers grasopname in de wei

De grasopname in de wei is op individueel dierniveau bepaald op basis van VEM (Voeder Eenheid Melk) dekking en op groepsniveau op basis van stroken uitmaaien.

In 2020 werd ook gebruik gemaakt van een derde methode, namelijk op basis van sensoren (Klootwijk *et al.*, 2021), maar door omstandigheden was deze methode in 2021 onbruikbaar door te weinig beschikbare data (incomplete dataset). Het uitmaaien van stroken bepaalde enkel de vers grasopname op groepsniveau en is gebruikt om te vers gras opname op basis van de VEM dekking te controleren.

Met behulp van de VEM dekking kan de vers grasopname tijdens grazen op individueel dierniveau geschat worden volgens formule:

$$\text{Vers grasopname (kg DS/koe/dag)} = \frac{\text{VEM behoefte} - \text{VEM opname (graskuil + krachtvoer)}}{\text{VEMgehalte vers gras}}$$

De VEM behoefte (energiebehoefte) is op dierniveau berekend op basis van individuele dierkenmerken (lichaamsgewicht en FPCM, incl. toeslagen voor groei en dracht) volgens de formule zoals beschreven in CVB (2016). Vervolgens is berekend in hoeverre aan de energiebehoefte voldaan wordt met de voerdersmiddelen waarvan de opname direct gemeten is. Voor proef A is dat het opgenomen krachtvoer en voor proef B de graskuil en het krachtvoer. De energie die verstrekt is met graskuil en krachtvoer wordt afgetrokken van de totale VEM behoefte. Het verschil is de benodigde energie die een koe op zou hebben genomen met vers gras. Door dit verschil te delen door de VEM waarde van het gras, kan een schatting worden gemaakt van de hoeveelheid opgenomen vers gras.

In beide proeven is daarnaast de vers grasopname in de wei op groepsniveau bepaald op basis van stroken uitmaaien met de volgende formule:

$$\text{Vers grasopname (kg DS/koe/dag)} = \frac{\text{aanbod bij inscharen (kg DS)} - \text{weiderest bij uitscharen (kg DS)}}{\text{aantal koeien}}$$

Het aanbod en de weiderest zijn uitgedrukt in kg DS per koe per dag. Het aanbod (opbrengstbepaling) bij inscharen en de weiderest bij uitscharen zijn bepaald door willekeurig 5 stroken van ongeveer 5 meter uit te maaien, te wegen en het DS gehalte (bij 103°C) te bepalen. Het verschil tussen het aanbod en de weiderest is de totale vers grasopname van de behandelingsgroep en dat is vervolgens uitgedrukt in een gemiddelde vers grasopname per koe per dag.

## 2.7 Penskaracteristieken

### 2.7.1 Proefopzet pensfistelkoeien

Tijdens proef A zijn pensvloei-stofmonsters genomen en pH metingen gedaan bij pensgefistuleerde koeien met exact dezelfde methode als in 2020 (Klootwijk *et al.*, 2021). Per behandeling is één pensfistelkoe ingezet die hetzelfde rantsoen kregen als de andere koeien van die behandeling. De koeien hebben gerouleerd over de behandelingen volgens een 3x3 Latijns vierkant opzet (tabel 2.3) met 3 perioden en 3 behandelingen.

**Tabel 2.3** Overzicht van de pensfistelkoeien over de behandelingen<sup>1</sup> in de drie perioden.

| Periode | Koe 1 | Koe 2 | Koe 3 |
|---------|-------|-------|-------|
| 1       | ZSV   | WEI   | GK    |
| 2       | WEI   | GK    | ZSV   |
| 3       | GK    | ZSV   | WEI   |

<sup>1</sup> WEI=onbeperkt weidegang; GK=graskuil op stal; ZSV=zomerstalvoeding/vers gras op stal

In de tweede meetweek is de pH in de pens gemeten en zijn pensvloeistofmonsters verzameld. De pH is per periode minimaal vijf dagen continue gemeten (zie hoofdstuk 2.7.3), met de twee dagen van pensvloeistof bemonstering altijd inbegrepen. De monsternamen van pensvloeistof vond plaats op twee opeenvolgende dagen (donderdag en vrijdag), rond 6:00, 10:00, 14:00, 17:00 en 21:00 uur. De pH metingen van deze twee dagen zijn gebruikt voor verdere analyse.

### 2.7.2 Vetzuurpatroon en ammoniak in de pens

Het vluchtige vetzuurpatroon in de pens is in kaart gebracht door op twee opeenvolgende dagen op vijf momenten over de dag (6:00, 10:00, 14:00, 17:00 en 21:00 uur) pensvloeistofmonsters te verzamelen van de pensfistelkoeien. De pensvloeistofmonsters zijn via het fistel genomen onderin de pens met behulp van een PVC buis en een zuiger met slang. Van de monsters zijn kleinere submonsters genomen (10 ml) in duplo die direct zijn ingevroren met behulp van droogijs (-80°C). Vervolgens zijn de buizen bij een temperatuur van -20 °C bewaard tot het moment van analyse. De monsters zijn geanalyseerd op het ammoniakgehalte (mg/L) en voor het vluchtige vetzuurpatroon (mmol/L) op de vetzuren: Azijnzuur (HAc), propionzuur (HProp), boterzuur (HBut), iso-boterzuur (H isoBut), valeriaanzuur (HVal), iso-valeriaanzuur (H isoVal), capronzuur (HCapr) en iso-capronzuur (H isoCapr).

De som van de concentraties van de geanalyseerde vluchtige vetzuren is aangeduid als totaal vetzuurgehalte. Dit totale vetzuurgehalte is gebruikt om het percentage van elk van de bovengenoemde vetzuren te berekenen. Zowel de berekende percentages als de gemeten gehalten in mmol/L zijn gebruikt voor de analyse. Daarnaast is de ratio tussen niet-glycogene en glycogene vetzuren (NGR) berekend volgens formule:

$$\text{Non glycogen: glycogen ratio (NGR)} = \frac{\text{HAc} + 2 \times \text{HBut} + 2 \times \text{H isoBut} + \text{HVal} + \text{H isoVal}}{\text{HProp} + \text{HVal} + \text{H isoVal}}$$

### 2.7.3 Continue pH metingen

De pH is gemeten met loggers van Dascor (Dascor Inc, Oceanside, USA). De Dascor loggers bestaan uit een ronde waterdichte PVC buis van ongeveer 20 cm, met daarin een voeding (9V batterij) en een processor voor dataopslag. Aan de onderkant zit een pH electrode die continue pH meet en elke minuut de pH registreert. Naast de pH registreert de logger met hetzelfde interval de temperatuur. De logger is met een touw bevestigd aan de dop van de pensfistel en is voorzien van twee gewichten om ervoor te zorgen dat deze onderin de pens blijft. Vóór het inbrengen van de Dascor loggers en na het uithalen zijn deze gekalibreerd met twee pH buffers met een pH van 4 en 7.

Op basis van de continue pH metingen zijn verschillende kengetallen berekend zoals beschreven in Dijkstra *et al.* (2020). Voor de berekeningen en analyse zijn de pH gegevens gebruikt van de twee etmalen (1440 waarnemingen per etmaal) waarop de pensvloeistofmonsters zijn genomen. Daarmee zijn de pH data goed vergelijkbaar met het vetzuurpatroon in de pens. De kengetallen die gebruikt zijn voor analyse zijn de gemiddelde pH per etmaal, de minimale en maximale pH, en het gemiddeld aantal minuten per dag dat de pH onder de 5,6, 5,8 en 6,0 was, inclusief de totale oppervlakte onder de dag curve. Ten slotte zijn van de logistische curve de mediaan en de helling van de curve bij de mediaan gebruikt als kengetallen voor statistische analyse.

---

## 2.8 Afbraakkarakteristieken vers gras en graskuil

Om inzicht te krijgen in de link tussen vers gras in het rantsoen en de CH<sub>4</sub> emissie zijn de afbraakgegevens van het verse gras en de graskuil gebruikt in proef A en B nader onderzocht met behulp van een nylonzakjes incubatie. In een nylonzakjes incubatie kan de mate en snelheid van afbraak van verschillende nutriënten worden bepaald. Deze proef is separaat van de beweidingsproef uitgevoerd met drie fistelkoeien van 4 oktober tot en met 22 november 2021 met vers gras- en graskuilmonsters van de beweidingsproef (2021). De proef heeft goedkeuring van de IvD en is uitgevoerd onder vergunning AVD401002016653.

Tijdens proef A en B zijn in elke periode op drie opeenvolgende dagen (woensdag, donderdag en vrijdag van de tweede meetweek) vers gras- en graskuilmonsters genomen voor het bepalen van de afbraakkenmerken van deze voedermiddelen. Monsters van de drie opeenvolgende dagen zijn gepoold tot één monster. Van elk monster zijn nylon zakjes gevuld met circa 5 gram DS van het te onderzoeken voedermiddel.

De nylonzakjes zijn via het fistel in drie fistelkoeien gehangen (elke fistelkoe heeft evenveel zakjes met hetzelfde voedermiddel, dus er is een herhaling uitgevoerd met n=3). De incubatietijden van de zakjes waren 0, 3, 6, 9, 16, 32, 72 en 336 uur. Doordat pensvloei stof door de poriën in het zakje komt, wordt het voedermiddel afgebroken door bacteriën en andere micro-organismen. De bestanddelen van het voedermiddel die oplossen of kleiner zijn dan de poriën van het zakje worden als gefermenteerd gezien. Door meerdere zakjes op verschillende tijdstippen te incuberen ontstaat een tijdreeks en kan met de hoeveelheid residu die in de zakjes is achtergebleven een curve worden gemaakt. De vorm van de curve geeft informatie over de snelheid en mate van fermentatie. De curve brengt het niet-afgebroken residu in beeld waarbij de richtingscoëfficiënt van de raaklijn een maat is voor de afbraaksnelheid van het voedermiddel. Het gehalte DS, anorganisch stof, ruw eiwit en NDF van zowel het voedermiddel als de residuen uit de zakjes van bovengenoemde incubatietijden zijn geanalyseerd door NutriControl (NutriControl BV., Veghel, Nederland) op basis van de nat-chemische analyse.

## 2.9 Statistische analyse

### 2.9.1 Melkproductie, voeropname en methaanemissie

Zoals beschreven in hoofdstuk 2.2, zijn de koeien voor de aanvang van elke periode opnieuw geblokt, waarbij koeien met meer dan 200 lactatiedagen werden vervangen door nieuwmelkte koeien en experimentele voorgeschiedenis is meegenomen bij het blokken. De proefperioden zijn zowel afzonderlijk geanalyseerd als met behulp van een meta-analyse over alle proefperioden.

Alle variabelen gerelateerd aan melkproductie, voeropname en CH<sub>4</sub> emissie zijn gemiddeld per koe per meetperiode (enkel de twee weken hoofdperiode). Koeien met minder dan 17 CH<sub>4</sub> metingen werden verwijderd uit de analyse (omdat deze duidelijk konden worden onderscheiden van de andere koeien in aantal metingen en gemiddelde CH<sub>4</sub> emissie). De resultaten van de behandelingsgemiddelden van de meetmelkproductie (kg FPCM/dag), melkproductie (kg melk/dag), melksamenstelling (vet, eiwit en lactose, zowel in % als g/dag), DS opname (kg/dag), CH<sub>4</sub> productie (g CH<sub>4</sub>/koe/dag), CH<sub>4</sub> intensiteit (g CH<sub>4</sub>/kg FPCM) en de CH<sub>4</sub> opbrengst (g CH<sub>4</sub>/kg DS) zijn per proefperiode geanalyseerd met een variantieanalyse (ANOVA, *Genstat 19th edition*) volgens onderstaand model. In tegenstelling tot de analyse van 2020 zoals beschreven in Klootwijk *et al.* (2021), vormden de pensfistelkoeien in 2021 wel samen een blok en zijn meegenomen in de variantieanalyse, met uitzondering van de CH<sub>4</sub> emissie in verband met mogelijke lekkage van emissie via het fistel.

$$Y_{jk} = \mu + \tau_j + \beta_k + \varepsilon_{jk}$$

Met:

Y = (meet)melkproductie (kg/koe/dag), melksamenstelling (zowel in % als g/koe/dag), DS opname (kg/koe/dag), CH<sub>4</sub> productie (g CH<sub>4</sub>/koe/dag), CH<sub>4</sub> intensiteit (g CH<sub>4</sub>/kg FPCM) of CH<sub>4</sub> opbrengst (g CH<sub>4</sub>/kg DS)

$\mu$  = constante

$\tau_j$  = behandelingseffect j (GK, WEI, ZSV (proef A), KORT, LANG (proef B))

$\beta_k$  = blok effect k (1 t/m 16)

$\varepsilon_{ijk}$  = restvariantie

Per proef (A en B) is naast een ANOVA per proefperiode ook een meta-analyse (*Multiple experiments REML, Genstat 19th edition*) uitgevoerd over alle perioden. In het mixed model waren behandeling en periode, inclusief de interactie, opgenomen als fixed factoren, en als random factoren blok binnen periode en koe binnen blok binnen periode.

De resultaten van de analyses zijn weergegeven als de 'least significant difference' (LSD, het minimale significante verschil dat aangetoond kon worden) en de p-waarden van de F-testen (resultaten werden als significant beschouwd wanneer de p-waarde lager of gelijk was aan 0,05).

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_j + \alpha_i + \tau_j * \alpha_i + \alpha_i \beta_k + \varepsilon_{ijk}$$

Met  $Y$ ,  $\mu$ ,  $\tau_j$  en  $\varepsilon_{ijk}$  gelijk als het model hierboven, en:

$\alpha_i$  = periode effect i (1, 2, 3)

$\alpha_i \beta_k$  = random blok k binnen periode i effect (1 t/m 16)

$\varepsilon_{ijk}$  = restvariantie

## 2.9.2 Vers grasopname en graskwaliteit

Om de vers grasopname op basis van VEM dekking te controleren, is deze vergeleken met de vers grasopname op basis van stroken uitmaaien. De twee methoden zijn vergeleken op gemiddeld groepsniveau per dag met behulp van ANOVA. Meetmethode (VEM dekking of stroken maaien), inclusief de interactie met behandeling (WEI, KORT of LANG) en periode (1, 2 of 3), zijn in het model opgenomen als behandelingseffecten, en periode, behandeling en dag als blokeffect.

$$Y_{ijkm} = \mu + \theta_m + \theta_m * \tau_j + \theta_m * \alpha_i + \tau_j + \alpha_i + \beta_k + \varepsilon_{ijkm}$$

Met:

$Y$  = Vers gras opname (kg DS/dag van de gemiddelde koe per behandeling)

$\mu$  = constante

$\theta_m$  = meetmethode effect m (VEM dekking, stroken maaien)

$\tau_j$  = behandelingseffect j (WEI, KORT, LANG)

$\alpha_i$  = periode effect i (1, 2, 3)

$\beta_k$  = dag effect k (1 t/m 14)

$\varepsilon_{ijkm}$  = restvariantie

Het effect van de voederwaardecomponenten (gehalte NDF, RC, RE en suiker in g/kg DS, en VCOS in %) op de CH<sub>4</sub> opbrengst (g/kg DS) is met behulp van REML geanalyseerd. De analyse is uitgevoerd met de data per dag (voor CH<sub>4</sub> de gemiddelde emissie van 15 koeien per dag). Hierbij moet rekening gehouden worden met het beperkt aantal graskuilmonsters dat is verzameld (2 monsters per week gepooled tot één weekmonster). De aanname binnen de analyse is dat het weekmonster representatief is voor de hele week. Als fixed effecten zijn voederwaardecomponent, behandeling, periode, de interactie tussen voederwaardecomponent en behandeling (om effectverschillen tussen vers gras en graskuil te kunnen duiden) en de interactie tussen periode en behandeling opgenomen. Als random effect is datum opgenomen in het model. Niet significante interactie-effecten zijn vervolgens verwijderd uit het model. De analyse is ook uitgevoerd voor enkel de behandelingen met een volledig vers gras rantsoen (behandelingen WEI en ZSV).

$$Y_{ijkn} = \mu + \eta_n + \tau_j + \alpha_i + \eta_n * \tau_j + \tau_j * \alpha_i + \beta_k + \varepsilon_{ijkn}$$

Met  $\mu$  en  $\varepsilon_{ijk}$  gelijk als het model hierboven, en:

$Y$  = CH<sub>4</sub> opbrengst (g/kg DS)

$\eta_n$  = effect voederwaardecomponent n (NDF, RC, RE, suiker of VCOS)

$\tau_j$  = behandelingseffect j (GK, WEI, ZSV, KORT, LANG)

$\alpha_i$  = periode effect i (1, 2, 3)

---

$\beta_k$  = random datum effect k

Additioneel is voor de behandeling ZSV het verschil in graskwaliteit tussen de vulmomenten met een *REML* analyse getoetst met periode, vulmoment en de interactie als fixed effecten en datum als random effect. Verschillen in voederwaarde tussen het aanbod in de ochtend en in de avond voor de behandeling WEI zijn getoetst met een *ANOVA* analyse, met datum als blokeffect.

### 2.9.3 Penskarakteristieken

De pH en het vluchtige vetzuurpatroon (evenals de CH<sub>4</sub> emissie van de fistelkoeien) zijn geanalyseerd met de *ANOVA* procedure voor een Latijns vierkant opzet. Periode en koe effecten werden als blok effect in het model opgenomen. Van het resultaat van de analyse zijn de gemiddelden per behandeling, de LSD en de p-waarden in tabellen vermeld. Resultaten werden als significant beschouwd wanneer de p-waarde lager of gelijk was aan 0,05 en er was sprake van een trend bij een p-waarde lager of gelijk aan 0,1.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \tau_j + \beta_k + \varepsilon_{ijk}$$

Met:

Y = vluchtige vetzuurpatroon of pH kengetallen

$\mu$  = constante

$\alpha_i$  = periode effect i (periode 1, 2, 3)

$\tau_j$  = behandelingseffect j (GK, WEI, ZSV)

$\beta_k$  = koe effect k (koe 1, 2, 3)

$\varepsilon_{ijk}$  = restvariantie

### 2.9.4 Meta-analyse data van 2020 en 2021

Er is een meta-analyse uitgevoerd met de gezamenlijke dataset van 2020 en 2021. De CH<sub>4</sub> productie (g/dag), intensiteit (g/kg FPCM) en opbrengst (g/kg DS) van de data van 2020 en 2021 is geanalyseerd met behulp van de *Multiple experiments REML*. Als fixed effecten zijn jaar, periode, behandeling en de interactie tussen periode en behandeling opgenomen in het model. Als random effecten zijn blok binnen periode binnen jaar en periode binnen jaar opgenomen.

$$Y_{ijkl} = \mu + \tau_j + \alpha_i + \nu_l + \tau_j * \alpha_i + \nu_l \alpha_i \beta_k + \nu_l \alpha_i + \varepsilon_{ijkl}$$

Met:

Y = (meet)melkproductie (kg/koe/dag), melksamenstelling (zowel in % als g/koe/dag), DS opname (kg/koe/dag), CH<sub>4</sub> productie (g CH<sub>4</sub>/koe/dag), CH<sub>4</sub> intensiteit (g CH<sub>4</sub>/kg FPCM) of CH<sub>4</sub> opbrengst (g CH<sub>4</sub>/kg DS).

$\mu$  = constante

$\tau_j$  = behandelingseffect j (GK, WEI, ZSV (proef A), KORT, LANG (proef B))

$\alpha_i$  = periode effect i (1, 2, 3)

$\nu_l$  = jaareffect l (2020, 2021)

$\nu_l \alpha_i \beta_k$  = random blok k binnen periode i binnen jaar l effect (1 t/m 16)

$\nu_l \alpha_i$  = random periode i binnen jaar l effect (1, 2, 3)

$\varepsilon_{ijkl}$  = restvariantie

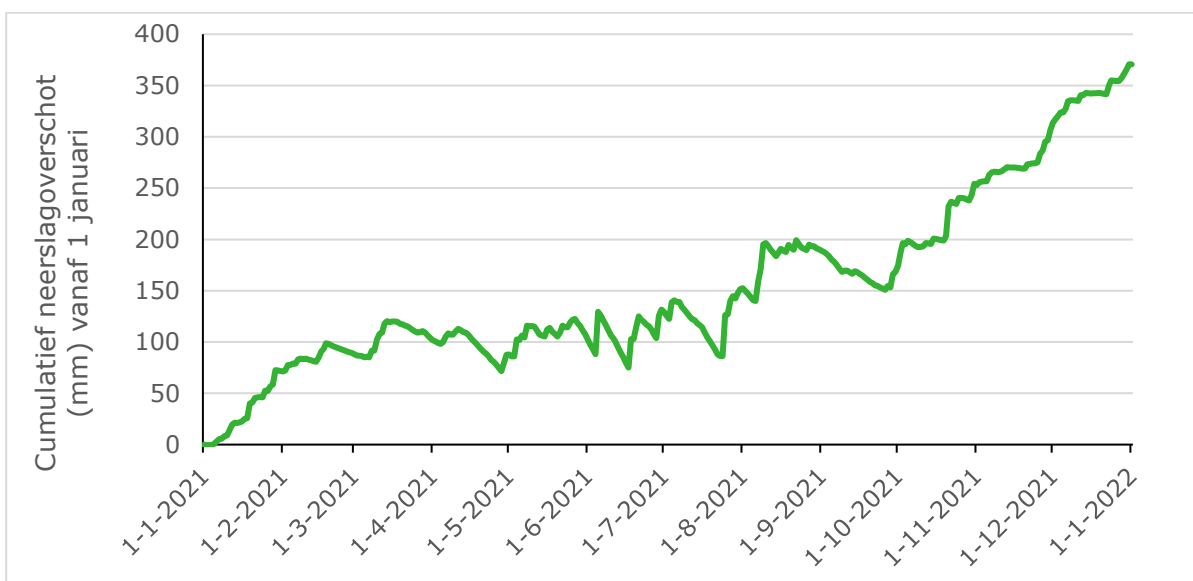
In 2020 werd de vers grasopname in de weide bepaald door het gemiddelde te nemen van de berekening op basis van de VEM dekking en sensoren (Klootwijk *et al.*, 2021). In 2021 is de vers grasopname in de weide op individueel niveau enkel bepaald op basis van de VEM dekking (sensordata was niet beschikbaar). In de meta-analyse is daarom voor beide jaren enkel de vers grasopname op basis van de VEM dekking gebruikt.



## 3 Resultaten

### 3.1 Weersomstandigheden en uitvoering beweiding

Beide proeven zijn in 3 perioden uitgevoerd, waarbij de omstandigheden voor grasgroei verschillend waren (daglengte, temperatuur, neerslag, gewasstadium/schietdatum), zowel tussen als binnen de perioden. De weersomstandigheden zijn bepalend voor de grasgroei, en daarmee de planning en de graskwaliteit. De winter en het vroege voorjaar van 2021 waren relatief zacht, maar begin februari was sprake van een vorstperiode. Daarna een redelijk droge periode, waardoor op 7 maart 28 m<sup>3</sup> drijfmest per hectare is toegediend met de sleepslang zonder rijschade. Daarna waren wel enkele warme dagen, maar april verliep vrij koud waardoor de grasgroei traag verliep (geen echte groeisput). Het temperatuurverloop en de hoeveelheid neerslag is weergegeven in bijlage 1. Vanaf maart was sprake van een periode waar neerslag en verdamping redelijk in evenwicht was, waardoor het neerslagoverschot redelijk constant bleef. Het cumulatieve neerslagoverschot, berekend vanaf 1 januari 2021 als neerslag minus verdamping is weergegeven in figuur 3.1.



**Figuur 3.1** Cumulatief neerslagoverschot (in mm) berekend als neerslag minus verdamping gemeten vanaf 1 januari 2021 (KNMI station Leeuwarden).

In tegenstelling tot 2020 was in 2021 nauwelijks sprake van een vochttekort en is er niet berekend. Wel was er sprake van groeistagnatie rond 21 juli door droogte, waardoor in proef B2 is gekozen om de koeien van de behandeling LANG de laatste dagen van de voorperiode en de eerste dagen van de meetperiode (van 22 juli tot 3 augustus) op te stallen en lang vers gras bij te voeren van een ander perceel. Vanaf augustus nam de neerslag en dus het neerslagoverschot toe, waardoor er meer vertrapping van gras plaatsvond, maar door het royale aanbod van vers gras in de percelen heeft dit nauwelijks effect gehad op de opname. De proef is uitgevoerd volgens planning zoals beschreven in hoofdstuk 2.1.

Het vers grasaanbod bij inscharen was gemiddeld over de perioden 29,5 kg DS (per koe) voor de behandeling WEI, 11,0 kg DS voor de behandeling KORT en 15,3 kg DS voor de behandeling LANG. Het minimum vers grasaanbod was voor de behandeling WEI een enkele dag in periode 2 14,9 kg DS en voor de behandeling KORT was er één dag een tekort in periode 1 met 4 kg DS. Voor de behandeling LANG was het minimum aanbod altijd hoger dan 8,3 kg DS. Voor alle behandelingen was het grasaanbod bij inscharen gemiddeld het laagste in periode 3.

---

## 3.2 Melkproductie en voeropname

Een overzicht van de koe- en voergegevens van de A proef staat in tabel 3.1 en van de B proef in tabel 3.2. Een volledig overzicht van de voederwaarde per voedermiddel staat in bijlage 2 voor proef A en bijlage 3 voor proef B. De ingestelde krachtvoergift was voor alle behandelingen en koeien 5,0 kg DS (5,5 kg product). De gemiddelde krachtvoeropname was in alle gevallen lager dan de maximaal ingestelde krachtvoergift, doordat niet alle koeien alle porties uit de GreenFeed opnamen. De vers gras opname tijdens beweiding is bepaald op basis van de VEM dekking, zie hoofdstuk 3.3 voor de vergelijking met de andere methodieken. De analyse is per proefperiode uitgevoerd (enkel de hoofdperiode van elke proefperiode).

### 3.2.1 Proef A

De melkproductie was significant het hoogst in de behandeling ZSV ( $p < 0,006$ , in periode 3 niet significant verschillend van GK). Ook de meetmelkproductie was het hoogst voor ZSV ( $p < 0,01$ ), maar in periode 1 niet significant verschillend van WEI en in periode 3 niet significant verschillend van GK. In periode 1 en 2 was de vetproductie in de behandeling GK significant lager dan WEI en ZSV, terwijl het vetgehalte (in %) juist het hoogst was bij GK. De eiwit- en lactoseproductie was significant het hoogst in de behandeling ZSV en het laagst in de behandeling GK. In periode 3 waren de gehalten in de melk niet significant verschillend, maar de totale productie van vet, eiwit en lactose was wel significant het laagst voor de behandeling WEI. Het ureumgehalte was in periode 1 en 2 significant het hoogst bij GK en het laagst bij WEI, in periode 3 was deze het hoogst in de behandeling ZSV.

De voeropname was in alle perioden significant het hoogst voor de behandeling ZSV en dat was altijd het gevolg van een hogere ruwvoeropname. Enkel in periode 3 was de voeropname van de behandeling GK significant hoger dan WEI, zowel door een hogere ruwvoeropname als krachtvoeropname. De ruwvoeropname (vers gras) van de behandeling WEI was in die periode vermoedelijk iets lager door het aflopende grasaanbod. De voerefficiëntie was het hoogst voor de behandeling WEI (in periode 3 niet significant).

Periode 1 en 2 laten voor de melkproductie- en samenstelling en de voeropname dezelfde trend zien tussen de behandelingen (met de hoogste productie voor ZSV en de laagste voor GK), terwijl in periode 3 de behandeling GK significant hogere producties laat zien dan de behandeling WEI (tabel 3.1).

### 3.2.2 Proef B

Er zijn geen significante verschillen gevonden in melkproductie, vet-, eiwit- en lactosegehalte (%) en diergewicht tussen de behandelingen KORT en LANG in proef B. In periode 3 was de meetmelkproductie significant hoger in de behandeling KORT ( $p = 0,016$ ) en daardoor ook de vet- en eiwitproductie ( $p = 0,026$ ). In periode 1 en 3 was het ureumgehalte significant hoger in de behandeling KORT. De voerefficiëntie was in periode 2 en 3 significant het hoogst in de behandeling KORT (tabel 3.2).

Er waren geen significante verschillen in voeropname tussen de behandelingen. Wel nam de vers grasopname na periode 1 af (en die van kuil daardoor toe). Dit zou veroorzaakt kunnen zijn door de afname van de smakelijkheid van het verse gras en door iets minder aanbod ten opzichte van periode 1. Het grasaanbod was in 2021 ruim en in alle perioden boven de 50% van het totale ruwvoerrantsoen.

**Tabel 3.1** Overzicht van de koe- en voergegevens per behandeling (GK = graskuil op stal, WEI = weidegang, ZSV = vers gras op stal) en gemiddeld per periode tijdens proef A in 2021, inclusief de resultaten van de ANOVA analyse (LSD en p-waarde). Superscripts geven significante verschillen aan en moeten gelezen worden binnen de periode per rij.

| Behandeling                             | Periode 1         |                   |                   |       |                | Periode 2         |                   |                    |       |                | Periode 3         |                   |                   |       |                |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------|----------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------|----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------|----------------|
|   | GK                | WEI               | ZSV               | LSD   | P <sup>1</sup> | GK                | WEI               | ZSV                | LSD   | P <sup>1</sup> | GK                | WEI               | ZSV               | LSD   | p <sup>1</sup> |
| Meetmelkproductie (kg FPCM/d)           | 26,6 <sup>b</sup> | 30,6 <sup>a</sup> | 31,9 <sup>a</sup> | 1,85  | <0,001         | 24,6 <sup>c</sup> | 27,8 <sup>b</sup> | 29,2 <sup>a</sup>  | 1,16  | <0,001         | 29,0 <sup>a</sup> | 25,4 <sup>b</sup> | 28,5 <sup>a</sup> | 2,29  | 0,006          |
| Melkproductie (kg/d)                    | 24,4 <sup>c</sup> | 27,9 <sup>b</sup> | 30,4 <sup>a</sup> | 1,94  | <0,001         | 23,2 <sup>c</sup> | 26,6 <sup>b</sup> | 27,9 <sup>a</sup>  | 0,99  | <0,001         | 27,6 <sup>a</sup> | 24,5 <sup>b</sup> | 27,4 <sup>a</sup> | 2,14  | 0,010          |
| Vetgehalte (%)                          | 4,76 <sup>a</sup> | 4,65 <sup>a</sup> | 4,23 <sup>b</sup> | 0,233 | <0,001         | 4,52 <sup>a</sup> | 4,29 <sup>b</sup> | 4,28 <sup>b</sup>  | 0,207 | 0,034          | 4,38              | 4,29              | 4,34              | 0,235 | 0,743          |
| Eiwitgehalte (%)                        | 3,46 <sup>b</sup> | 3,77 <sup>a</sup> | 3,79 <sup>a</sup> | 0,128 | <0,001         | 3,37 <sup>b</sup> | 3,56 <sup>a</sup> | 3,59 <sup>a</sup>  | 0,135 | 0,005          | 3,45              | 3,36              | 3,42              | 0,144 | 0,413          |
| Lactosegehalte (%)                      | 4,53 <sup>b</sup> | 4,52 <sup>b</sup> | 4,64 <sup>a</sup> | 0,090 | 0,021          | 4,46              | 4,50              | 4,51               | 0,064 | 0,264          | 4,51              | 4,43              | 4,46              | 0,110 | 0,383          |
| Vetproductie (g/d)                      | 1152 <sup>b</sup> | 1288 <sup>a</sup> | 1275 <sup>a</sup> | 81,3  | 0,003          | 1046 <sup>b</sup> | 1138 <sup>a</sup> | 1192 <sup>a</sup>  | 63,3  | <0,001         | 1205 <sup>a</sup> | 1052 <sup>b</sup> | 1184 <sup>a</sup> | 108,3 | 0,014          |
| Eiwitproductie (g/d)                    | 839 <sup>c</sup>  | 1050 <sup>b</sup> | 1146 <sup>a</sup> | 70,7  | <0,001         | 780 <sup>c</sup>  | 943 <sup>b</sup>  | 1002 <sup>a</sup>  | 53,0  | <0,001         | 948 <sup>a</sup>  | 820 <sup>b</sup>  | 928 <sup>a</sup>  | 75,8  | 0,004          |
| Lactoseproductie (g/d)                  | 1106 <sup>c</sup> | 1261 <sup>b</sup> | 1409 <sup>a</sup> | 98,9  | <0,001         | 1035 <sup>c</sup> | 1199 <sup>b</sup> | 1259 <sup>a</sup>  | 46,7  | <0,001         | 1245 <sup>a</sup> | 1088 <sup>b</sup> | 1226 <sup>a</sup> | 104,6 | 0,009          |
| Ureum (mg/100g)                         | 30,3 <sup>a</sup> | 22,8 <sup>c</sup> | 25,6 <sup>b</sup> | 2,51  | <0,001         | 40,2 <sup>a</sup> | 29,7 <sup>c</sup> | 33,4 <sup>b</sup>  | 2,58  | <0,001         | 24,8 <sup>b</sup> | 22,4 <sup>b</sup> | 34,9 <sup>a</sup> | 3,17  | <0,001         |
| Diergewicht (kg)                        | 658               | 633               | 661               | 35,1  | 0,225          | 668 <sup>a</sup>  | 618 <sup>b</sup>  | 653 <sup>a,b</sup> | 37,0  | 0,028          | 640               | 606               | 633               | 32,8  | 0,102          |
| Voeropname (kg DS/d)                    | 19,0 <sup>b</sup> | 19,9 <sup>b</sup> | 22,5 <sup>a</sup> | 1,10  | <0,001         | 19,0 <sup>b</sup> | 19,2 <sup>b</sup> | 22,3 <sup>a</sup>  | 1,01  | <0,001         | 21,6 <sup>a</sup> | 18,3 <sup>b</sup> | 20,9 <sup>a</sup> | 1,10  | <0,001         |
| Ruwvoeropname (kg DS/d) <sup>2</sup>    | 14,5 <sup>c</sup> | 16,0 <sup>b</sup> | 19,3 <sup>a</sup> | 1,21  | <0,001         | 14,7 <sup>b</sup> | 14,6 <sup>b</sup> | 18,0 <sup>a</sup>  | 1,02  | <0,001         | 16,7 <sup>a</sup> | 14,3 <sup>b</sup> | 17,1 <sup>a</sup> | 1,17  | <0,001         |
| Krachtvoeropname (kg DS/d) <sup>3</sup> | 4,5               | 3,8               | 3,2               |       |                | 4,3               | 4,6               | 4,4                |       |                | 4,9               | 4,0               | 3,8               |       |                |
| Voerefficiëntie (kg FPCM/kg DS)         | 1,41 <sup>b</sup> | 1,54 <sup>a</sup> | 1,42 <sup>b</sup> | 0,060 | <0,001         | 1,30 <sup>b</sup> | 1,45 <sup>a</sup> | 1,32 <sup>b</sup>  | 0,050 | <0,001         | 1,35              | 1,38              | 1,36              | 0,094 | 0,758          |

<sup>1</sup> p waarden lager dan 0,05 geven een significant behandelingsverschil aan

<sup>2</sup> Ruwvoeropname bij de GK groep is graskuil, bij de WEI groep vers gras in de weide en bij de ZSV groep vers gras op stal

<sup>3</sup> De krachtvoeropname is niet statistisch geanalyseerd, omdat de krachtvoergif voor alle dieren op een vast niveau ingesteld was van 5,5 kg product (2 kg in de melkstal en 3,5 kg in de GreenFeed)

**Tabel 3.2** Overzicht van de dier- en voergegevens per behandeling (KORT = inscharen in kort gras; streefwaarde 8 cm en LANG = inscharen in lang gras; streefwaarde 15 cm) per periode tijdens proef B in 2021, inclusief de resultaten van de ANOVA analyse (LSD en p-waarde). Superscripts geven significante verschillen aan en moeten gelezen worden binnen de periode per rij.

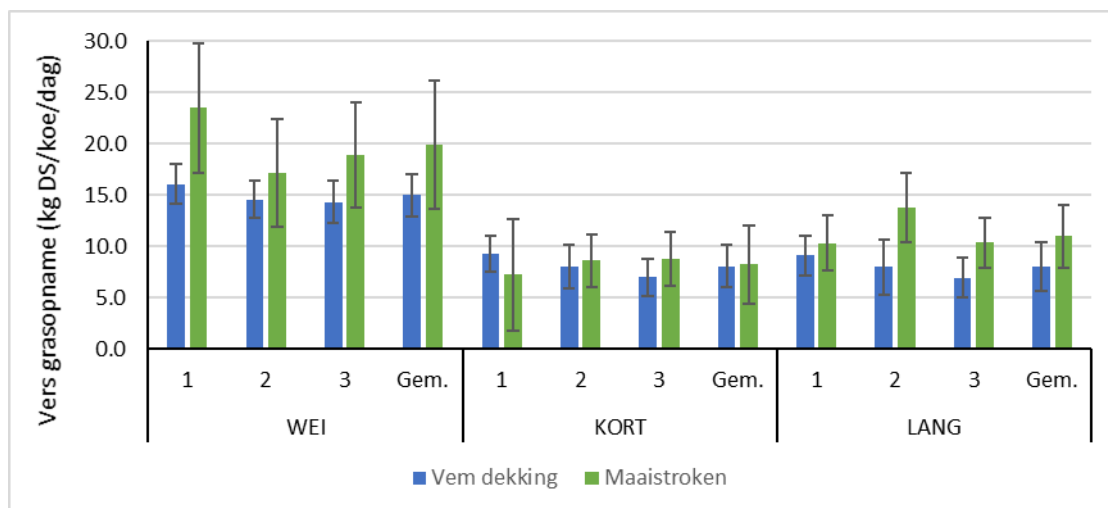
| Behandeling                             | Periode 1         |                   |       |                | Periode 2         |                   |       |                | Periode 3         |                   |       |                |
|---|-------------------|-------------------|-------|----------------|-------------------|-------------------|-------|----------------|-------------------|-------------------|-------|----------------|
|   | KORT              | LANG              | LSD   | P <sup>1</sup> | KORT              | LANG              | LSD   | P <sup>1</sup> | KORT              | LANG              | LSD   | P <sup>1</sup> |
| Meetmelkproductie (kg/d)                | 24,9              | 25,2              | 1,70  | 0,717          | 23,7              | 23,0              | 1,17  | 0,232          | 26,7 <sup>a</sup> | 25,3 <sup>b</sup> | 1,07  | 0,016          |
| Melkproductie (kg/d)                    | 23,5              | 24,0              | 1,53  | 0,516          | 22,2              | 21,5              | 1,16  | 0,255          | 24,9              | 24,1              | 1,41  | 0,227          |
| Vetgehalte (%)                          | 4,52              | 4,44              | 0,274 | 0,512          | 4,56              | 4,53              | 0,240 | 0,780          | 4,57              | 4,44              | 0,315 | 0,392          |
| Eiwitgehalte (%)                        | 3,36              | 3,36              | 0,160 | 0,940          | 3,38              | 3,45              | 0,155 | 0,375          | 3,47              | 3,39              | 0,131 | 0,240          |
| Lactosegehalte (%)                      | 4,44              | 4,47              | 0,142 | 0,763          | 4,37              | 4,43              | 0,072 | 0,083          | 4,42              | 4,42              | 0,090 | 0,960          |
| Vetproductie (g/d)                      | 1059              | 1061              | 86,4  | 0,966          | 1007              | 973               | 60,6  | 0,247          | 1134 <sup>a</sup> | 1064 <sup>b</sup> | 60,0  | 0,026          |
| Eiwitproductie (g/d)                    | 787               | 805               | 55,2  | 0,502          | 748               | 737               | 41,9  | 0,580          | 862 <sup>a</sup>  | 815 <sup>b</sup>  | 40,6  | 0,026          |
| Lactoseproductie (g/d)                  | 1045              | 1071              | 90,3  | 0,559          | 969               | 955               | 54,7  | 0,576          | 1101              | 1064              | 55,8  | 0,186          |
| Ureum (mg/100g)                         | 20,1 <sup>a</sup> | 16,9 <sup>b</sup> | 2,04  | 0,004          | 27,0              | 26,3              | 2,59  | 0,578          | 25,6 <sup>a</sup> | 20,5 <sup>b</sup> | 1,77  | <0,001         |
| Diergewicht (kg)                        | 621               | 634               | 34,9  | 0,445          | 640               | 645               | 35,2  | 0,769          | 588               | 607               | 37,8  | 0,287          |
| Voeropname (kg DS/d)                    | 18,7              | 18,9              | 0,76  | 0,653          | 18,6              | 19,0              | 0,59  | 0,199          | 19,2              | 18,7              | 0,58  | 0,128          |
| Graskuil opname (kg DS/d)               | 5,8               | 5,9               | 0,66  | 0,643          | 6,9               | 7,1               | 0,73  | 0,740          | 7,4               | 7,1               | 0,51  | 0,215          |
| Weidegras opname (kg DS/d)              | 9,3               | 9,1               | 0,77  | 0,639          | 8,0               | 7,9               | 0,77  | 0,863          | 7,0               | 6,9               | 0,75  | 0,936          |
| Krachtvoeropname (kg DS/d) <sup>2</sup> | 3,6               | 3,8               |       |                | 3,7               | 4,0               |       |                | 4,8               | 4,7               |       |                |
| Voerefficiëntie (kg FPCM/kg DS)         | 1,33              | 1,33              | 0,041 | 0,862          | 1,27 <sup>a</sup> | 1,21 <sup>b</sup> | 0,052 | 0,031          | 1,39 <sup>a</sup> | 1,35 <sup>b</sup> | 0,027 | 0,005          |

<sup>1</sup> p waarden kleiner dan 0,05 geven een significant verschil aan per afzonderlijke proefperiode

<sup>2</sup> De krachtvoeropname is niet statistisch geanalyseerd, omdat de krachtvoergift voor alle dieren op een vast niveau ingesteld was van 5,5 kg product (2 kg in de melkstal en 3,5 kg in de GreenFeed)

### 3.3 Geschatte vers grasopname

De vers grasopname (binnen proef A voor de behandeling WEI en binnen proef B voor beide behandelingen) is op individueel dierniveau bepaald op basis van de VEM dekking. Om een beeld te krijgen van de betrouwbaarheid van deze methode, is de vers grasopname op basis van VEM dekking vergeleken met het uitmaaien van stroken (vergelijking op groepsniveau, figuur 3.2 en bijlage 4).



**Figuur 3.2** Geschatte vers grasopname per periode (1, 2 en 3) en gemiddeld (gem.) per behandeling (WEI, KORT en LANG) in kg DS/koe/dag op basis van VEM dekking (blauw) en het uitmaaien van stroken (groen), inclusief de standaard deviatie.

Gemiddeld over alle behandelingen en perioden is het verschil in vers grasopname berekend met deze twee methodieken significant verschillend ( $p < 0,001$ ). Gemiddeld was de grasopname op basis van VEM-dekking lager dan op basis van het uitmaaien van stroken, maar dit verschilde tussen perioden en behandelingen. Voor de behandeling KORT gaf de berekening op basis van VEM dekking ongeveer een gelijke grasopname als voor LANG. Opvallend is dat op basis van het maaaien van stroken de behandeling LANG in alle perioden een significant hogere vers grasopname had dan de behandeling KORT ( $p < 0,001$ ;  $LSD = 1,22$ ) en dezelfde resultaten werden gevonden in 2020. Ook voor de behandeling WEI was de vers grasopname op basis van stroken uitmaaien significant hoger dan op basis van VEM dekking, in tegenstelling tot de resultaten van 2020 waar voor WEI de resultaten van de twee methoden dichterbij elkaar lagen. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat hoe hoger het vers gras aanbod, hoe groter de kans op onnauwkeurigheid op de bepaling bij inscharen en uitscharen op basis van stroken maaaien. Het aanbod per oppervlakte-eenheid was lager bij KORT dan bij LANG en WEI, waardoor het aanbod en de rest mogelijk nauwkeuriger zijn geschat. Hoe langer het gras, hoe hoger de kans op bossen, die vooral bij het uitscharen kunnen worden vermeden in verband met mesthopen. De rest bepaling kan hierdoor worden onderschat, waardoor de netto berekende voeropname wordt overschat. Ook het aanbod kan worden overschat, omdat koeien selectief grazen, vooral bij een ruim aanbod en bijvoorbeeld door het vermijden van vers gras rondom mesthopen (Klootwijk *et al.*, 2019).

### 3.4 Methaanemissie

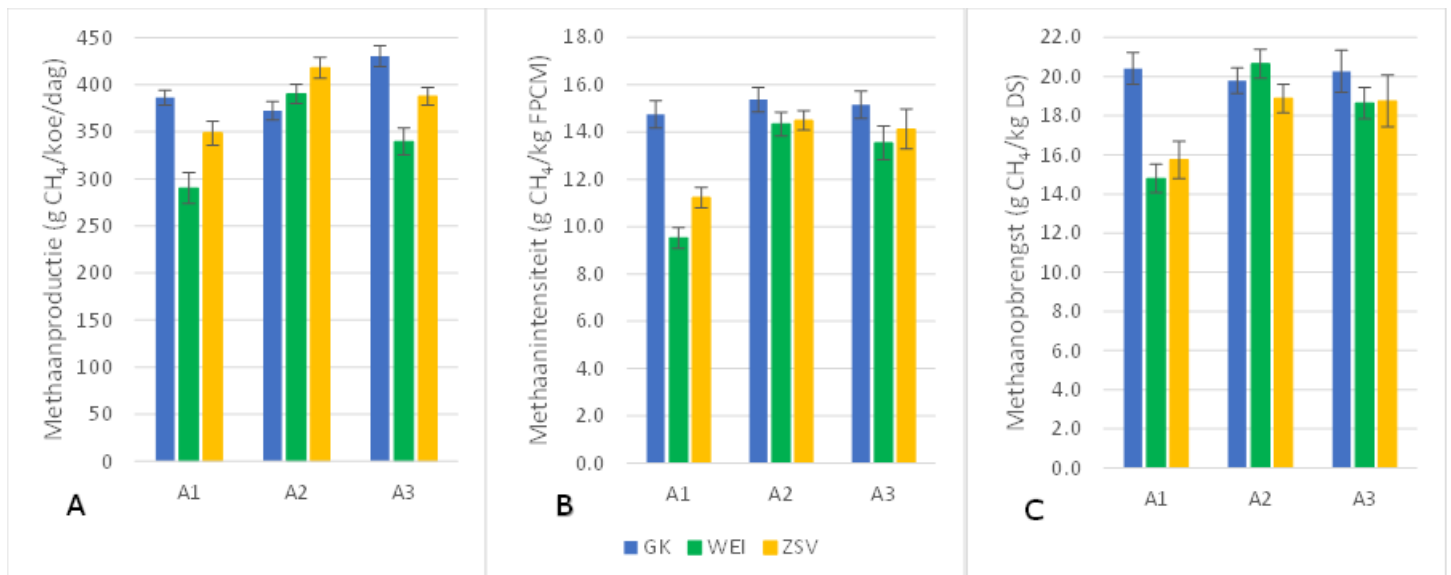
In totaal is van 239 koeien ( $n = 16$  per behandeling, 1 missende waarde) in de periode van 20 april tot en met 4 oktober 2021 de  $CH_4$  productie gemeten. Van één koe zijn geen metingen gehaald (proefperiode A3, behandeling WEI), omdat de koe de GreenFeed niet bezocht. Van 4 koeien zijn de  $CH_4$  en  $CO_2$  metingen niet gebruikt in de analyse (allen in proefperiode A1, behandeling WEI), omdat deze de GreenFeed minder dan 6 keer hadden bezocht in de hoofdperiode.

Ten slotte waren in proef A 3 fistelkoeien aanwezig (elke periode één per behandeling), waarvan de CH<sub>4</sub> metingen niet zijn meegenomen in de analyse in verband met mogelijke lekkage van CH<sub>4</sub> productie via de fistel. De resterende 226 koeien hadden minimaal 17 CH<sub>4</sub> metingen en zijn gebruikt voor analyse van de gewarde blokkenproef. In totaal zijn er 14278 succesvolle CH<sub>4</sub> metingen verzameld, met gemiddeld 63 CH<sub>4</sub> metingen per koe per twee weken hoofdperiode (gemiddeld 90 metingen per koe in de behandeling GK, 44 metingen bij WEI, 57 metingen bij ZSV, 57 metingen bij KORT en 62 metingen bij LANG).

### 3.4.1 Proef A

De gemiddelde CH<sub>4</sub> emissie per periode per behandeling en gemiddeld over alle perioden heen staat weergegeven in tabel 3.3 en 3.5. In periode 1 was zowel de CH<sub>4</sub> productie (per koe per dag), de CH<sub>4</sub> opbrengst (per kg DS) als de CH<sub>4</sub> intensiteit (per kg meetmelk) significant het laagst voor de behandeling WEI ( $p < 0,001$ ), gevolgd door ZSV (per kg DS geen significant verschil tussen WEI en ZSV). De emissie was significant het hoogst voor de behandeling GK ( $p < 0,001$ ). In periode 2 was de absolute CH<sub>4</sub> productie het hoogst voor de behandeling ZSV ten opzichte van de behandelingen GK en WEI ( $p < 0,001$ ), veroorzaakt door een significant hogere voeropname bij ZSV (zie hoofdstuk 3.2.1). De CH<sub>4</sub> opbrengst (per kg DS) was in deze periode het laagst voor ZSV (trend,  $p = 0,092$ ). Voor de emissie uitgedrukt per kg FPCM werden geen significante verschillen gevonden ( $p = 0,213$ ). In periode 3 was de CH<sub>4</sub> productie per koe per dag net als in periode 1 voor de behandeling WEI significant het laagst en voor de behandeling GK significant het hoogst ( $p < 0,001$ ). De CH<sub>4</sub> intensiteit per kg meetmelk en CH<sub>4</sub> opbrengst per kg DS verschilde niet tussen de behandelingen ( $p > 0,106$ ). De CO<sub>2</sub> productie en CH<sub>4</sub>:CO<sub>2</sub> ratio volgde een vergelijkbaar patroon als de CH<sub>4</sub> emissie (tabel 3.3).

Over alle perioden heen was de CH<sub>4</sub> opbrengst en intensiteit significant het laagst voor de behandelingen WEI en ZSV en het hoogst voor de behandeling GK ( $p < 0,001$ , tabel 3.5). De CH<sub>4</sub> productie was wel significant lager voor WEI dan voor ZSV, wat verklaard kan worden door de hogere voeropname bij ZSV. In periode 1 was de CH<sub>4</sub> emissie significant lager dan in periode 2 en 3. Ten slotte werden er ook interactie-effecten gevonden tussen behandeling en periode, waarbij de behandeling GK minder afhankelijk was van periode dan de behandelingen WEI en ZSV. De resultaten staan visueel weergegeven in figuur 3.3.

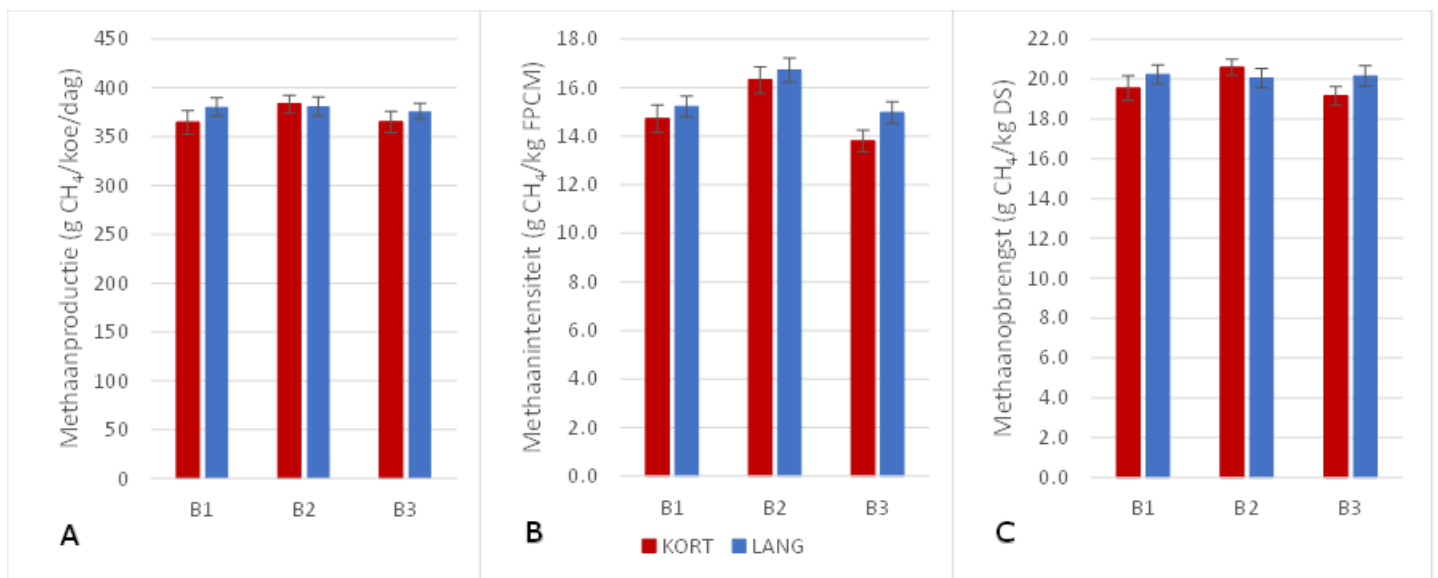


**Figuur 3.3** Gemiddelde CH<sub>4</sub> emissie per behandeling (GK in blauw, WEI in groen en ZSV in geel) per periode (A1, A2, A3) tijdens proef A in 2021, uitgedrukt als CH<sub>4</sub> productie per koe per dag (grafiek A), CH<sub>4</sub> intensiteit per kg FPCM (grafiek B) en CH<sub>4</sub> opbrengst per kg DS opname (grafiek C), inclusief de standaard error (zwarte lijnen).

### 3.4.2 Proef B

De gemiddelde CH<sub>4</sub> emissie per periode per behandeling en gemiddeld over alle perioden heen staat weergegeven in tabel 3.4 en 3.6. Er zijn geen significante behandelingseffecten gevonden op de CH<sub>4</sub> productie, intensiteit en opbrengst, met uitzondering van periode 3, waar de CH<sub>4</sub> intensiteit (per kg FPCM) significant lager was bij de behandeling KORT ten opzichte van LANG ( $p=0,012$ , en voor de CH<sub>4</sub> opbrengst een trend met  $p=0,054$ ). Hoewel in periode 1 (maar niet in periode 2) de CH<sub>4</sub> productie, opbrengst en intensiteit ook lager was voor de behandeling KORT, waren de verschillen te klein en daardoor niet significant verschillend.

Volgens de meta-analyse was de CH<sub>4</sub> intensiteit (per kg FPCM) over alle perioden heen lager bij de behandeling KORT ten opzichte van de behandeling LANG ( $p<0,014$ ). Voor de CH<sub>4</sub> intensiteit werd ook een periode-effect gevonden; de CH intensiteit was in periode 1 en 3 lager dan in periode 2 ( $p=0,001$ ). De CH<sub>4</sub> productie, CH<sub>4</sub> opbrengst, CO<sub>2</sub> productie en de CH<sub>4</sub>:CO<sub>2</sub> ratio waren niet significant verschillend tussen behandelingen of perioden. De resultaten staan visueel weergegeven in figuur 3.4.



**Figuur 3.4** Gemiddelde CH<sub>4</sub> emissie per behandeling (KORT in rood en LANG in blauw) per periode (B1, B2, B3) tijdens proef B in 2021, uitgedrukt als CH<sub>4</sub> productie per koe per dag (grafiek A), CH<sub>4</sub> intensiteit per kg FPCM (grafiek B) en CH<sub>4</sub> opbrengst per kg DS opname (grafiek C), inclusief de standaard error (zwarte lijnen).

**Tabel 3.3** Resultaten van de ANOVA analyse van de CH<sub>4</sub> productie, intensiteit en opbrengst per periode (1, 2 en 3) per behandeling (GK, WEI en ZSV) tijdens proef A in 2021. Significante verschillen tussen behandelingen zijn weergegeven met superscripts.

| Periode  | 1                   |                     |                     |         |                | 2                  |                    |                    |         |       | 3                   |                     |                     |         |        |
|--|---------------------|---------------------|---------------------|---------|----------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|-------|---------------------|---------------------|---------------------|---------|--------|
|  | GK                  | WEI                 | ZSV                 | LSD     | p <sup>1</sup> | GK                 | WEI                | ZSV                | LSD     | p     | GK                  | WEI                 | ZSV                 | LSD     | p      |
| CH <sub>4</sub> productie (g CH <sub>4</sub> /koe/dag)   | 386 <sup>a</sup>    | 294 <sup>c</sup>    | 349 <sup>b</sup>    | 36,7    | <0,001         | 373 <sup>b</sup>   | 390 <sup>b</sup>   | 418 <sup>a</sup>   | 27,4    | 0,007 | 431 <sup>a</sup>    | 338 <sup>c</sup>    | 388 <sup>b</sup>    | 29,8    | <0,001 |
| CH <sub>4</sub> intensiteit (g CH <sub>4</sub> /kg FPCM) | 14,8 <sup>a</sup>   | 9,8 <sup>c</sup>    | 11,2 <sup>b</sup>   | 1,41    | <0,001         | 15,4               | 14,3               | 14,5               | 1,27    | 0,213 | 15,2                | 13,6                | 14,1                | 1,86    | 0,248  |
| CH <sub>4</sub> opbrengst (g CH <sub>4</sub> /kg DS)     | 20,4 <sup>a</sup>   | 14,8 <sup>b</sup>   | 15,7 <sup>b</sup>   | 1,69    | <0,001         | 19,8               | 20,7               | 18,9               | 1,59    | 0,092 | 20,3                | 18,7                | 18,8                | 1,66    | 0,106  |
| CO <sub>2</sub> productie (g CO <sub>2</sub> /koe/dag)   | 13198 <sup>b</sup>  | 13389 <sup>b</sup>  | 14651 <sup>a</sup>  | 666,5   | <0,001         | 12650 <sup>b</sup> | 13150 <sup>b</sup> | 13952 <sup>a</sup> | 647,8   | 0,001 | 13927 <sup>a</sup>  | 12320 <sup>b</sup>  | 12972 <sup>b</sup>  | 673,6   | <0,001 |
| CH <sub>4</sub> :CO <sub>2</sub> ratio                   | 0,0291 <sup>a</sup> | 0,0220 <sup>c</sup> | 0,0239 <sup>b</sup> | 0,00215 | <0,001         | 0,0294             | 0,0299             | 0,0300             | 0,00137 | 0,611 | 0,0312 <sup>a</sup> | 0,0275 <sup>b</sup> | 0,0301 <sup>a</sup> | 0,00137 | <0,001 |

<sup>1</sup>p=p-waarde van de ANOVA analyse, er is een significant verschil wanneer p<0,05, er is sprake van een trend wanneer p<0,1

**Tabel 3.4** Resultaten van de ANOVA analyse van de CH<sub>4</sub> productie, intensiteit en opbrengst per periode (1, 2 en 3) per behandeling (KORT en LANG) tijdens proef B in 2021. Significante verschillen tussen behandelingen zijn weergegeven met superscripts.

| Periode  | 1      |        |         |       | 2      |        |         |       | 3                 |                   |         |       |
|--|--------|--------|---------|-------|--------|--------|---------|-------|-------------------|-------------------|---------|-------|
|  | KORT   | LANG   | LSD     | p     | KORT   | LANG   | LSD     | p     | KORT              | LANG              | LSD     | p     |
| CH <sub>4</sub> productie (g CH <sub>4</sub> /koe/dag)   | 365    | 380    | 31,6    | 0,304 | 383    | 381    | 28,4    | 0,865 | 365               | 376               | 23,5    | 0,334 |
| CH <sub>4</sub> intensiteit (g CH <sub>4</sub> /kg FPCM) | 14,7   | 15,2   | 1,64    | 0,530 | 16,3   | 16,7   | 1,37    | 0,535 | 13,8 <sup>b</sup> | 15,0 <sup>a</sup> | 0,88    | 0,012 |
| CH <sub>4</sub> opbrengst (g CH <sub>4</sub> /kg DS)     | 19,5   | 20,2   | 1,75    | 0,415 | 20,6   | 20,1   | 1,19    | 0,350 | 19,2              | 20,2              | 1,02    | 0,054 |
| CO <sub>2</sub> productie (g CO <sub>2</sub> /koe/dag)   | 12228  | 12438  | 467,1   | 0,353 | 12819  | 12545  | 615,2   | 0,358 | 12485             | 12725             | 589,1   | 0,399 |
| CH <sub>4</sub> :CO <sub>2</sub> ratio                   | 0,0298 | 0,0306 | 0,00165 | 0,332 | 0,0299 | 0,0304 | 0,00125 | 0,442 | 0,0293            | 0,0296            | 0,00117 | 0,638 |



**Tabel 3.5** De geschatte behandelingsgemiddelden (over alle perioden in 2021) op basis van een Multiple Experiments REML Analyse van proef A (inclusief de p-waarde van het effect van periode en de interactie). In het fixed model is behandeling, periode en de interactie (Per\*Beh.) opgenomen, en in het random model koe binnen blok binnen periode en blok binnen periode. Significante verschillen tussen behandelingen zijn weergegeven met superscripts.

| Behandeling  | Behandeling         |                     |                     |         |        | Periode | Per*Beh. |
|--|---------------------|---------------------|---------------------|---------|--------|---------|----------|
|  | GK                  | WEI                 | ZSV                 | LSD     | p      | p       | P        |
| CH <sub>4</sub> productie (g CH <sub>4</sub> /koe/dag)   | 397 <sup>a</sup>    | 340 <sup>b</sup>    | 385 <sup>a</sup>    | 18,5    | <0,001 | <0,001  | <0,001   |
| CH <sub>4</sub> intensiteit (g CH <sub>4</sub> /kg FPCM) | 15,1 <sup>a</sup>   | 12,5 <sup>b</sup>   | 13,3 <sup>b</sup>   | 0,93    | <0,001 | <0,001  | 0,001    |
| CH <sub>4</sub> opbrengst (g CH <sub>4</sub> /kg DS)     | 20,2 <sup>a</sup>   | 18,0 <sup>b</sup>   | 17,8 <sup>b</sup>   | 0,93    | <0,001 | <0,001  | <0,001   |
| CO <sub>2</sub> productie (g CO <sub>2</sub> /koe/dag)   | 13258 <sup>b</sup>  | 12949 <sup>b</sup>  | 13858 <sup>a</sup>  | 387,1   | <0,001 | 0,139   | 0,001    |
| CH <sub>4</sub> :CO <sub>2</sub> ratio                   | 0,0299 <sup>a</sup> | 0,0264 <sup>c</sup> | 0,0280 <sup>b</sup> | 0,00097 | <0,001 | <0,001  | <0,001   |

**Tabel 3.6** De geschatte behandelingsgemiddelden (over alle perioden in 2021) op basis van een Multiple Experiments REML Analyse van proef B (inclusief de p-waarde van het effect van periode en de interactie). In het fixed model is behandeling, periode en de interactie (Per\*Beh.) opgenomen, en in het random model koe binnen blok binnen periode en blok binnen periode. Significante verschillen tussen behandelingen zijn weergegeven met superscripts.

| Behandeling  | Behandeling       |                   |         |       | Periode | Per*Beh. |
|--|-------------------|-------------------|---------|-------|---------|----------|
|  | KORT              | LANG              | LSD     | p     | p       | p        |
| CH <sub>4</sub> productie (g CH <sub>4</sub> /koe/dag)   | 371               | 379               | 15,2    | 0,317 | 0,490   | 0,607    |
| CH <sub>4</sub> intensiteit (g CH <sub>4</sub> /kg FPCM) | 14,9 <sup>b</sup> | 15,6 <sup>a</sup> | 0,70    | 0,014 | 0,001   | 0,537    |
| CH <sub>4</sub> opbrengst (g CH <sub>4</sub> /kg DS)     | 19,8              | 20,1              | 0,71    | 0,319 | 0,446   | 0,129    |
| CO <sub>2</sub> productie (g CO <sub>2</sub> /koe/dag)   | 12511             | 12569             | 305,7   | 0,578 | 0,531   | 0,342    |
| CH <sub>4</sub> :CO <sub>2</sub> ratio                   | 0,0297            | 0,0302            | 0,00084 | 0,273 | 0,214   | 0,886    |

### 3.5 Voerkwaliteit

Om mogelijke verklaringen te geven voor de verschillen in CH<sub>4</sub> emissie tussen de behandelingen, is er een REML analyse uitgevoerd met vijf belangrijke voederwaardecomponenten: het gehalte aan NDF, RC, RE en suiker, en het voederkenmerk VCOS. De keuze voor deze vijf elementen is op basis van een correlatieanalyse en resultaten uit 2020. Elk voederwaardecomponent is apart geanalyseerd. Tabel 3.7 laat zien dat er een effect is van RC, RE, suiker en VCOS op de CH<sub>4</sub> opbrengst (g CH<sub>4</sub>/kg DS) ( $p < 0,013$ ). Het effect van NDF, RC, suiker en VCOS was afhankelijk van de behandeling (interactie-effect,  $p < 0,001$ ). Er was tevens een interactie-effect tussen behandeling en periode ( $p < 0,006$ ). Deze interacties kunnen verklaard worden door het verschil in ruwvoersoort tussen de behandelingen (vers gras versus graskuil). Omdat er grote verschillen zijn tussen vers gras en graskuil (op het gebied van conservering, het aantal verzamelde monsters en het effect van periode), is besloten de analyse ook uit te voeren voor enkel de volledig vers gras behandelingen; WEI en ZSV (tabel 3.8).

**Tabel 3.7** Resultaten (*p*-waarden) van de REML analyse van het effect van vijf voederwaardecomponenten (VW) op de CH<sub>4</sub> opbrengst (per kg DS) over alle behandelingen in 2021. De interactie van behandeling met de voederwaardecomponent (VW\*Beh.) en periode (Beh\*Per.) is, indien significant, ook meegenomen.

| Voederwaardecomponent | P-waarde |             |         |                   |           |
|-----------------------|----------|-------------|---------|-------------------|-----------|
|                       | VW       | Behandeling | Periode | VW*Beh.           | Beh.*Per. |
| NDF gehalte (g/kg DS) | 0,897    | <0,001      | <0,001  | <0,001            | <0,001    |
| RC gehalte (g/kg DS)  | <0,001   | <0,001      | <0,001  | <0,001            | <0,001    |
| RE gehalte (g/kg DS)  | 0,013    | <0,001      | <0,001  | n.s. <sup>1</sup> | <0,001    |
| Suiker (g/kg DS)      | <0,001   | <0,001      | <0,001  | <0,001            | <0,001    |
| VCOS (%)              | <0,001   | <0,001      | <0,001  | <0,001            | 0,006     |

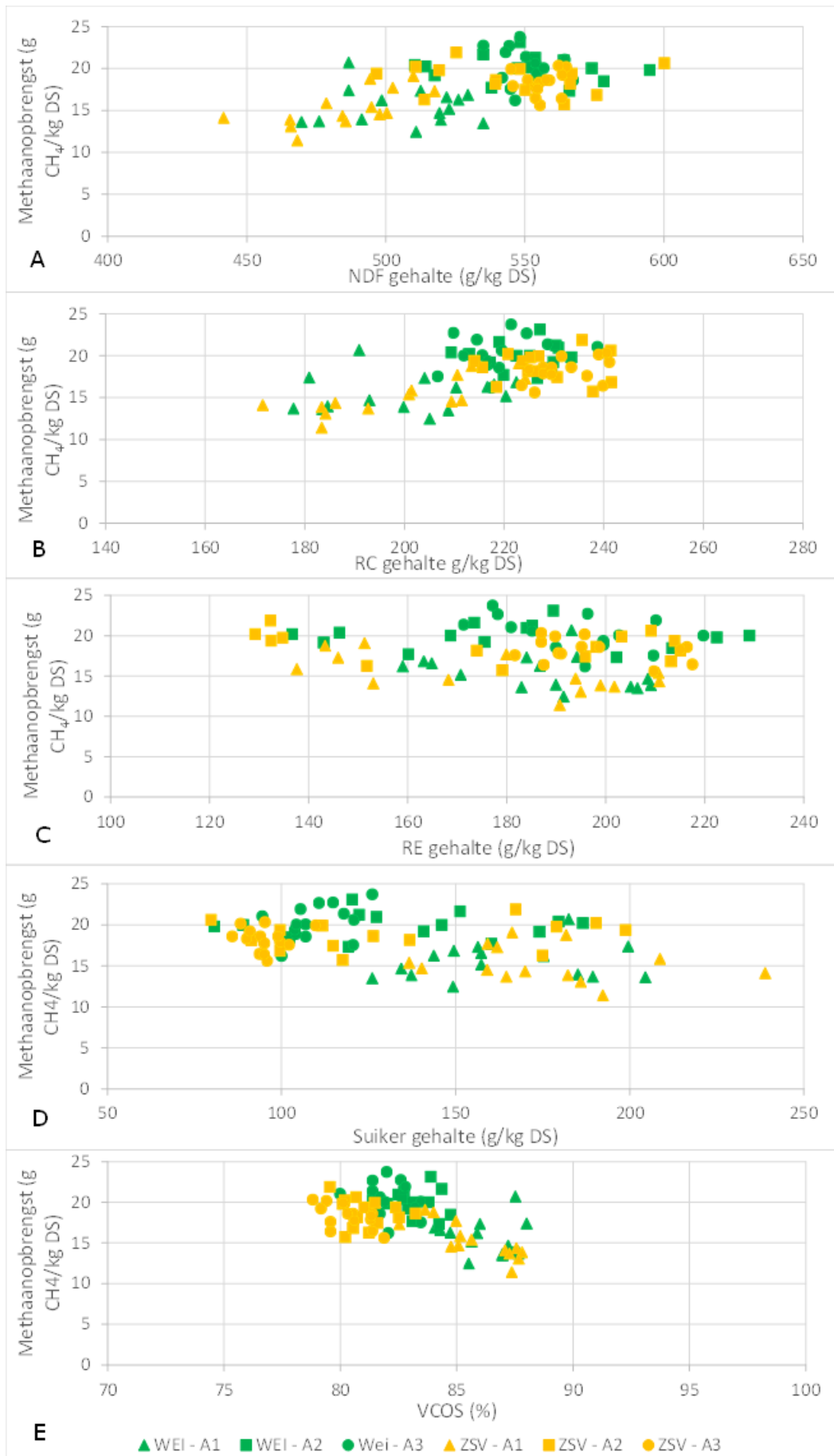
<sup>1</sup> n.s. = niet significant en daarom verwijderd uit het model

Er was er geen interactie-effect tussen behandeling en voederwaardecomponent voor enkel de volledig vers gras behandelingen (tabel 3.8). Er werd een effect gevonden van alle vijf de voederwaardecomponenten (voor RE een trend) op de CH<sub>4</sub> opbrengst. Om een globaal beeld te geven van het effect van de voederwaardecomponenten van vers gras, zijn deze uitgezet tegen de CH<sub>4</sub> opbrengst (beide in g/kg DS) in figuur 3.5 voor de vers grasbehandelingen. Voor NDF en RC lijkt het effect positief (hoe hoger de NDF en RC, hoe hoger de CH<sub>4</sub> opbrengst), voor suiker en VCOS lijkt het effect negatief, maar de variatie is groot. Op basis van figuur 3.5 lijkt het significante periode-effect van NDF, RC, suiker en VCOS veroorzaakt te worden door het lage NDF en RC gehalte en hogere suikergehalte en VCOS in periode 1 ten opzichte van de andere perioden.

**Tabel 3.8** Resultaten (*p*-waarden) van de REML analyse van het effect van vijf voederwaardecomponenten (VW) op de CH<sub>4</sub> opbrengst (per kg DS) voor de volledig vers gras behandelingen (WEI en ZSV, 2021). De interactie van behandeling met de voederwaarde component (VW\*Beh.) en periode (Beh\*Per.) is, indien significant, ook meegenomen.

| Voederwaardecomponent | P-waarde |             |         |                   |           |
|-----------------------|----------|-------------|---------|-------------------|-----------|
|                       | VW       | Behandeling | Periode | VW*Beh.           | Beh.*Per. |
| NDF gehalte (g/kg DS) | <0,001   | 0,051       | <0,001  | n.s. <sup>1</sup> | n.s.      |
| RC gehalte (g/kg DS)  | <0,001   | <0,001      | <0,001  | n.s.              | 0,026     |
| RE gehalte (g/kg DS)  | 0,053    | 0,004       | <0,001  | n.s.              | n.s.      |
| Suiker (g/kg DS)      | <0,001   | 0,007       | <0,001  | n.s.              | n.s.      |
| VCOS (%)              | <0,001   | <0,001      | 0,035   | n.s.              | 0,024     |

<sup>1</sup> n.s. = niet significant en daarom verwijderd uit het model



**Figuur 3.5** De voederwaardecomponenten NDF (A), RC (B), RE (C), suiker (D) en VCOS (E) van vers gras uitgezet tegen de CH<sub>4</sub> opbrengst (per kg DS) op groepsniveau per dag voor de behandelingen WEI (groen) en ZSV (geel) in periode 1 (driehoek), 2 (vierkant) en 3 (rondje) in 2021.

---

### 3.5.1 Kwaliteitsverval zomerstalvoeding

De RIC-bakken voor de behandeling ZSV zijn 7 tot 8 keer per dag gevuld om onbepaald vers gras aan te bieden. Het verse gras is tweemaal daags geoogst en opgeslagen op de voergang zodat de RIC-bakken gevuld konden worden. Zowel in 2020 als 2021 is per vulmoment het verse gras bemonsterd om het kwaliteitsverval te onderzoeken. In beide jaren werd voor geen van de parameters (VEM, NDF, RC, RE, suiker en VCOS) een duidelijk vervaleffect gevonden. Het enige mogelijke vervaleffect dat gevonden werd in 2021 was voor het suikergehalte (bijlage 5.1). Het suikergehalte leek in de middag direct na oogsten (vulmoment 5, rond 15:30 uur) hoger dan de volgende ochtend (vulmoment 1, rond 5:15 uur, dat was het laatste vulmoment van de middagoogst voordat er weer gemaaid werd, rond 8:00 uur). In het najaar was dit verschil minder duidelijk. Er werd wel een significant effect van vulmoment op de voederwaarde gevonden ( $p < 0,001$  voor alle parameters), maar dit kon niet worden gelinkt aan bepaald moment van de dag; er was dus sprake van een random verschil. Op basis van deze resultaten is aangenomen dat het maaien en lossen van vers gras op de voergang, waardoor het enkele uren ligt als los gestort materiaal voordat het gevoerd wordt, geen effect heeft op de kwaliteit van het verse gras. Ook werd geen duidelijk verschil gevonden tussen het gras dat in de ochtend of in de middag is gemaaid.

### 3.5.2 Vers graskwaliteit in de ochtend en avond

De behandeling WEI heeft gedurende een volledig etmaal op één strook gelopen. Omdat bekend is dat koeien selectief grazen, kan er verschil ontstaan in vers graskwaliteit tussen het gras dat in de ochtend na inscharen wordt opgenomen en het gras dat gedurende de nacht wordt opgenomen. Om dit te toetsen zijn de dagelijkse monsters van de ochtend (bij inscharen) en in de avond (rond melken) vergeleken. De resultaten zijn per periode als gemiddelde van veertien monsters weergegeven in bijlage 5.2. Er werd een significant verschil gevonden tussen de graskwaliteit in de ochtend en avond voor de parameters VEM (trend,  $p = 0,052$ ), NDF, RE en suiker ( $p < 0,001$ ). Voor alle componenten behalve RE was ook sprake van een significant verschil tussen de perioden ( $p < 0,001$ ). De VEM, NDF en RE gehalten waren hoger in de ochtend dan in de avond en het suiker gehalte was hoger in de avond dan in de ochtend. De VCOS en het RC gehalte verschilde niet tussen de ochtend en avond. Exact dezelfde resultaten werden gevonden in 2020.

## 3.6 Penskaracteristieken

### 3.6.1 Vluchtige vetzuurpatroon en ammoniak in de pens

In totaal zijn van de drie fistelkoeien 90 pensvloeistofmonsters<sup>1</sup> verzameld. De gemiddelde concentraties ammoniak en vluchtige vetzuren en enkele kengetallen berekend uit de vetzuurconcentraties zijn weergegeven in tabel 3.9 (inclusief LSD en p-waarde).

De gemiddelde ammoniakconcentratie was niet significant verschillend tussen de behandelingen ( $p = 0,443$ ) en liet grote variatie zien. De spreiding was het grootst voor de behandeling GK. Een soortgelijk patroon is terug te zien in de variatie van het vluchtige vetzuurpatroon, vooral bij azijnzuur. De afzonderlijke concentraties vluchtige vetzuren en het totaal van de vluchtige vetzuren waren niet significant verschillend. Dat gold ook voor de afzonderlijke verhoudingen van deze vetzuren ten opzichte van het totaal, met uitzondering van een trend voor de concentratie boterzuur ( $p = 0,071$ ).

In tegenstelling tot de resultaten van 2020, was de NGR niet significant verschillend ( $p = 0,256$ ), evenals de verhouding tussen azijnzuur en propionzuur ( $p = 0,163$ ). Absoluut werd echter wel een vergelijkbaar vluchtig vetzuurpatroon waargenomen in 2020 en 2021, met een iets hoger percentage azijnzuur en lager percentage propionzuur en boterzuur voor de behandeling GK ten opzichte van de vers gras behandelingen WEI en ZSV (figuur 3.6). Hoewel grotere verschillen in vluchtig vetzuurpatroon werden verwacht tussen de behandelingen, komt het patroon wel overeen met de gemeten CH<sub>4</sub> emissie (zie de meta-analyse van 2021 in hoofdstuk 3.4).

---

<sup>1</sup> 3 koeien x 3 perioden x 2 dagen x 5 tijdstippen per dag = 90 monsters pensvloeistof.

**Tabel 3.9** Pensfermentatie kenmerken in 2021: concentraties van ammoniak, vluchtige vetzuren en enkele kengetallen berekend uit de vetzuurconcentraties, inclusief de resultaten van de analyse (LSD en p-waarde).

|                                     | GK    | WEI   | ZSV   | LSD   | p-waarde |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|----------|
| <b>Ammoniak:</b>                    |       |       |       |       |          |
| NH <sub>3</sub> -N (mg/l)           | 161,8 | 127,7 | 107,0 | 150,2 | 0,443    |
| NH <sub>3</sub> (mg/l)              | 196,5 | 155,0 | 129,9 | 182,4 | 0,443    |
| Spreiding NH <sub>3</sub> (mg/l)    | 95    | 51    | 32    | 33    | 0,028    |
| <b>Vluchtige vetzuren:</b>          |       |       |       |       |          |
| Azijnzuur (mmol HAC/l)              | 82,6  | 81,7  | 83,3  | 25,8  | 0,964    |
| Propionzuur (mmol Hprop/l)          | 21,8  | 27,4  | 25,3  | 9,9   | 0,251    |
| Boterzuur (mmol HBut/l)             | 14,0  | 16,4  | 17,2  | 7,2   | 0,338    |
| Iso boterzuur (mmol H isoBut/l)     | 1,25  | 1,06  | 1,08  | 0,54  | 0,417    |
| Valeriaanzuur (mmol HVal/l)         | 2,02  | 1,65  | 1,99  | 1,33  | 0,523    |
| Iso valeriaanzuur (mmol H isoVal/l) | 2,22  | 1,69  | 1,79  | 1,17  | 0,320    |
| Capronzuur (mmol HCapr/l)           | 0,56  | 0,41  | 0,50  | 0,30  | 0,282    |
| Iso capronzuur (mmol H isoCapr/l)   | 0,007 | 0,008 | 0,010 | 0,012 | 0,630    |
| Totaal vluchtige vetzuren (mmol/l)  | 124,5 | 130,3 | 131,2 | 41,0  | 0,773    |
| Azijnzuur (%)                       | 66,5  | 62,9  | 63,7  | 4,3   | 0,128    |
| Propionzuur (%)                     | 17,5  | 20,9  | 19,2  | 3,9   | 0,126    |
| Boterzuur (%)                       | 11,2  | 12,5  | 13,1  | 1,6   | 0,071    |
| iso boterzuur (%)                   | 1,00  | 0,82  | 0,84  | 0,55  | 0,432    |
| Valeriaanzuur (%)                   | 1,61  | 1,25  | 1,51  | 1,28  | 0,556    |
| iso valeriaanzuur (%)               | 1,75  | 1,28  | 1,38  | 0,79  | 0,218    |
| Capronzuur (%)                      | 0,46  | 0,32  | 0,38  | 0,31  | 0,336    |
| iso capronzuur (%)                  | 0,005 | 0,007 | 0,008 | 0,013 | 0,747    |
| NGR <sup>1</sup>                    | 4,53  | 3,97  | 4,36  | 1,02  | 0,256    |
| Verhouding HAC/HProp                | 3,80  | 3,05  | 3,39  | 1,01  | 0,163    |

<sup>1</sup> NGR: Non glucogenic/glucogenic ratio: verhouding tussen niet glucogene en glucogene vetzuren



**Figuur 3.6** NGR (A) en de verhouding azijnzuur/propionzuur (B) in 2020 (data afkomstig van Klootwijk et al., 2021) en 2021 in de pensvloeistof van de fistelkoeien, gemiddeld per behandeling (GK in blauw, WEI in groen en ZSV in geel).

### 3.6.2 Zuurgraad (pH) in de pens

De Dascor loggers hebben minimaal vijf dagen gemeten en per koe per etmaal 1440 pH metingen geregistreerd (één meting per minuut). Data van de twee etmalen waarop ook pensvloestofmonsters zijn genomen zijn gebruikt voor analyse. In periode 2 zat de logger van de koe in de behandeling GK echter het eerste dagdeel van het eerste etmaal mogelijk in de netmaag. De pH was hoog en de temperatuur schommelde sterk (waarschijnlijk het gevolg van de opname van drinkwater), beide indicatoren dat de pH logger niet op de juiste locatie in de pens zat. Voor deze meting zijn de meetgegevens van het dagdeel direct na het tweede etmaal gebruikt, zodat er toch betrouwbare data van twee volle etmalen gebruikt kon worden voor analyse. In periode 3 was bij (dezelfde) koe in de behandeling ZSV de pH sensor van de logger kapot halverwege het eerste etmaal en daarvoor zijn de meetgegevens zijn gebruikt van de dag voorafgaand aan het eerste etmaal.

Er zijn geen significante verschillen gevonden tussen de behandelingen voor alle pH kengetallen (tabel 3.10). De gemiddelde pH was in 2021 voor alle behandelingen 6,1. In 2020 was de gemiddelde pH voor alle behandelingen 6,3 (Klootwijk *et al.*, 2021). Het beeld voor de resultaten van de pH in de pens waren vergelijkbaar tussen beide jaren.

**Tabel 3.10** Zuurgraad (pH) in de pens met kengetallen over het verloop van de zuurgraad over de dag (gemiddelde van 2 dagen) per behandeling (GK, WEI en ZSV) in 2021, inclusief de resultaten van de analyse (LSD en p-waarde).

| Behandeling                                   | GK   | WEI  | ZSV  | LSD   | p-waarde |
|---|------|------|------|-------|----------|
| Gemiddelde pH                                 | 6,1  | 6,1  | 6,1  | 0,4   | 0,903    |
| Minimum pH <sup>1</sup>                       | 5,7  | 5,5  | 5,5  | 0,5   | 0,400    |
| Maximum pH <sup>1</sup>                       | 6,6  | 6,8  | 6,6  | 0,5   | 0,403    |
| Standaard deviatie                            | 0,20 | 0,30 | 0,22 | 0,19  | 0,244    |
| pH lager dan 5.6 (min./etmaal)                | 11   | 89   | 43   | 156   | 0,297    |
| pH lager dan 5.8 (min./etmaal)                | 64   | 163  | 122  | 293   | 0,480    |
| pH lager dan 6.0 (min./etmaal)                | 231  | 276  | 257  | 472   | 0,923    |
| pH lager dan 5.6 als opp. ( $\Delta$ pH*min.) | 0,5  | 10,7 | 3,8  | 23,9  | 0,362    |
| pH lager dan 5.8 als opp. ( $\Delta$ pH*min.) | 6,8  | 36,0 | 19,8 | 62,1  | 0,327    |
| pH lager dan 6.0 als opp. ( $\Delta$ pH*min.) | 34,4 | 79,4 | 56,8 | 132,0 | 0,482    |
| <b>Logistische curve</b>                      |      |      |      |       |          |
| Richting (slope)                              | 8,5  | 5,9  | 8,0  | 4,9   | 0,258    |
| Mediaan                                       | 6,11 | 6,07 | 6,12 | 0,46  | 0,887    |

<sup>1</sup> De minimum en maximum pH waarden in de tabel zijn gemiddelden, individuele pH waarden kunnen lager (of hoger) zijn, wat ook tot uitdrukking komt in de kenmerken 'lager dan 5.6 in min.'

## 3.7 Afbraakkaracteristieken van vers gras en graskuil

De afbraakkaracteristieken zullen gebruikt worden in een nadere analyse (niet beschreven in deze rapportage) om de resultaten verkregen met het Tier 3 model dat de fermentatie- en verteringsprocessen modelleert en op basis daarvan CH<sub>4</sub> emissie schat, te valideren. Er is daarom geen statistische analyse uitgevoerd en worden enkel een aantal kengetallen weergegeven (tabel 3.11). Zie bijlage 6 voor de volledige resultaten van de afbraakkenmerken per behandeling per periode. De afbraakkenmerken zijn gerelateerd aan het groeistadium van gras. Voor graskuil heeft ook het inkuilproces en de mate van conservering invloed op de afbraakkenmerken.

Het eiwitgehalte van de monsters varieerde van 177 tot 227 g/kg DS voor graskuil en van 119 tot 253 g/kg DS voor vers gras. Graskuil heeft een hoger aandeel uitwasbare eiwit fractie (W-fractie, 60%) in vergelijking met vers gras (10-18%). De afbraaksnelheid van de afbreekbare fractie (D-fractie) van graskuil is daarentegen lager in vergelijking met vers gras (respectievelijk 19% versus 63-75%). De berekende eiwitbestendigheid (BRE) varieerde van 29 tot 34% voor graskuil en van 37 tot 50% voor de vers gras monsters.

Het NDF gehalte varieerde van 421 tot 521 g/kg DS voor graskuil en van 373 tot 454 g/kg DS voor vers gras. De gemiddelde fractionele afbraaksnelheid van NDF was lager voor graskuil (2,7% per uur) in vergelijking met vers gras (4,3-5,5% per uur). De afbraak van NDF vindt vooral in de pens plaats en nauwelijks in de (dikke) darm.

**Tabel 3.11** Afbraakkenmerken (gemiddeld over alle perioden) van ruw eiwit en NDF van graskuil (bij de behandeling GK) en vers gras monsters (bij de behandelingen WEI, ZSV, KORT en LANG).

| Behandeling   | GK              | WEI              | ZSV              | KORT             | LANG             |
|---|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| <b>Ruwvoersoort</b>   | <i>Graskuil</i> | <i>Vers gras</i> | <i>Vers gras</i> | <i>Vers gras</i> | <i>Vers gras</i> |
| <b>Ruw eiwit (g/kg DS)</b>  | 200             | 177              | 161              | 219              | 151              |
| W-fractie <sup>1</sup> (%)  | 60              | 11               | 18               | 13               | 10               |
| D-fractie <sup>2</sup> (%)  | 19              | 73               | 63               | 75               | 70               |
| U-fractie <sup>3</sup> (%)  | 22              | 16               | 19               | 12               | 20               |
| Fractionele afbraaksnelheid <sup>4</sup> (k <sub>d</sub> , % per uur) | 5,8             | 12,9             | 9,8              | 10,2             | 8,4              |
| BRE <sup>5</sup> (%)  | 31,6            | 39,1             | 42,7             | 39,9             | 49,5             |
| <b>NDF (g/kg DS)</b>  | 459             | 420              | 416              | 402              | 446              |
| W-fractie <sup>1</sup> (%)  | 0               | 0                | 0                | 0                | 0                |
| D-fractie <sup>2</sup> (%)  | 82              | 89               | 89               | 90               | 88               |
| U-fractie <sup>3</sup> (%)  | 18              | 11               | 11               | 10               | 12               |
| Fractionele afbraaksnelheid <sup>4</sup> (k <sub>d</sub> , % per uur) | 2,7             | 4,8              | 4,3              | 5,5              | 4,3              |

<sup>1</sup> W-fractie: uitwasbare fractie

<sup>2</sup> D-fractie: potentieel afbreekbare fractie in de pens

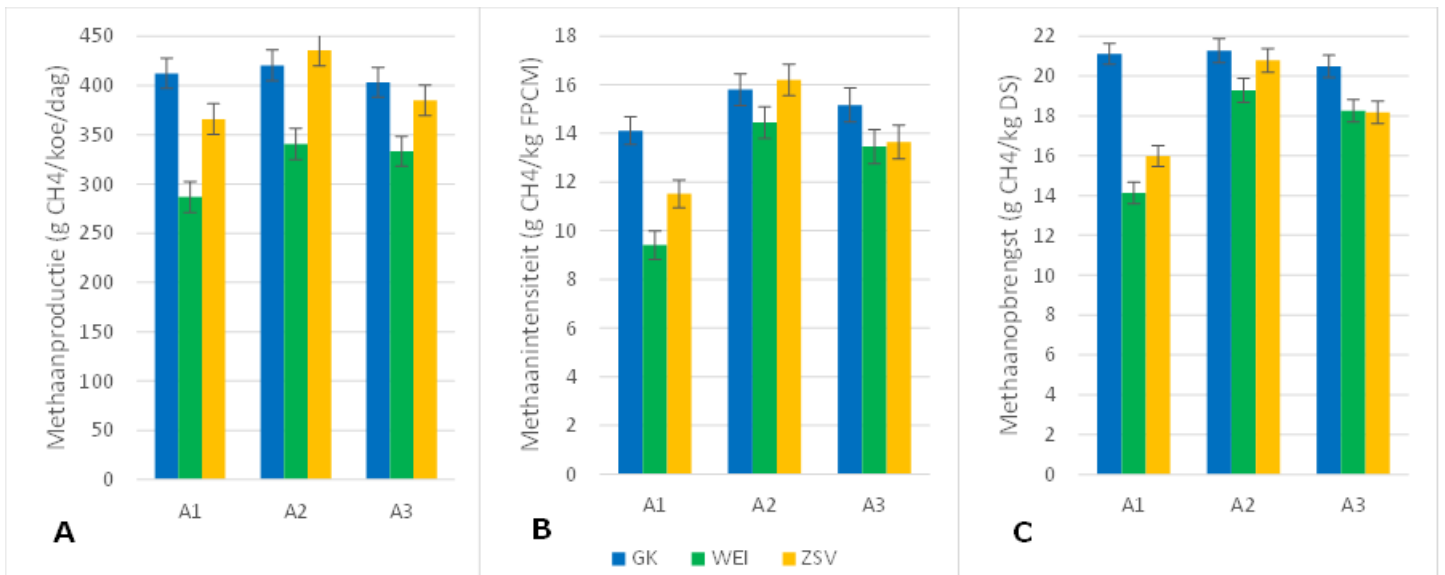
<sup>3</sup> U-fractie: onverteerbare fractie

<sup>4</sup> Snelheid van afbraak van de D-fractie per uur

<sup>5</sup> Berekenende eiwitbestendigheid in %, berekening verschilt tussen graskuil (GK) en vers gras (WEI, ZSV, KORT, LANG): %BRE graskuil = U-fractie + (4.5/(4.5+k<sub>d</sub>) \* D-fractie + 0.05 \* W-fractie, %BRE van vers gras = U-fractie + (4.5/(4.5+k<sub>d</sub>) \* D-fractie

### 3.8 Meta-analyse data 2020 en 2021

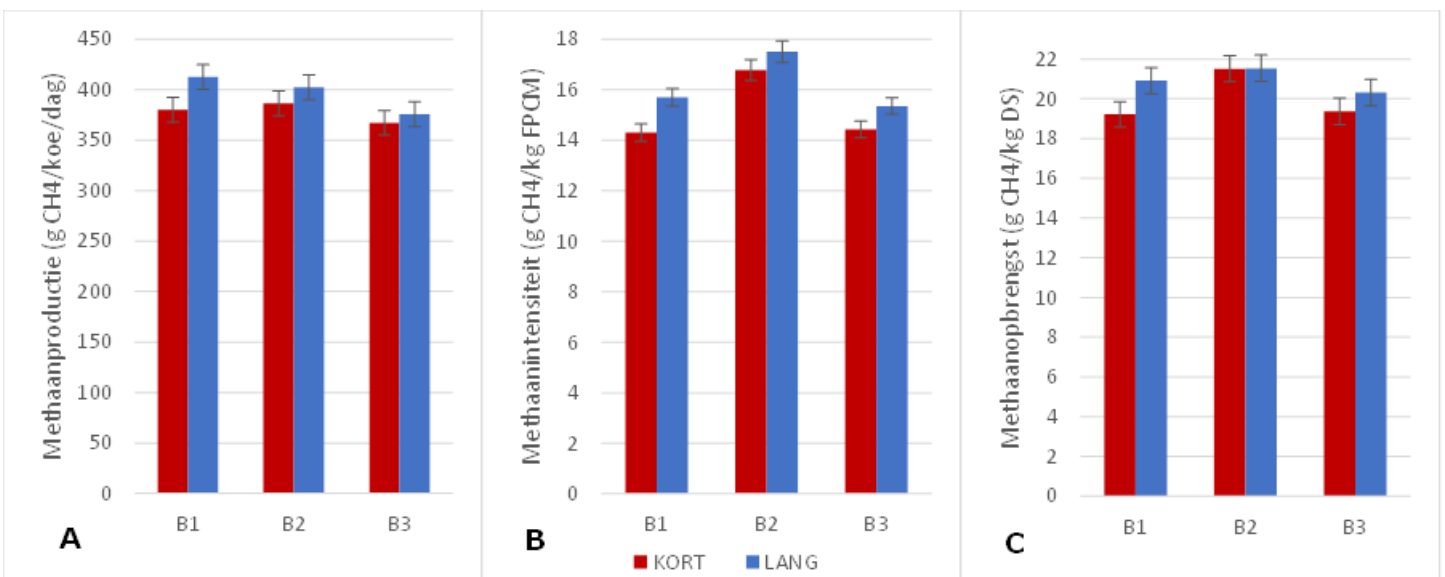
De meta-analyse van proef A met de data van 2020 en 2021 (tabel 3.12) laat een behandelingseffect zien op de CH<sub>4</sub> productie (per koe per dag), intensiteit (per kg FPCM) en opbrengst (per kg DS). De CH<sub>4</sub> emissie is over de jaren en perioden significant het laagst voor de behandeling WEI (met 320 g CH<sub>4</sub>/koe/dag, 12,4 g CH<sub>4</sub>/kg FPCM en 17,2 g CH<sub>4</sub>/kg DS), gevolgd door de behandeling ZSV (met 395 g CH<sub>4</sub>/koe/dag, 13,8 g CH<sub>4</sub>/kg FPCM en 18,3 g CH<sub>4</sub>/kg DS) en het hoogst voor de behandeling GK (met 412 g CH<sub>4</sub>/koe/dag, 15,0 g CH<sub>4</sub>/kg FPCM en 21,0 g CH<sub>4</sub>/kg DS,  $p < 0,001$ ). Er werden geen significante periode- en jaareffecten gevonden in de meta-analyse. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat er slechts van twee jaar data is verzameld (het mogelijke jaareffect is enkel het verschil tussen waarnemingen in 2020 en 2021, en geen jaareffect in het algemeen) en dat de kwaliteit van vers gras en graskuil van meer afhankelijk is dan enkel de perioden die in dit onderzoek zijn gedefinieerd. Daarnaast is er wel een interactie tussen behandeling en periode gevonden ( $p < 0,001$ ), wat aangeeft dat de behandelingseffecten verschillen tussen perioden (figuur 3.7). De behandelingen waar vers gras is gevoerd (WEI en ZSV) zijn veel meer afhankelijk van periode-effecten dan vooraf ingekuilde producten zoals graskuil (behandeling GK). Wanneer de analyse alleen voor de behandelingen WEI en ZSV werd uitgevoerd, was er wel een significant periode-effect zichtbaar voor de CH<sub>4</sub> opbrengst ( $p < 0,001$ ) en een trend voor de CH<sub>4</sub> intensiteit ( $p = 0,080$ , resultaten niet getoond). De CH<sub>4</sub> opbrengst en intensiteit was lager in periode 1 ten opzichte van de andere perioden.



**Figuur 3.7** Gemiddelde CH<sub>4</sub> emissie per behandeling (GK in blauw, WEI in groen en ZSV in geel) per periode (A1, A2 en A3) tijdens proef A op basis van de meta-analyse van de data van 2020 en 2021. De CH<sub>4</sub> emissie is uitgedrukt als CH<sub>4</sub> productie per koe per dag (grafiek A), CH<sub>4</sub> intensiteit per kg FPCM (grafiek B) en CH<sub>4</sub> opbrengst per kg DS opname (grafiek C), inclusief de standaard error (zwarte lijnen).

Ook de meta-analyse van proef B laat een significant behandelingseffect zien op de CH<sub>4</sub> emissie (tabel 3.13). De CH<sub>4</sub> productie, intensiteit en opbrengst is significant het laagst voor de behandeling KORT met 378 g CH<sub>4</sub>/koe/dag, 15,2 g CH<sub>4</sub>/kg FPCM en 20,0 g CH<sub>4</sub>/kg DS versus 397 g CH<sub>4</sub>/koe/dag, 16,2 g CH<sub>4</sub>/kg FPCM en 20,9 g CH<sub>4</sub>/kg DS voor de behandeling LANG ( $p < 0,001$ ; figuur 3.8). In proef B werden geen periode- en jaareffecten gevonden, en ook geen interactie-effect tussen periode en behandeling.

In de analyse van beide proeven is geen random koe-effect meegenomen, deze analyse is wel uitgevoerd, maar de resultaten verschilden nauwelijks, de verschillen waren verwaarloosbaar.



**Figuur 3.8** Gemiddelde CH<sub>4</sub> emissie per behandeling (KORT in rood en LANG in blauw) per periode (B1, B2 en B3) tijdens proef B op basis van de meta-analyse van de data van 2020 en 2021, uitgedrukt als CH<sub>4</sub> productie per koe per dag (grafiek A), CH<sub>4</sub> intensiteit per kg FPCM (grafiek B) en CH<sub>4</sub> opbrengst per kg DS opname (grafiek C), inclusief de standaard error (zwarte lijnen).



**Tabel 3.12** Multiple Experiments REML Analyse van proef A van 2020 en 2021, met in het fixed model behandeling, periode, jaar en de interactie tussen behandeling en periode, en in het random model blok binnen periode binnen jaar en periode binnen jaar. De geschatte behandelingsgemiddelden (GK, WEI en ZSV) per periode (1, 2 en 3) en overall gemiddeld staan weergegeven, inclusief de LSD van de behandeling (gemiddeld) en de p-waarden van de fixed effecten. Significante verschillen tussen behandelingen zijn weergegeven met superscripts (enkel voor gemiddeld behandelingseffect).

| Periode  | 1    |      |      | 2    |      |      | 3    |      |      | Gemiddeld         |                   |                   |      | P-waarden |        |       |       |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------------------|-------------------|-------------------|------|-----------|--------|-------|-------|
|  | GK   | WEI  | ZSV  | GK   | WEI  | ZSV  | GK   | WEI  | ZSV  | GK                | WEI               | ZSV               | LSD  | Per*Beh   | Beh.   | Per.  | Jaar  |
| CH <sub>4</sub> productie (g CH <sub>4</sub> /koe/dag)   | 412  | 287  | 366  | 420  | 341  | 436  | 403  | 333  | 385  | 412 <sup>a</sup>  | 320 <sup>c</sup>  | 395 <sup>b</sup>  | 13,7 | <0,001    | <0,001 | 0,408 | 0,832 |
| CH <sub>4</sub> intensiteit (g CH <sub>4</sub> /kg FPCM) | 14,1 | 9,4  | 11,5 | 15,8 | 14,5 | 16,2 | 15,2 | 13,5 | 13,7 | 15,0 <sup>a</sup> | 12,4 <sup>c</sup> | 13,8 <sup>b</sup> | 0,63 | <0,001    | <0,001 | 0,085 | 0,916 |
| CH <sub>4</sub> opbrengst (g CH <sub>4</sub> /kg DS)     | 21,1 | 14,1 | 16,0 | 21,3 | 19,3 | 20,8 | 20,5 | 18,3 | 18,2 | 21,0 <sup>a</sup> | 17,2 <sup>c</sup> | 18,3 <sup>b</sup> | 0,68 | <0,001    | <0,001 | 0,077 | 0,688 |

**Tabel 3.13** Multiple Experiments REML Analyse van proef B van 2020 en 2021, met in het fixed model behandeling, periode, jaar en de interactie tussen behandeling en periode, en in het random model blok binnen periode binnen jaar en periode binnen jaar. De geschatte behandelingsgemiddelden (KORT en LANG) per periode (1, 2 en 3) en overall gemiddeld staan weergegeven, inclusief de LSD van de behandeling (gemiddeld) en de p-waarden van de fixed effecten. Significante verschillen tussen behandelingen zijn weergegeven met superscripts (enkel voor gemiddeld behandelingseffect).

| Periode  | 1    |      | 2    |      | 3    |      | Gemiddeld         |                   |      | P-waarden |        |       |       |
|--|------|------|------|------|------|------|-------------------|-------------------|------|-----------|--------|-------|-------|
|  | KORT | LANG | KORT | LANG | KORT | LANG | KORT              | LANG              | LSD  | Per*Beh   | Beh.   | Per.  | Jaar  |
| CH <sub>4</sub> productie (g CH <sub>4</sub> /koe/dag)   | 380  | 413  | 387  | 403  | 367  | 376  | 378 <sup>b</sup>  | 397 <sup>a</sup>  | 10,8 | 0,186     | <0,001 | 0,410 | 0,410 |
| CH <sub>4</sub> intensiteit (g CH <sub>4</sub> /kg FPCM) | 14,3 | 15,7 | 16,8 | 17,5 | 14,4 | 15,4 | 15,2 <sup>b</sup> | 16,2 <sup>a</sup> | 0,49 | 0,531     | <0,001 | 0,074 | 0,074 |
| CH <sub>4</sub> opbrengst (g CH <sub>4</sub> /kg DS)     | 19,2 | 20,9 | 21,5 | 21,5 | 19,4 | 20,3 | 20,0 <sup>b</sup> | 20,9 <sup>a</sup> | 0,53 | 0,044     | 0,001  | 0,319 | 0,319 |

---

## 4 Discussie

In dit tweejarige beweidingsonderzoek is het beweidingsseizoen beide jaren opgedeeld in drie perioden: grofweg periode 1 in april en mei, periode 2 in juni en juli en periode 3 in augustus en september. Bij de interpretatie van de resultaten in relatie tot voorjaar, zomer en najaar moet rekening gehouden worden dat deze perioden niet per definitie representatief zijn voor een "voorjaar", "zomer" en "najaar". In de discussie worden deze termen gebruikt met de disclaimer dat seizoen niet noodzakelijkerwijs de aanleiding is van de gevonden resultaten.

In 2020 was de CH<sub>4</sub> emissie (zowel de productie per koe per dag, de intensiteit per kg meetmelk als de opbrengst per kg droge stof (DS)) in alle perioden significant het laagst bij volledige weidegang en het hoogst op volledig graskuil (Klootwijk *et al.*, 2021). Zomervalvoeding zat er tussenin, maar was niet altijd significant verschillend (in de zomer niet verschillend van graskuil, in het najaar niet verschillend van weidegang). De verschillen waren in het voorjaar het grootst en in het najaar het kleinst. In 2021 werden in het voorjaar vergelijkbare resultaten gevonden, waarbij de CH<sub>4</sub> productie, intensiteit en opbrengst significant het laagst waren bij volledige weidegang en het hoogst bij graskuil (zomerstalvoeding er tussenin). In de zomer en het najaar werden geen significante verschillen gevonden. Ondanks dat er gestuurd werd op gelijke krachtvoeropname van maximaal 5,5 kg per koe per dag, waren er verschillen in krachtvoeropname tussen de behandelingen (en binnen een behandeling), doordat de maximale gift niet altijd opgehaald werd uit de GreenFeed. Omdat de verschillen in CH<sub>4</sub> emissie ook te zien waren tussen de behandelingen waar de krachtvoeropname nagenoeg gelijk was, is ervan uitgegaan dat het verschil in krachtvoeropname geen groot effect heeft gehad op de CH<sub>4</sub> emissie. Bij de vergelijking tussen weidegang, zomerstalvoeding en graskuil moet worden gerealiseerd dat de graskuil waarmee het verse gras vergeleken is, wel afkomstig was van hetzelfde proefbedrijf, maar werd geoogst op een ander moment en op andere percelen. De kwaliteit van de verschillende graskuilen die zijn gevoerd in 2021 kunnen verschillen in CH<sub>4</sub> emissie tussen perioden voor graskuil verklaren, bijvoorbeeld de hogere CH<sub>4</sub> productie in het najaar.

Desondanks liet de meta-analyse van 2020 en 2021 zien dat ongeacht jaar of periode, zowel de CH<sub>4</sub> productie, CH<sub>4</sub> intensiteit als de CH<sub>4</sub> opbrengst significant het laagst waren tijdens volledige weidegang, gevolgd door zomerstalvoeding en het hoogst waren op een volledig graskuilrantsoen. De CH<sub>4</sub> opbrengst tijdens volledige weidegang was 17,2 g CH<sub>4</sub>/kg DS, op zomerstalvoeding 18,3 g CH<sub>4</sub>/kg DS en op graskuil 21,0 g CH<sub>4</sub>/kg DS. Deze resultaten zijn in lijn met eerder onderzoek van Cameron *et al.* (2018), waarin een vergelijking is gemaakt tussen stalvoeding van geconserveerd ruwvoer (maiskuil en graskuil), beperkte zomerstalvoeding (vers gras op stal) en beperkte weidegang. Zij vonden de laagste CH<sub>4</sub> emissie per koe per dag en per kg melk bij weidegang met hoogproductieve Holstein Friesians in West-Schotland. Ook heeft beweidingsonderzoek in Duitsland, waarbij enterisch CH<sub>4</sub> is gemeten met de SF<sub>6</sub> methode bij Jerseys, vergelijkbaar lage emissies gemeten in het voorjaar (14,3 g CH<sub>4</sub>/kg DS; Loza *et al.*, 2021).

Er werden geen periode- en jaareffecten gevonden in de meta-analyse over de behandelingen heen, enkel een trend voor een lagere CH<sub>4</sub> opbrengst in het voorjaar en een hogere CH<sub>4</sub> opbrengst in de zomer. Vers gras (al dan niet op stal) liet wel een periode-effect zien met een opvallend lagere CH<sub>4</sub> emissie in het voorjaar. In deze periode was het suikergehalte van weidegras en het verse gras op stal gemiddeld respectievelijk 163 en 172 g/kg DS, tegenover 136 en 135 g/kg DS in periode 2 en 110 en 95 g/kg DS in periode 3. De verteringscoëfficiënt van de organische stof van vers gras was circa 86% in periode 1 en nam af over de perioden tot circa 81% in periode 3. Het NDF en ruwe celstof gehalte was tevens numeriek lager dan in de andere perioden. Het effect van deze voederwaarden op de CH<sub>4</sub> opbrengst was laag (er was sprake van een grote spreiding), maar significant. Voor deze vergelijking is de CH<sub>4</sub> opbrengst op groepsniveau per dag gebruikt. Het zou kunnen dat de relatie tussen voederwaardekwaliteit en CH<sub>4</sub> productie in de pens een bepaalde vertraging heeft en daardoor lastig te relateren is aan elkaar. We hebben vooralsnog onvoldoende inzicht in deze relatie om hier rekening mee te kunnen houden in de analyse. Daarnaast is de variatie in CH<sub>4</sub> opbrengst als groepsgemiddelde per dag hoger en daardoor mogelijk minder bruikbaar dan de emissie op dierniveau per periode. Ten slotte werden lagere NDF gehalten gevonden in de vers gras monsters van de nylonzakjes incubatie dan tijdens de rest van de proef.

---

Aanvullend onderzoek moet uitwijzen of voorbehandeling van de monsters hierin een rol heeft gespeeld en welke gehalten bruikbaar zijn voor de relatie met CH<sub>4</sub>. Desalniettemin zijn er verschillen gevonden in CH<sub>4</sub> emissie tussen behandelingen en perioden evenals verschillen in vers graskwaliteit die mogelijk verbanden hebben met elkaar. Door bij het beweidingsmanagement rekening te houden met deze verschillen in graskwaliteit zou gericht kunnen worden gestuurd op de reductie van zowel CH<sub>4</sub> als NH<sub>3</sub> emissie.

In 2020 werd vooral in het voorjaar en de zomer een effect van groeistadium van vers gras op de CH<sub>4</sub> opbrengst gevonden, waarbij kort gras (met een korte groeiduur) een lagere emissie had dan lang gras. Hoewel in 2021 de absolute getallen een vergelijkbaar patroon lieten zien, waren de verschillen in geen enkele periode significant. Hansen *et al.* (2022) heeft in Denemarken een vergelijkbaar onderzoek uitgevoerd waarbij de CH<sub>4</sub> emissie van koeien op een rantsoen van vers gras geoogst in een kort (21 dagen) en lang (35 dagen) groeistadium is gemeten in respiratiecellen. Zij vonden ook geen significante verschillen, maar de CH<sub>4</sub> opbrengst was wel 8% hoger bij een langer groeistadium (22,6 g CH<sub>4</sub>/kg DS) ten opzichte van een kort groeistadium (20,9 g CH<sub>4</sub>/kg DS). De meta-analyse van 2020 en 2021 toonde echter wel een significant lagere CH<sub>4</sub> productie, intensiteit en opbrengst voor kort gras voor inscharen (circa 8 cm) ten opzichte van lang gras voor inscharen (circa 15 cm). De CH<sub>4</sub> opbrengst bij beperkte weidegang op kort gras was 20,0 g CH<sub>4</sub>/kg DS en bij beperkte weidegang op lang gras was dit 20,9 g CH<sub>4</sub>/kg DS. Een effect van periode en jaar werd niet gevonden.

Dat er geen jaareffecten werden gevonden in de huidige meta-analyse betekent niet dat er geen jaareffecten zijn. De meta-analyse bevatte data van slechts twee jaar. Hoewel de jaren 2020 en 2021 behoorlijk verschilden in bijvoorbeeld neerslag en temperatuur, waren er ook overeenkomsten tussen de jaren. Beide jaren hadden bijvoorbeeld een zonnige maand april en erg warme (maar natte) maand juni. Daarnaast is in 2020 berekend om te waarborgen dat er voldoende gras stond voor het onderzoek en dat de contrasten van gras met verschillende groeistadia voldoende aanwezig waren. Hierdoor worden jaareffecten als gevolg van weersverschillen minder groot. Een andere oorzaak kan zijn dat de variatie binnen een jaar zodanig groot is dat het aantonen van een jaareffect lastig is.

Fotosynthese gedurende de dag zorgt voor opslag van suikers in het gras, waardoor er een hoger suikergehalte in de avond werd gevonden dan in de ochtend. Het eiwitgehalte was juist in de avond het laagst, vermoedelijk (naast een verdunningseffect door het hogere suikergehalte) omdat de koeien vooral het bovenste deel van de grasstengel opvreten en dat zijn de meest eiwitrijke delen. In lijn met 2020 werden deze verschillen in de kwaliteit van het verse weidegras tussen de ochtend en avond ook duidelijk gevonden in de analyses. Deze resultaten komen tevens overeen met eerder onderzoek op voormalig proefboerderij De Ossekampen (Wageningen, Nederland), waarin het effect van tijdstip van inscharen op vers grasopname, graasgedrag en vers graskwaliteit werd onderzocht (Abrahamse *et al.*, 2009).

Om de gevonden verschillen in CH<sub>4</sub> productie te kunnen verklaren, werden aanvullende pensgegevens verzameld in de vergelijking tussen graskuil, volledige weidegang en zomerstalvoeding. Er werden beide jaren geen verschillen gevonden in de pH in de pens tussen de behandelingen. In tegenstelling tot 2020, werden in 2021 geen significante verschillen gevonden tussen behandelingen in de verhouding niet-glucogene en glucogene vetzuren in de pens, evenals de verhouding tussen azijnzuur en propionzuur. Wel werd er een vergelijkbare numerieke verschuiving in vluchtig vetzuurpatroon waargenomen in beide jaren, met een iets lager percentage azijnzuur en hoger percentage propionzuur en boterzuur op de vers gras rantsoenen ten opzichte van het graskuilrantsoen. Deze waargenomen verschuiving in het patroon van vetzuurverhoudingen is te relateren aan de gemeten CH<sub>4</sub> emissie. Voor de productie van CH<sub>4</sub> wordt waterstof (H<sub>2</sub>) gebruikt. Bij de productie van azijnzuur en boterzuur wordt H<sub>2</sub> gevormd en bij de productie van propionzuur en valerianzuur wordt H<sub>2</sub> weggevangen. Hoe meer propionzuur en hoe minder azijnzuur er geproduceerd wordt in de pens, hoe minder H<sub>2</sub> beschikbaar voor de vorming van CH<sub>4</sub>. Op vers gras was het aandeel propionzuur het hoogst en azijnzuur het laagst (niet significant), wat in lijn is met de algemene waarneming dat dit gepaard gaat met een lagere CH<sub>4</sub> emissie.

---

Ook in 2021 is er een vergelijking gemaakt tussen de gemeten CH<sub>4</sub> opbrengst en de huidige modelmatige berekeningen. De berekende EF van de rantsoenen in deze proef waren volgens de rekenregels van de KringloopWijzer (Van Dijk *et al.*, 2020; Šebek *et al.*, 2016) voor volledige weidegang tussen de 19,4 en 19,8 g CH<sub>4</sub>/kg DS, voor zomerstalvoeding tussen de 22,1 en 22,4 g CH<sub>4</sub>/kg DS en voor graskuil tussen de 19,4 en 20,8 g CH<sub>4</sub>/kg DS. Gemiddeld waren de modelberekeningen van 2020 en 2021 gelijk. Volgens de modelberekening zou voor de vers gras de laagste emissie in periode 1 zijn, voor graskuil in periode 2. Dit patroon werd ook terug gemeten (in 2020 niet voor graskuil, de laagste emissie werd toen gemeten in periode 3), maar de afwijking tussen de modelberekening en de werkelijk gemeten emissie was groter voor de behandelingen met vers gras, vooral in het voorjaar. De modelberekeningen voor vers gras waren gemiddeld 14% hoger dan gemeten, in periode 1 zelfs 26%. Voor graskuil was de afwijking minder dan 2,5%. Deze verschillen tonen de relevantie om verder te onderzoeken binnen dit onderzoek hoe de vaste emissiefactoren die gebruikt worden voor weidegras en zomerstalvoeding specifiek geschat kunnen worden afhankelijk van vers graskwaliteit.

De analyses met het Tier 3 model laten zien dat gemiddeld over behandelingen heen de gemeten CH<sub>4</sub> emissies goed sporen met de modelvoorspellingen. Er wordt echter minder CH<sub>4</sub> emissie gemeten voor vers gras dan voorspeld, zowel in 2020 als 2021, vooral in het voorjaar. Het model kan de CH<sub>4</sub> emissie met name voor het weidegras niet goed reproduceren op basis van voeropname en rantsoensamenstelling, ook niet indien rekening wordt gehouden met de waargenomen in situ afbraakarakteristieken, de waargenomen zuurgraad in de pens, en zelfs niet na correctie van de waargenomen vluchtige vetzuurprofielen in de pens. In eerder onderzoek (Warner *et al.* 2015; Bannink *et al.*, 2016) werd een vergelijkbare uitkomst gevonden met een overschatting van de CH<sub>4</sub> productie bij zomerstalvoeding. Wat de precieze oorzaak is van de verschillen in gemeten en berekende enterische CH<sub>4</sub> emissie op basis van vers gras, vooral in het voorjaar, is onbekend. Een mogelijke verklaring zou het effect van suiker kunnen zijn, dat in 2020 en 2021 beduidend hoger was in het voorjaar dan de overige perioden (voor weidegras gemiddeld 163 g/kg DS in periode 1 versus 110 g/kg DS in periode 3). De afbraak van suikers is niet onderzocht, omdat in het algemeen wordt aangenomen dat de suikers zodanig snel worden afgebroken in de pens, dat het daarom niet zinvol is om de afbraakarakteristieken vast te stellen. Een hypothese zou kunnen zijn dat de waslaag bij vers gras zorgt voor meer bestendigheid, waardoor een deel van de suikers in de darm pas vrijkomen. Een andere hypothese is dat hogere bemestingshoeveelheden in het voorjaar, en daarmee een hoger nitraatgehalte in het gras, een rol kan spelen bij de CH<sub>4</sub> reductie (Warner *et al.*, 2015). Meer fundamenteel onderzoek is noodzakelijk om de mechanismes van de fermentatie van vers (voorjaars)gras te doorgronden.

De vers grasopname in de weide is bepaald op basis van VEM dekking. In 2020 was de vers grasopname tevens bepaald op basis van sensoren in combinatie met koegegevens. De vers grasopname tijdens beweiding blijft altijd een benadering en kan niet direct gemeten worden. De CH<sub>4</sub> opbrengst (per kg DS) van 2020 is opnieuw geanalyseerd waarbij de vers grasopname is bepaald op basis van het gemiddelde van VEM dekking en sensoren en enkel op basis van VEM dekking (resultaten niet weergegeven). Hoewel de absolute waarden iets verschillen afhankelijk van de gekozen methodiek, was er geen effect van de keuze van methodiek op de significantie (en dus de resultaten en conclusies). Daarnaast laten de CH<sub>4</sub> intensiteit (per kg meetmelk) en de CH<sub>4</sub> productie (per koe per dag) dezelfde resultaten zien als de CH<sub>4</sub> opbrengst, met de laagste emissie tijdens volledige beweiding, vooral in het voorjaar. Dit bevestigt de betrouwbaarheid van de gekozen meetmethodiek voor vers grasopname in de weide. Ten slotte is bij zomerstalvoeding de vers gras opname wel direct gemeten en ook op dat rantsoen zijn lagere CH<sub>4</sub> opbrengsten gemeten ten opzichte van het voeren van graskuil, met name in het voorjaar. Dat de CH<sub>4</sub> opbrengst bij zomerstalvoeding hoger was dan tijdens weiden kan worden verklaard door het verschil in snedezwaarte (er werd gestreefd naar een gewasopbrengst van 1700 kg DS/ha voor weidegang versus 2000 tot 2500 kg DS/ha voor zomerstalvoeding).

Dit tweejarige onderzoek heeft aangetoond dat de CH<sub>4</sub> emissie van vers gras kan verschillen afhankelijk van de kwaliteit van het verse gras en dat de EF van vers gras momenteel mogelijk te hoog ingeschat wordt op basis van bestaande kennis. Om daadwerkelijk uitspraken te kunnen doen over het effect van de bevindingen voor de reductie van CH<sub>4</sub> en NH<sub>3</sub> emissies in de praktijk is het noodzakelijk om ook deze resultaten eerst goed door te rekenen in bedrijfsverband. Daarbij is de afstemming met andere voercomponenten dan gras in het rantsoen ook van belang, bijvoorbeeld de samenstelling van het krachtvoer in het voorjaar en het effect van graslandmanagement op de kwaliteit van de graskuil.

---

Aangezien beperkt weidegang met bijvoeding de meest voorkomende beweidingsstrategie is in Nederland, zal het vervolg van dit onderzoek zich richten op het effect van beperkt weiden met bijvoeding op enterische CH<sub>4</sub> emissie. Daarnaast komt er steeds meer aandacht in de melkveesector voor de inmenging van kruiden en klavers in de grasmat ten behoeve van de biodiversiteit en het verbeteren van de waterkwaliteit. In het vervolgonderzoek zal er daarom ook aandacht zijn voor het effect van kruiden en klavers in vers gras op de enterische CH<sub>4</sub> emissie.

---

## 5 Conclusies en aanbevelingen

De resultaten van het tweejarige beweidingsonderzoek hebben laten zien dat de enterische methaan ( $\text{CH}_4$ ) productie (per koe per dag),  $\text{CH}_4$  intensiteit (per kg meetmelk) en de  $\text{CH}_4$  opbrengst (per kg droge stof opname) het laagst is bij volledige weidegang, daarna bij volledige zomerstalvoeding en het hoogst op volledig graskuil. De gemiddelde  $\text{CH}_4$  opbrengst (ongeacht seizoen of jaar) bij volledige weidegang was 17,2 g  $\text{CH}_4/\text{kg DS}$ , bij zomerstalvoeding 18,3 g  $\text{CH}_4/\text{kg DS}$  en bij graskuil 21,0 g  $\text{CH}_4/\text{kg DS}$ . Bij vers gras (weidegang en zomerstalvoeding) lijkt de variërende graskwaliteit gedurende het seizoen een rol te spelen. Ook groeistadium van vers gras heeft een effect op de  $\text{CH}_4$  productie, intensiteit en opbrengst. Bij beperkt weiden (met daarnaast graskuil op stal) was de  $\text{CH}_4$  opbrengst op gras met een korte groeiduur (maximaal 8 cm) 20,0 g  $\text{CH}_4/\text{kg DS}$  en op gras met een lange groeiduur (circa 15 cm) 20,9 g  $\text{CH}_4/\text{kg DS}$ . Dit tweejarige onderzoek heeft aangetoond dat de  $\text{CH}_4$  emissie van vers gras kan verschillen afhankelijk van de kwaliteit van het verse gras en dat de emissiefactor (EF) van vers gras momenteel mogelijk te hoog ingeschat wordt.

De gemeten spreiding in  $\text{CH}_4$  emissie afhankelijk van seizoen (periode), oogstmethode en groeistadium biedt perspectief voor het verminderen van enterische  $\text{CH}_4$  emissie op basis van graslandmanagement. Daarnaast laat de spreiding het belang zien van het aanpassen van de standaard EF van vers gras afhankelijk van graskwaliteit. De resultaten van dit onderzoek zijn essentieel om bestaande modellen te valideren, zodat het effect van vers gras op enterische  $\text{CH}_4$  emissie beter doorgerekend kan worden. Hoe vers graskwaliteit zich echter relateert aan  $\text{CH}_4$  productie is lastig te kwantificeren. De eerste resultaten lieten zien dat een hoger NDF of ruwe celstof gehalte, een lager suikergehalte of een lagere verteringscoëfficiënt van organische stof resulteerde in een hogere  $\text{CH}_4$  opbrengst (per kg DS). Dit stemt overeen met inzichten uit eerder onderzoek. Een multidimensionale analyse die het effect van meerdere voederwaardecomponenten tegelijk onderzoekt (en niet enkel lineaire verbanden) wordt daarom aanbevolen in een vervolgtraject. Ook moeten andere effecten nader onderzocht worden, zoals bijvoorbeeld het effect van voeropnamepatroon en graasgedrag.

Huidige modellen (Tier 3, KringloopWijzer) kunnen de  $\text{CH}_4$  emissie voor vers gras niet goed reproduceren op basis van voeropname en rantsoensamenstelling, ook niet indien rekening wordt gehouden met de waargenomen afbraakcharacteristieken en penscharacteristieken. Vooral het voorjaarsgras was in dit onderzoek opvallend. Tweemaal op rij werd bij weidegang in het voorjaar een  $\text{CH}_4$  opbrengst gemeten van minder dan 14,8 g  $\text{CH}_4/\text{kg DS}$ . Nader onderzoek moet uitwijzen wat de onderliggende oorzaak is van de bijzonder laag gemeten  $\text{CH}_4$  emissie in het voorjaar tijdens weidegang. Hiervoor is meer fundamenteel onderzoek nodig om de mechanismes van de fermentatie van vers gras beter te begrijpen. Tevens wordt aanbevolen om meer data rondom het schatten van vers grasopname uit de weide te verzamelen, bijvoorbeeld door het gebruik van sensoren en de n-alkanen methode, zodat de  $\text{CH}_4$  opbrengst met nog meer betrouwbaarheid kan worden bepaald tijdens beweiding.

Wanneer duidelijk is welk mechanisme de lage  $\text{CH}_4$  emissie op voorjaarsgras veroorzaakt, kan er gekeken worden naar hoe daarop gestuurd kan worden, zodat vers gras op een juiste manier ingezet kan worden als maatregel om  $\text{CH}_4$  en  $\text{NH}_3$  te reduceren. Om te duiden hoe de  $\text{CH}_4$  en  $\text{NH}_3$  emissie in de praktijk tegelijkertijd gereduceerd kan worden, is het noodzakelijk om de resultaten door te rekenen op (jaarrond) bedrijfsniveau. Dit gebeurt onder meer in het project Netwerk Praktijkbedrijven<sup>2</sup>. Daarbij is onder andere de vraag of de gemeten reductiepotentie bij onbeperkt weiden (naar gelang de vers grasopname) evenredig aanwezig is bij beperkt weiden met bijvoeding, wat in de praktijk de meest voorkomende beweidingstrategie is. Het vervolg van dit onderzoek zal zich daarom in 2022 richten op het effect van vers gras wanneer dit als beperkt weidegang ingezet wordt. Ten slotte wordt aanbevolen om de reductiepotentie van vers gras in combinatie met andere maatschappelijke doelen van de melkveehouderij, zoals kruidenrijk grasland of blijvend grasland, te onderzoeken.

---

<sup>2</sup> <https://www.netwerkpraktijkbedrijven.nl/>

---

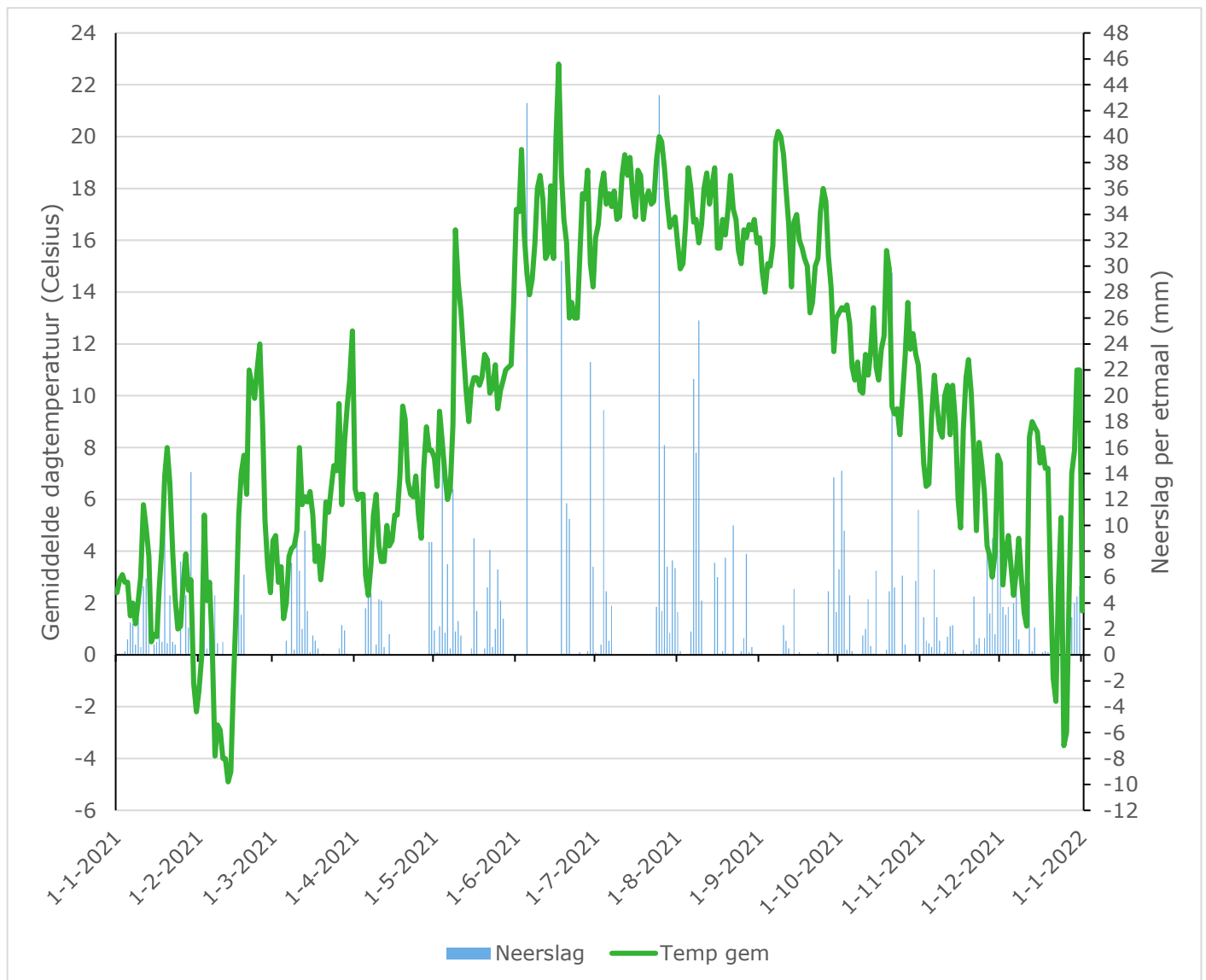
# Literatuur

- Abrahamse, P.A., Tamminga, S., & Dijkstra, J. (2009). Effect of daily movement of dairy cattle to fresh grass in morning or afternoon on intake, grazing behaviour, rumen fermentation and milk production. *The Journal of Agricultural Science*, 147(6), 721-730.
- Bannink, A., Van Schijndel, M.W., & Dijkstra, J. (2011). A model of enteric fermentation in dairy cows to estimate methane emission for the Dutch National Inventory Report using the IPCC Tier 3 approach. *Animal Feed Science and Technology*, 166, 603-618.
- Bannink, A., Warner, D., Hatew, B., Ellis, J.L., & Dijkstra, J. (2016). Quantifying effects of grassland management on enteric methane emission. *Animal Production Science*, 56(3), 409-416.
- Bannink, A., Zom, R.L.G., Groenestein, K.C., Dijkstra, J., & Sebek, L.B.J. (2020). Applying a mechanistic fermentation and digestion model for dairy cows with emission and nutrient cycling inventory and accounting methodology. *Animal*, 14(2), s406-s416.
- Bruggen, C. van, Bannink, A., Groenestein, C.M., Huijsmans, J.F.M., Lagerwerf, L.A., Luesink, H.H., Velthof, G.L., & Vonk, J. (2020). *Emissies naar lucht uit de landbouw, 1990-2018. Berekeningen met het model NEMA*. Wageningen, WOT Natuur & Milieu, WOT-technical report 178.
- 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 and Forage Science*, 73(3), 789-797.
- C-lock Inc. (2017). A System to Measure Ruminant Gas Emissions. *Manuscript*. Rapid City, SD.
- CVB. 2016. *Tabellenboek Veevoeding 2016; voedernormen Rundvee, Schapen, Geiten en voederwaarden voedermiddelen voor Herkauwers*. FDN, Wageningen
- Dijkstra, J., Van Gastelen, S., Dieho, K., Nichols, K., & Bannink, A. (2020). Review: Rumen sensors: data and interpretation for key rumen metabolic processes. *Animal*, 14(1), 176-186.
- Emissieregistratie. (2020). *Nationale Broeikasgasemissies volgens IPCC; Definitieve cijfers 1990-2019 en voorlopig 2020*. RIVM, Bilthoven; PBL, Den Haag; CBS, Den Haag; Deltares, Delft/Utrecht; Wageningen Economic Research, Wageningen; RWS-Leefomgeving, Utrecht, RVO, Utrecht, en TNO Bouw en Ondergrond, Utrecht.
- Hansen, N.P., Kristensen, T., Johansen, M., Wiking, L., Poulsen, N.A., Hellwing, A.L.F., Foldager, L., Jensen, S.K., Larsen, L.B., & Weisbjerg, M.R. (2022). Effects on feed intake, milk production, and methane emission in dairy cows fed silage or fresh grass with concentrate or fresh grass harvested at early or late maturity stage without concentrate. *Journal of Dairy Science*, 105(10), 8036-8053.
- Klimaatakkoord. (2019). *Klimaatakkoord*. Den Haag <https://www.klimaatakkoord.nl/documenten/publicaties/2019/06/28/klimaatakkoord>
- Klootwijk, C.W., Holshof, G., De Boer, I.J., Van den Pol-Van Dasselaar, A., Engel, B., & Van Middelaar, C.E. (2019). Correcting fresh grass allowance for rejected patches due to excreta in intensive grazing systems for dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 102(11), 10451-10459.
- Klootwijk, C.W., Koning, L., Holshof, G., Klop, A., & Zom, R.L.G. (2021). *Enterische methaanemissie van melkvee in relatie tot (vers) graskwaliteit, Jaarrapport 1: 2020*. Wageningen Livestock Research, Wageningen, Openbaar Rapport 1342.
- Loza, C., Reinsch, T., Loges, R., Taube, F., Gere, J.I., Kluß, C., Hasler, M., & Malisch, C.S. (2021). Methane emission and milk production from jersey cows grazing perennial ryegrass-white clover and multispecies forage mixtures. *Agriculture*, 11(2), 175.
- Ruysenaars, P.G., Coenen, P.W.H.G., Rienstra, J.D., Zijlema, P.J., Arets, E.J.M.M., Baas, K., Dröge, R., Geilenkirchen, G., 't Hoen, M., Honig, E., Van Huet, B., Van Huis, E.P., Koch, W.W.R., Lagerwerf, L.A., Te Molder, R.M., Montfoort, J.A., Vonk, J., & Van Zanten, M.C. (2020). *Greenhouse gas emissions in the Netherlands 1990-2018, National Inventory Report 2020*. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven, RIVM report 2020-0031.
- Šebek, L.B., Mosquera, J., & Bannink, A. (2016). *Rekenregels voor de enterische methaanemissie op het melkveebedrijf en reductie van de methaanemissie via mest-handling; het handelingsperspectief van het voerspoor inzichtelijk maken met de Kringloopwijzer*. Wageningen UR (University & Research centre) Livestock Research, Lelystad, Livestock Research Rapport 976.

- 
- Van Dijk, W., De Boer, J.A., De Haan, M.H.A., Mostert, P., Oenema, J., & Verloop, J. (2020). *Rekenregels van de KringloopWijzer 2020; Achtergronden van BEX, BEA, BEN, BEP en BEC: actualisatie van de 2019-versie*. Wageningen Research, Wageningen, Rapport WPR-1023.
- Warner, D., Podesta, S.C., Hatew, B., Klop, G., Van Laar, H., Bannink, A., & Dijkstra, J. (2015). Effect of nitrogen fertilization rate and regrowth interval of grass herbage on methane emission of zero-grazing lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 98(5), 3383-3393.
- Warner, D., Bannink, A., Hatew, B., Van Laar, H., & Dijkstra, J. (2017). Effects of grass silage quality and level of feed intake on enteric methane production in lactating dairy cows. *Journal of Animal Science*, 95(8), 3687-3699.



# Bijlage 1 Temperatuur en neerslag in 2021



**Bijlage 1.1** Neerslag (in mm, blauwe staafdiagram behorend bij rechter Y-as) en gemiddelde dagtemperatuur (in graden Celsius, groene lijn behorend bij linker Y-as) in Leeuwarden geregistreerd door het KNMI van 1 januari 2021 tot 1 januari 2022.

## Bijlage 2 Overzicht voederwaarde proef A

| Voersoort                               | Graskuil |      |      |      | Weidegras |      |      |      | Vers gras op stal |      |      |      | Krachtvoer melkstal |     |     | Greenfeed lokbrok |
|---|----------|------|------|------|-----------|------|------|------|-------------------|------|------|------|---------------------|-----|-----|-------------------|
|   | 1        | 2    | 3    | Gem. | 1         | 2    | 3    | Gem. | 1                 | 2    | 3    | Gem. | 1                   | 2   | 3   | 1, 2, 3           |
| Droge stof gehalte (g/kg)               | 314      | 401  | 440  | 385  | 961       | 947  | 930  | 946  | 956               | 943  | 934  | 945  | 877                 | 872 | 873 | 873               |
| Ruw eiwit (RE) (g/kg DS)                | 156      | 198  | 178  | 177  | 187       | 181  | 194  | 187  | 178               | 177  | 197  | 184  | 126                 | 126 | 130 | 136               |
| Ruw vet (g/kg DS)                       | 46       | 45   | 43   | 45   | 37        | 33   | 35   | 35   | 35                | 32   | 33   | 33   | 46                  | 48  | 47  | 31                |
| Ruwe celstof (RC) (g/kg DS)             | 286      | 247  | 241  | 258  | 201       | 224  | 219  | 215  | 201               | 227  | 232  | 220  | 81                  | 76  | 77  | 162               |
| Ruw anorganisch stof (RAS) (g/kg DS)    | 112      | 140  | 131  | 127  | 95        | 97   | 115  | 102  | 95                | 94   | 104  | 98   | 81                  | 83  | 82  | 68                |
| Suiker (g/kg ds)                        | 17       | 21   | 53   | 30   | 163       | 136  | 110  | 136  | 172               | 135  | 95   | 134  | 30                  | 26  | 28  | 128               |
| VCOS (%)                                | 73.8     | 75.7 | 79.1 | 76   | 86.4      | 83.0 | 82.2 | 84   | 85.6              | 81.1 | 80.4 | 82   |                     |     |     |                   |
| Neutral detergent fibre (NDF) (g/kg DS) | 525      | 449  | 446  | 473  | 507       | 550  | 550  | 536  | 487               | 544  | 556  | 529  | 272                 | 268 | 271 | 327               |
| ADF (g/kg ds)                           | 309      | 273  | 264  | 282  | 209       | 240  | 239  | 229  | 217               | 248  | 261  | 242  | 151                 | 149 | 149 | 189               |
| ADL (g/kg ds)                           | 27       | 24   | 19   | 23   | 10        | 13   | 15   | 12   | 12                | 15   | 17   | 15   | 38                  | 37  | 38  |                   |
| VEM                                     | 865      | 865  | 918  | 882  | 1046      | 987  | 961  | 998  | 1033              | 960  | 940  | 977  | 979                 | 984 | 983 | 967               |
| DVE                                     | 59       | 70   | 77   | 69   | 105       | 98   | 97   | 100  | 103               | 95   | 97   | 98   | 97                  | 97  | 97  | 85                |
| OEB                                     | 43       | 76   | 41   | 53   | 15        | 9    | 20   | 15   | 15                | 9    | 22   | 15   | -18                 | -17 | -14 | -4                |
| FOS                                     | 509      | 506  | 555  | 523  | 681       | 650  | 619  | 650  | 678               | 637  | 612  | 642  | 472                 | 469 | 470 | 544               |

## Bijlage 3 Overzicht voederwaarde proef B

| Voersoort                               | Graskuil |      |      |      | Weidegras KORT |      |      |      | Weidegras LANG |      |      |      | Krachtvoer melkstal |     |     | Greenfeed |
|---|----------|------|------|------|----------------|------|------|------|----------------|------|------|------|---------------------|-----|-----|-----------|
|   | 1        | 2    | 3    | Gem. | 1              | 2    | 3    | Gem. | 1              | 2    | 3    | Gem. | 1                   | 2   | 3   | 1, 2, 3   |
| Droge stof gehalte (g/kg)               | 329      | 386  | 458  | 391  | 940            | 936  | 948  | 941  | 948            | 935  | 951  | 945  | 874                 | 873 | 883 | 873       |
| Ruw eiwit (RE) (g/kg DS)                | 164      | 194  | 181  | 180  | 168            | 192  | 250  | 203  | 133            | 132  | 209  | 158  | 122                 | 130 | 126 | 136       |
| Ruw vet (g/kg DS)                       | 45       | 47   | 45   | 46   | 29             | 32   | 42   | 34   | 28             | 29   | 41   | 33   | 44                  | 47  | 45  | 31        |
| Ruwe celstof (RC) (g/kg DS)             | 278      | 248  | 238  | 255  | 203            | 213  | 209  | 208  | 212            | 252  | 217  | 227  | 88                  | 76  | 78  | 162       |
| Ruw anorganisch stof (RAS) (g/kg DS)    | 110      | 140  | 131  | 127  | 101            | 109  | 127  | 112  | 88             | 101  | 123  | 104  | 81                  | 84  | 83  | 68        |
| Suiker (g/kg ds)                        | 23       | 22   | 61   | 35   | 184            | 130  | 61   | 125  | 210            | 139  | 82   | 143  | 49                  | 28  | 27  | 128       |
| VCOS (%)                                | 74.5     | 74.7 | 79.6 | 76   | 84.1           | 81.3 | 82.7 | 83   | 83.7           | 75.3 | 81.5 | 80   |                     |     |     |           |
| Neutral detergent fibre (NDF) (g/kg DS) | 514      | 451  | 435  | 466  | 499            | 536  | 579  | 538  | 494            | 555  | 565  | 538  | 260                 | 271 | 274 | 327       |
| ADF (g/kg ds)                           | 303      | 276  | 261  | 280  | 214            | 233  | 245  | 231  | 226            | 276  | 250  | 251  | 152                 | 149 | 149 | 189       |
| ADL (g/kg ds)                           | 24       | 24   | 18   | 22   | 14             | 17   | 17   | 16   | 13             | 23   | 17   | 18   | 35                  | 39  | 39  |           |
| VEM                                     | 874      | 855  | 925  | 885  | 991            | 948  | 969  | 969  | 996            | 864  | 955  | 938  | 973                 | 982 | 986 | 967       |
| DVE                                     | 62       | 67   | 79   | 69   | 98             | 97   | 106  | 100  | 90             | 74   | 99   | 87   | 97                  | 96  | 97  | 85        |
| OEB                                     | 48       | 79   | 42   | 56   | -1             | 29   | 69   | 32   | -28            | -19  | 34   | -4   | -22                 | -13 | -19 | -4        |
| FOS                                     | 519      | 492  | 558  | 523  | 665            | 631  | 597  | 631  | 682            | 593  | 597  | 624  | 472                 | 472 | 484 | 544       |

---

## Bijlage 4    Vers grasopname vergelijking methodieken 2021

**Bijlage 4.1** Gemiddelde vers grasopname (in kg DS/koe/dag) tijdens beweiding voor de behandelingen WEI (proef A), KORT en LANG (proef B) op basis van VEM dekking en stroken uitmaaien in 2021. De resultaten van de ANOVA analyse (LSD en p-waarde) voor de vergelijking tussen de twee methodieken staan ook weergegeven.

|                  | VEM dekking | Stroken uitmaaien |
|------------------|-------------|-------------------|
| <b>Periode 1</b> |             |                   |
| WEI              | 16,03       | 23,46             |
| KORT             | 9,29        | 7,27              |
| LANG             | 9,11        | 10,30             |
| <b>Periode 2</b> |             |                   |
| WEI              | 14,56       | 17,16             |
| KORT             | 8,00        | 8,63              |
| LANG             | 7,96        | 13,77             |
| <b>Periode 3</b> |             |                   |
| WEI              | 14,29       | 18,87             |
| KORT             | 6,97        | 8,77              |
| LANG             | 6,94        | 10,38             |

## Bijlage 5 Vers gras kwaliteit

**Bijlage 5.1** Verloop in vers graskwaliteit over de dag (tussen verschillende vulmomenten) voor de behandeling ZSV voor VEM, NDF, RC, RE, suiker en VCOS. Vulmoment 2 t/m 5 zijn ongeveer synoniem voor het gras gemaaid in de ochtend en vulmoment 6, 7, 8 en 1 voor het gras gemaaid in de middag.

| Vulmoment   | VEM         | NDF (g/kg DS) | RC (g/kg DS) | RE (g/kg DS) | Suiker (g/kg DS) | VCOS (%)    |
|-------------|-------------|---------------|--------------|--------------|------------------|-------------|
| Periode 1   |             |               |              |              |                  |             |
| 1           | 1035        | 494           | 204          | 186          | 162              | 85,6        |
| 2           | 1034        | 500           | 204          | 188          | 160              | 85,7        |
| 3           | 1031        | 496           | 203          | 184          | 163              | 85,6        |
| 4           | 1027        | 484           | 200          | 175          | 174              | 85,6        |
| 5           | 1033        | 482           | 200          | 174          | 177              | 85,7        |
| 6           | 1039        | 478           | 197          | 171          | 185              | 85,9        |
| 7           | 1033        | 480           | 198          | 172          | 182              | 85,6        |
| 8           | 1028        | 482           | 199          | 173          | 176              | 85,3        |
| <b>Gem.</b> | <b>1033</b> | <b>487</b>    | <b>201</b>   | <b>178</b>   | <b>172</b>       | <b>85,6</b> |
| Periode 2   |             |               |              |              |                  |             |
| 1           | 946         | 549           | 234          | 178          | 134              | 80,6        |
| 2           | 964         | 549           | 226          | 181          | 129              | 81,4        |
| 3           | 960         | 548           | 229          | 176          | 128              | 81,1        |
| 4           | 961         | 543           | 226          | 175          | 137              | 81,2        |
| 5           | 961         | 540           | 227          | 172          | 141              | 81,1        |
| 6           | 968         | 539           | 223          | 179          | 138              | 81,6        |
| 7           | 965         | 543           | 225          | 182          | 136              | 81,3        |
| 8           | 952         | 541           | 228          | 174          | 136              | 80,4        |
| <b>Gem.</b> | <b>960</b>  | <b>544</b>    | <b>227</b>   | <b>177</b>   | <b>135</b>       | <b>81,1</b> |
| Periode 3   |             |               |              |              |                  |             |
| 1           | 935         | 564           | 235          | 199          | 97               | 80,5        |
| 2           | 943         | 564           | 231          | 203          | 90               | 80,4        |
| 3           | 939         | 561           | 233          | 200          | 91               | 80,2        |
| 4           | 946         | 553           | 233          | 192          | 102              | 80,7        |
| 5           | 939         | 551           | 231          | 194          | 100              | 80,2        |
| 6           | 939         | 551           | 232          | 195          | 96               | 80,3        |
| 8           | 946         | 551           | 230          | 197          | 98               | 80,7        |
| 7           | 933         | 554           | 234          | 199          | 88               | 80,0        |
| <b>Gem.</b> | <b>940</b>  | <b>556</b>    | <b>232</b>   | <b>197</b>   | <b>95</b>        | <b>80,4</b> |

**Bijlage 5.2** *Vers graskwaliteit in de ochtend en in de avond voor de behandeling WEI (gemiddelden van veertien monsters).*

| Moment            | VEM         | RE (g/kg DS) | VCOS (%)    | NDF (g/kg DS) | RC (g/kg DS) | Suiker (g/kg DS) |
|-------------------|-------------|--------------|-------------|---------------|--------------|------------------|
| Periode 1         |             |              |             |               |              |                  |
| Ochtend           | 1050        | 212          | 86,3        | 531           | 202          | 129              |
| Avond             | 1043        | 163          | 86,4        | 484           | 200          | 197              |
| <b>Gem.</b>       | <b>1046</b> | <b>187</b>   | <b>86,4</b> | <b>507</b>    | <b>201</b>   | <b>163</b>       |
| Periode 2         |             |              |             |               |              |                  |
| Ochtend           | 994         | 193          | 83,4        | 569           | 225          | 115              |
| Avond             | 980         | 169          | 82,7        | 530           | 223          | 156              |
| <b>Gem.</b>       | <b>987</b>  | <b>181</b>   | <b>83,0</b> | <b>550</b>    | <b>224</b>   | <b>136</b>       |
| Periode 3         |             |              |             |               |              |                  |
| Ochtend           | 960         | 220          | 82,0        | 574           | 218          | 75               |
| Avond             | 961         | 168          | 82,3        | 526           | 219          | 144              |
| <b>Gem.</b>       | <b>961</b>  | <b>194</b>   | <b>82,2</b> | <b>550</b>    | <b>219</b>   | <b>110</b>       |
| Gem. ochtend      | <b>1002</b> | <b>208</b>   | <b>83,9</b> | <b>557</b>    | <b>215</b>   | <b>107</b>       |
| Gem. avond        | <b>996</b>  | <b>166</b>   | <b>83,9</b> | <b>513</b>    | <b>214</b>   | <b>167</b>       |
| Totaal gemiddelde | <b>999</b>  | <b>187</b>   | <b>83,9</b> | <b>535</b>    | <b>214</b>   | <b>137</b>       |

## Bijlage 6 Resultaten nylon zakjes incubatie

**Bijlage 6.1** Afbraakkenmerken per behandeling per periode (1, 2, 3 en gemiddeld) van ruw eiwit en NDF van graskuil (bij de behandeling GK) en vers gras (bij de behandelingen WEI, ZSV, KORT en LANG).

| Behandeling   | GK       |      |      |      | WEI       |      |      |      | ZSV       |      |      |      | KORT      |      |      |      | LANG      |      |      |      |
|---|----------|------|------|------|-----------|------|------|------|-----------|------|------|------|-----------|------|------|------|-----------|------|------|------|
| Ruwvoersoort  | Graskuil |      |      |      | Vers gras |      |      |      | Vers gras |      |      |      | Vers gras |      |      |      | Vers gras |      |      |      |
| Periode   | 1        | 2    | 3    | Gem. | 1         | 2    | 3    | Gem. | 1         | 2    | 3    | Gem. | 1         | 2    | 3    | Gem. | 1         | 2    | 3    | Gem. |
| <b>Ruw eiwit (g/kg DS)</b>                                | 177      | 227  | 197  | 200  | 167       | 165  | 200  | 177  | 146       | 150  | 186  | 161  | 176       | 228  | 253  | 219  | 119       | 133  | 200  | 151  |
| W-fractie <sup>1</sup> (%)                                | 62       | 61   | 56   | 60   | 13        | 13   | 9    | 11   | 20        | 17   | 19   | 18   | 11        | 10   | 18   | 13   | 9         | 10   | 12   | 10   |
| D-fractie <sup>2</sup> (%)                                | 15       | 14   | 27   | 19   | 73        | 69   | 76   | 73   | 63        | 64   | 61   | 63   | 76        | 79   | 69   | 75   | 67        | 70   | 72   | 70   |
| U-fractie <sup>3</sup> (%)                                | 23       | 25   | 17   | 22   | 15        | 18   | 16   | 16   | 17        | 20   | 20   | 19   | 13        | 11   | 13   | 12   | 24        | 21   | 16   | 20   |
| Afbraaksnelheid <sup>4</sup> (k <sub>d</sub> , % per uur) | 9,6      | 3,2  | 4,8  | 5,8  | 13,5      | 11,9 | 13,1 | 12,9 | 11,3      | 8,8  | 9,3  | 9,8  | 11,0      | 11,2 | 8,4  | 10,2 | 10,5      | 8,1  | 6,7  | 8,4  |
| BRE <sup>5</sup> (%)                                      | 29,0     | 34,1 | 31,8 | 31,6 | 36,9      | 41,0 | 39,3 | 39,1 | 38,7      | 45,4 | 44,1 | 42,7 | 39,6      | 38,7 | 41,4 | 39,9 | 48,2      | 50,4 | 50,0 | 49,5 |
| <b>NDF (g/kg DS)</b>                                      | 521      | 436  | 421  | 459  | 411       | 433  | 415  | 420  | 401       | 411  | 436  | 416  | 373       | 407  | 427  | 402  | 454       | 441  | 442  | 446  |
| W-fractie <sup>1</sup> (%)                                | 0        | 0    | 0    | 0    | 0         | 0    | 0    | 0    | 0         | 0    | 0    | 0    | 0         | 0    | 0    | 0    | 0         | 0    | 0    | 0    |
| D-fractie <sup>2</sup> (%)                                | 80       | 81   | 86   | 82   | 90        | 87   | 90   | 89   | 91        | 87   | 88   | 89   | 90        | 90   | 91   | 90   | 88        | 87   | 89   | 88   |
| U-fractie <sup>3</sup> (%)                                | 20       | 19   | 14   | 18   | 10        | 13   | 10   | 11   | 9         | 13   | 12   | 11   | 10        | 10   | 9    | 10   | 12        | 13   | 11   | 12   |
| Afbraaksnelheid <sup>4</sup> (k <sub>d</sub> , % per uur) | 2,4      | 2,6  | 2,9  | 2,7  | 4,6       | 4,2  | 5,6  | 4,8  | 4,4       | 4,0  | 4,4  | 4,3  | 5,1       | 5,4  | 5,9  | 5,5  | 4,0       | 3,9  | 4,9  | 4,3  |

<sup>1</sup> W-fractie: uitwasbare fractie

<sup>2</sup> D-fractie: potentieel afbreekbare fractie in de pens

<sup>3</sup> U-fractie: onverteerbare fractie

<sup>4</sup> Snelheid van afbraak van de D-fractie per uur

<sup>5</sup> Berekende eiwitbestendigheid in %, berekening verschilt tussen graskuil (GK) en vers gras (WEI, ZSV, KORT, LANG): %BRE graskuil = U-fractie + (4.5/(4.5+k<sub>d</sub>) \* D-fractie + 0.05 \* W-fractie, %BRE van vers gras = U-fractie + (4.5/(4.5+k<sub>d</sub>) \* D-fractie

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](mailto: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.

