





Stalemissie van ammoniak, methaan, lachgas, geur en PM10

Resultaten van praktijkmetingen in stallen voor jongvee, blankvleeskalveren, rosévleeskalveren, geiten, biggen, vleesvarkens en dragende zeugen

J. Mosquera, Y. Goselink, P.H.R. van Valkengoed, J.M.G. Hol

Rapport 1512

WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Stalemissie van ammoniak, methaan, lachgas, geur en PM10.

Resultaten van praktijkmetingen in stallen voor jongvee, blankvleeskalveren, rosévleeskalveren, geiten, biggen, vleesvarkens en dragende zeugen.

J. Mosquera, Y. Goselink, P.H.R. van Valkengoed, J.M.G. Hol

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Livestock Research en gesubsidieerd door het Ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur (voorheen Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit), in het kader van het Beleidsondersteunend onderzoek thema 'Klimaat' (BO-43.10-002-022 en BO-43.10-002-017).

Wageningen Livestock Research
Wageningen, februari 2025

Rapport 1512

WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Mosquera, J., Y. Goselink, P.H.R. van Valkengoed, J.M.G. Hol, 2025. *Stalemissie van ammoniak, methaan, lachgas, geur en PM10. Resultaten van praktijkmetingen in stallen voor jongvee, blankvleeskalveren, rosévleeskalveren, geiten, biggen, vleesvarkens en dragende zeugen.* Wageningen Livestock Research, Rapport 1512

Samenvatting

Tussen oktober 2018 en september 2023 is een meetcampagne uitgevoerd om voor een aantal (referentie)stalsystemen de emissies van ammoniak (NH_3), methaan (CH_4) en lachgas (N_2O) volgens erkende (protocollaire) metingen te bepalen. Voor geiten en vleeskalveren zijn aanvullend de emissies van geur en fijnstof bepaald. Voor biggen zijn er ook twee emissiearme systemen doorgemeten. De kleinste variatie in emissie (binnen- en tussenbedrijven) was bij NH_3 te vinden, de grootste variatie bij N_2O. Over diercategorieën heen zijn de variatiecoëfficiënten bij de geiten en rosévleeskalveren (opfokfase) het kleinst, en voor de biggen het hoogst. De **NH_3-emissie** was bij jongvee en geiten significant hoger ($P<0,05$) dan de huidige emissiefactoren (www.infomil.nl). Er was sprake van een significante verschil ($0,05 < P < 0,10$) bij blankvleeskalveren (hogere emissies) en biggen (lagere emissies). De verschillen tussen de gemeten waarden en de huidige emissiefactoren bij rosévleeskalveren, vleesvarkens en dragende zeugen waren niet significant ($P>0,10$). Voor de **CH_4-emissie** waren de emissies significant lager voor jongvee, en significant hoger voor geiten en vleesvarkens dan de huidige emissiefactoren (Van Bruggen e.a., 2021). Er was sprake van een significante verschil voor biggen en dragende zeugen (hogere emissies). Voor blank- en rosévleeskalveren waren de verschillen tussen de gemeten emissies en de huidige emissiefactoren niet-significant. De **N_2O-emissie** die gemeten is bij de geiten was significant lager en bij de dragende zeugen significant hoger dan de huidige emissiefactoren dan de huidige emissiefactoren (Van Bruggen e.a., 2021). Voor jongvee, vleeskalveren, biggen en vleesvarkens, waren de verschillen niet significant. De **PM10-emissie** voor vleeskalveren was significant lager dan de huidige emissiefactoren. Voor geiten, vleesvarkens en dragende zeugen waren de verschillen niet significant. Om ervaring met bedrijfsmonitoring met sensoren op te doen zijn binnen dit project voor NH_3 en CH_4 continue concentratiemetingen met sensoren uitgevoerd. Bedrijfsmonitoring met sensoren (continue metingen) voldeed over het algemeen aan de criteria voor de hypothese dat continue en protocollaire metingen niet significant verschillend zijn. Het verschil tussen de protocollaire metingen en de continue metingen was <10% (met uitzondering van de NH_3-emissie bij blankvleeskalveren), en in de meeste gevallen <5%. Van de onderzochte parameters had het ventilatiedebiet het meest significante correlatie met de emissies. De buitentemperatuur (NH_3 en PM10), en voor dieren met een groeitraject de dag in de productieronde (NH_3, CH_4, PM10), hadden ook een significante correlatie met de emissies. De resultaten uit dit onderzoek laten zien dat het over het algemeen aan de criteria voor gelijkwaardigheid van directe (meetwaaiers) en indirecte (P_{CO2}) bepalingen van het ventilatiedebiet wordt voldaan voor de diercategorieën varkens (biggen, vleesvarkens, dragende zeugen) en geiten. Bij deze diercategorieën is het procentueel verschil tussen beide methoden <10%. Voor vleeskalveren (zowel blank als rosé) wordt aan de meeste criteria niet voldaan, en is het procentueel verschil tussen beide methoden >10%.

Summary

Between October 2018 and September 2023 measurements were performed using recognized protocols to determine the emissions of ammonia (NH_3), methane (CH_4) and nitrous oxide (N_2O) from a number of (reference) housing systems. For goats and calves, additional emission measurements for odor and particulate matter were performed. For piglets, two low-emission systems were also measured. The smallest variation in emissions (within and between farms) was found for NH_3, the largest variation for N_2O. Across animal categories, the variation was the smallest for goats and rose veal calves (rearing phase), and the highest for piglets. The **NH_3 emission** from calves and goats was significantly ($P<0.05$) higher than the current emission factors (www.infomil.nl). There was an indication of significance ($0.05 < P < 0.10$) for white veal calves (higher emissions) and piglets (lower emissions). The differences between the measured values and the current emission factors were not significant ($P>0,10$) for rose veal calves, fattening pigs and pregnant sows. The **CH_4 emissions** were significant lower for calves, and significant higher for goats and fattening pigs than the current emission factors (Van Bruggen e.a., 2021). There was an indication of significance for piglets and pregnant sows (higher emissions). The differences were not-significant for the emissions of white and rose veal calves compared to the current emission factors. The **N_2O emissions** from goats were significantly lower and from pregnant sows significantly higher than the current emission factors (Van Bruggen e.a., 2021). The differences were not significant for calves, veal calves, piglets and fattening

pigs. The **PM10 emissions** for veal calves were significantly lower than the current emission factors. The differences were not significant for goats, fattening pigs and pregnant sows. To improve the knowledge of using sensor systems to measure farm emissions, continuous concentration measurements with sensors were performed for NH_3 and CH_4. The difference between the protocol measurements and the continuous sensor measurements was <10% (with the exception of NH_3 emissions from white veal calves), and in most cases <5%. The ventilation rate had the most significant correlation with the emissions. Outside temperature (for NH_3 and PM10), and for animals with a growth pattern the day in the production cycle (for NH_3, CH_4, PM10), had also a significant correlation with the emissions. The results from this study show that for pigs (piglets, fattening pigs, pregnant sows) and goats, the criteria for equivalence of direct (fan-wheel anemometers) and indirect (PCO2) determinations of the ventilation rate are generally met. For these animal categories, the difference (%) between the two methods is <10%. For veal calves (both white and rosé), most criteria are not met, and the difference (%) between the two methods is >10%.

Dit rapport is gratis te downloaden op https://doi.org/10.18174/674362 of op 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, 2025
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.

Wageningen Livestock Research Rapport 1512

Inhoud

Samenvatting **7**

1 Inleiding **9**

2 Achtergrond **11**

2.1 Kenmerken en ontwikkeling veehouderijsectoren 11
2.1.1 Jongvee 11
2.1.2 Vleeskalveren 12
2.1.3 Geiten 13
2.1.4 Varkens 13
2.2 Bijdrage van de landbouwsector aan de emissies van ammoniak, geur, fijnstof en broeikasgassen 15
2.2.1 Broeikasgassen 15
2.2.2 Ammoniak 17
2.2.3 Fijnstof (PM10) 17
2.2.4 Geur 18
2.3 Onderbouwing huidige emissiefactoren 19
2.3.1 Ammoniak 19
2.3.2 Methaan 20
2.3.3 Lachgas 21
2.3.4 Fijnstof 21
2.3.5 Geur 22

3 Materiaal en methoden **23**

3.1 Stal en bedrijfskenmerken 23
3.1.1 Jongvee 23
3.1.2 Blankvleeskalveren 23
3.1.3 Rosévleeskalveren 24
3.1.4 Geiten 24
3.1.5 Biggen 25
3.1.6 Vleesvarkens 25
3.1.7 Dragende zeugen 26
3.2 Metingen 39
3.2.1 Meetstrategie 39
3.2.2 Meetapparatuur 40
3.2.3 Management en diergegevens 42
3.3 Verwerking gegevens 42
3.3.1 Emissieberekening (natuurlijk geventileerde stallen) 42
3.3.2 Emissieberekening (mechanisch geventileerde stallen) 43
3.3.3 Statistische analyse 44

4 Resultaten en discussie: jongvee **47**

4.1 Meetomstandigheden 47
4.2 Continue versus protocollaire metingen 48
4.3 Emissieniveaus op basis van protocollaire metingen 51
4.4 Patronen en effecten van management- en omgevingsparameters 53

5 Resultaten en discussie: vleeskalveren **57**

5.1 Blankvleeskalveren 57
5.1.1 Meetomstandigheden 57
5.1.2 Continue versus protocollaire metingen 61

5.1.3 Emissieniveaus op basis van protocollaire metingen 63
5.1.4 Patronen en effecten van management- en omgevingsparameters 67
5.1.5 Toepasbaarheid CO_2-productiemodel voor het bepalen van het ventilatiedebiet 69
5.2 Rosévleeskalveren 74
5.2.1 Meetomstandigheden 74
5.2.2 Continue versus protocollaire metingen 78
5.2.3 Emissieniveaus op basis van protocollaire metingen 82
5.2.4 Patronen en effecten van management- en omgevingsparameters 85
5.2.5 Toepasbaarheid CO_2-productiemodel voor het bepalen van het ventilatiedebiet 89

6 Resultaten en discussie: geiten 93

6.1 Meetomstandigheden 93
6.2 Continue versus protocollaire metingen 94
6.3 Emissieniveaus op basis van protocollaire metingen 97
6.4 Patronen en effecten van management- en omgevingsparameters 100
6.5 Boxmetingen 103
6.6 Toepasbaarheid CO_2-productiemodel voor het bepalen van het ventilatiedebiet 105

7 Resultaten en discussie: varkens 109

7.1 Biggen 109
7.1.1 Meetomstandigheden 109
7.1.2 Continue versus protocollaire metingen 112
7.1.3 Emissieniveaus op basis van protocollaire metingen 114
7.1.4 Patronen en effecten van management- en omgevingsparameters 118
7.1.5 Toepasbaarheid CO_2-productiemodel voor het bepalen van het ventilatiedebiet 122
7.2 Vleesvarkens 125
7.2.1 Meetomstandigheden 125
7.2.2 Continue versus protocollaire metingen 127
7.2.3 Emissieniveaus op basis van protocollaire metingen 130
7.2.4 Patronen en effecten van management- en omgevingsparameters 133
7.2.5 Toepasbaarheid CO_2-productiemodel voor het bepalen van het ventilatiedebiet 136
7.3 Dragende zeugen 139
7.3.1 Meetomstandigheden 139
7.3.2 Continue versus protocollaire metingen 141
7.3.3 Emissieniveaus op basis van protocollaire metingen 143
7.3.4 Patronen en effecten van management- en omgevingsparameters 146
7.3.5 Toepasbaarheid CO_2-productiemodel voor het bepalen van het ventilatiedebiet 149

8 Overall analyse 152

Literatuur 161

Bijlage A Meetapparatuur 164

Bijlage B CO_2-productie uit stallen 170

Bijlage C Resultaten per bedrijf: Jongvee 172

Bijlage D Resultaten per bedrijf: Blankvleeskalveren 193

Bijlage E Resultaten per bedrijf: Rosévleeskalveren 221

Bijlage F Resultaten per bedrijf: Geiten 257

Bijlage G Resultaten per bedrijf: Biggen 289

Bijlage H **Resultaten per bedrijf: Vleesvarkens** **313**

Bijlage I **Resultaten per bedrijf: Dragende zeugen** **337**

Bijlage J **Groenestein en Aarnink (2008): Notitie over leegstand ten behoeve van het berekenen van een emissiefactor van een stal** **361**

Samenvatting

Het Ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur (LVVN; voorheen LNV) heeft op 25 mei 2020 nieuwe stalinnovatie-regelingen uitgebracht voor de rundveehouderij (melkvee en vleeskalveren), varkenshouderij en melkgeitenhouderij. De regelingen zijn gericht op het stimuleren van de ontwikkeling van nieuwe duurzame huisvestingsystemen. Het gaat hierbij om reductie van de uitstoot van methaan, ammoniak, geur en fijnstof, met aandacht voor dierenwelzijn en luchtkwaliteit in de stal door zoveel mogelijk met reducerende bronmaatregelen te werken. Belangrijk uitgangspunt in de regeling is het emissie-referentieniveau voor de te reduceren emissiecomponenten. Deze zijn niet voor alle diercategorieën beschikbaar. Daarnaast is er behoefte aan het direct kunnen monitoren van de emissies uit stallen.

In 2021 is in opdracht van LVVN, als aanvulling op metingen die in de periode 2018-2020 in het kader van het Onderzoek Veehouderij & Klimaat zijn uitgevoerd, een onderzoek opgestart met als belangrijkste doelen:

Doel 1. Het uitvoeren van een meetcampagne voor geprioriteerde stalsystemen om ontbrekende referentie-emissiefactoren voor de stalinnovatieregeling te kunnen vaststellen.
Doel 2. De variatie in emissie binnen- en tussenbedrijven vast te stellen.
Doel 3. De mate van samenhang tussen gemeten emissies en aanwezige bedrijfsfactoren vast te stellen.
Doel 4. Ervaring opdoen met directe bedrijfsmonitoring met sensoren.
Doel 5. Toepasbaarheid van de CO_2-tracergas ratiomethode.

Hieronder worden deze doelen weergegeven, en op basis van de verkregen resultaten de belangrijkste conclusies van dit onderzoek gepresenteerd.

Doel 1. Het uitvoeren van een meetcampagne voor geprioriteerde stalsystemen om ontbrekende emissiefactoren voor de stalinnovatieregeling te kunnen vaststellen.

Deze meetcampagne had betrekking tot de diercategorieën jongvee, vleeskalveren (rosé- en blankvlees), geiten en varkens (biggen, vleesvarkens, dragende zeugen). Voor alle diercategorieën zijn de emissies van NH_3, CH_4 en N_2O volgens erkende (protocollaire) methoden gemeten. Voor geiten en vleeskalveren zijn aanvullend de emissies van geur en fijnstof bepaald.

De in dit onderzoek gerapporteerde **NH_3-emissie** was bij jongvee en geiten significant ($P<0,05$) hoger dan de huidige emissiefactoren. Bij blankvleeskalveren waren de emissies hoger, en bij biggen lager dan de huidige emissiefactoren. Voor deze twee categorieën was sprake van een zwak significant verschil ($0,05 < P < 0,10$). De verschillen tussen de gemeten waarden en de huidige emissiefactoren bij rosévleeskalveren, vleesvarkens en dragende zeugen waren niet significant ($P>0,10$).

Voor de **CH_4-emissie** waren de verschillen significant ($P<0,05$) voor jongvee, geiten en vleesvarkens (bij jongvee lagere emissies en bij geiten en vleesvarkens hogere emissies dan de huidige emissiefactoren). Er was sprake van een zwak significant verschil ($0,05 < P < 0,10$) voor biggen en dragende zeugen (hogere emissies dan de huidige emissiefactoren). De emissies bij blank- en rosévleeskalveren waren hoger dan de huidige emissiefactoren, maar de verschillen waren niet significant ($P>0,10$).

De **N_2O-emissie** die gemeten is bij de geiten was significant ($P<0,05$) lager en bij de dragende zeugen significant hoger dan de huidige emissiefactoren. Voor jongvee, blank- en rosévleeskalveren, biggen en vleesvarkens, was geen significant verschil gevonden ($P>0,10$) tussen de gemeten waarden en de huidige emissiefactoren.

De **PM10-emissie** voor blank- en rosévleeskalveren was significant ($P<0,05$) lager dan de huidige emissiefactoren. De verschillen tussen de gemeten waarden en de huidige emissiefactoren voor geiten, vleesvarkens en dragende zeugen waren niet significant ($P>0,10$). Voor jongvee en biggen waren geen emissiewaarden beschikbaar.

Voor de **geuremissie** waren (voor alle diercategorieën, met uitzondering van jongvee waar geen emissies zijn gemeten en geen emissiefactoren zijn toegekend) de verschillen tussen de gemeten waarden en de huidige emissiefactoren niet significant (P>0,10).

Doel 2. De variatie in emissie binnen- en tussenbedrijven vast te stellen.
Voor deze analyse is alleen de data uit de protocollaire metingen gebruikt. De kleinste variatie (binnen- en tussenbedrijven) is bij NH_3 te vinden, de grootste variatie bij N_2O. De variatiecoëfficiënten die in dit onderzoek voor ammoniak zijn bepaald, zijn in dezelfde orde van grootte als de resultaten die in Mosquera e.a. (2008) al eerder zijn gerapporteerd. Over diercategorieën heen, zijn de variatiecoëfficiënten bij de geiten en rosévleeskalveren (opfokfase) het kleinst, en voor de biggen het hoogst.

Doel 3. De mate van samenhang tussen gemeten emissies en bedrijfsfactoren vast te stellen.

Van de onderzochte parameters had het ventilatiedebiet per dier (op Ln-schaal), het meest significante correlatie met de emissies. De emissies van N_2O en geur lijken niet gecorreleerd te zijn met de onderzochte parameters (met de uitzondering van het ventilatiedebiet per dier). Voor CH_4 hebben het ventilatiedebiet en de dag in de productieronde de hoogste correlatie met de emissies. Voor NH_3 en PM10 hebben naast het ventilatiedebiet ook de buitentemperatuur (met name voor NH_3), en de dag in de productieronde (voor de diercategorieën met een groeitraject; gerelateerd aan diergewicht) een significante correlatie met de emissies. Voor de geiten hebben ook de melkproductie en het melkureum een significante correlatie met de NH_3-emissies, maar niet op de andere componenten (CH_4, N_2O, geur en PM10). Voor alle diercategorieën is te zien dat het ventilatiedebiet en de NH_3-emissie het jaarpatroon van de buitentemperatuur volgen, met hogere waarden bij de warme (zomer)maanden. Voor CH_4 is dit effect minder zichtbaar.

Doel 4. Ervaring opdoen met directe bedrijfsmonitoring met sensoren.

Om ervaring met bedrijfsmonitoring met sensoren op te doen zijn binnen dit project voor NH_3, CH_4 en CO_2 continue concentratiemetingen met sensoren uitgevoerd. Dit naast het regulier uitvoeren van protocollaire metingen (met erkende meetmethoden), die ook als controle/validatie van het werking en absolute concentratieniveau van de sensoren zijn toegepast. Bedrijfsmonitoring met sensoren (continue metingen) voldeed over het algemeen aan de criteria voor de hypothese dat continue en protocollaire metingen niet significant verschillend zijn. Het verschil (zowel op basis van alle waarnemingen als op basis van alleen de dagen waar protocollaire metingen zijn uitgevoerd) was voor zowel NH_3 als voor CH_4, en voor alle diercategorieën (met uitzondering van de NH_3-emissie bij blankvleeskalveren) <10% (en in de meeste gevallen <5%).

Doel 5. Toepasbaarheid van de CO_2-tracergas ratiomethode.

In dit project is de toepasbaarheid van het CO_2-productiemodel met de huidige rekenregels (Pedersen en Sällvik, 2002; Pedersen e.a., 2008) voor varkens (biggen, vleesvarkens, dragende zeugen) opnieuw geëvalueerd (zie Mosquera e.a., 2010), en voor andere diercategorieën (geiten, vleeskalveren) onderzocht. Vergeleken is een directe bepaling van het ventilatiedebiet met meetwaaiers (referentie) en een indirecte bepaling door middel van het CO_2-tracergas ratiomethode (PCO2). De resultaten uit dit onderzoek laten zien dat het over het algemeen aan de criteria voor gelijkwaardigheid van directe (meetwaaiers) en indirecte (P_{CO2}) bepalingen van het ventilatiedebiet wordt voldaan voor de diercategorieën varkens (biggen, vleesvarkens, dragende zeugen) en geiten. Bij deze diercategorieën is het procentueel verschil tussen beide methoden <10%. Voorwaarde is een nauwkeurige registratie van de benodigde inputparameters, zoals ook in Mosquera e.a. (2010) is geconcludeerd. De resultaten in dit rapport laten zien dat de CO_2-productie uit de pot bij de geiten (gemiddeld: 39% van de CO_2-productie uit de dieren) een belangrijke bron van CO_2 was, en nam met de potdikte toe (tot een dikte van 50-60 cm). Voor vleeskalveren (zowel blank als rosé) wordt aan de meeste criteria niet voldaan, en is het procentueel verschil tussen beide methoden >10%.

1 Inleiding

Het Ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur (LVVN; voorheen LNV) heeft op 25 mei 2020 een pakket subsidieregelingen voor innovatie en verduurzaming van stallen uitgebracht voor de rundveehouderij (melkvee en vleeskalveren), varkenshouderij en melkgeitenhouderij, onder de naam Subsidie brongerichte verduurzaming veehouderij (Sbv). De Sbv-regelingen zijn gericht op het stimuleren van de ontwikkeling van nieuwe duurzame huisvestingsystemen. Het gaat hierbij om reductie van de uitstoot van methaan, ammoniak, geur en fijnstof, met aandacht voor dierenwelzijn en luchtkwaliteit in de stal door zoveel mogelijk met bronmaatregelen te werken. Het bedrijfsleven kan subsidieaanvragen indienen voor de ontwikkeling van nieuwe huisvestingsconcepten die voldoen aan de gestelde duurzaamheids-criteria. De Sbv-regelingen bestaan uit drie fasen: 1) onderzoeks- en ontwikkelfase om het concept te optimaliseren, 2) emissiemetingenfase in proefstallen voor vaststellen emissiefactoren van het geoptimaliseerde concept, 3) investeringssubsidie proefstallen, afhankelijk van het bereikte reductieniveau t.o.v. de referentie-huisvesting.

Belangrijk uitgangspunt in de Sbv-regeling is het emissie-referentieniveau voor de te reduceren emissiecomponenten. Tijdens de uitwerking van de regeling is gebleken dat er uit ander onderzoek aanwijzingen zijn dat vastgestelde referentieniveaus voor een aantal diercategorieën niet representatief zijn voor de huidige bedrijfsvoering. Daarnaast zijn voor met name methaan in een aantal categorieën nog onvoldoende stallen doorgemeten om referentieniveaus conform huidige meetprotocollen voor emissiefactoren te kunnen vaststellen: het huidig meetprotocol schrijft voor dat er, per diercategorie, op minimaal vier verschillende bedrijven doorgemeten moet worden.

Bovendien is er behoefte aan het direct kunnen monitoren van de emissies uit stallen. Het inzichtelijk maken van de stalemissies kan een belangrijke stimulans voor veehouders zijn om de bedrijfsvoering te optimaliseren. Bedrijfsmonitoring zou eveneens op termijn de mogelijkheid kunnen bieden om afspraken te maken over de uitstoot van methaan- en ammoniakemissies en deze te borgen.

In 2021 is in opdracht van LVVN een onderzoek opgestart met als belangrijkste doelen:

Doel 1. Het uitvoeren van een meetcampagne voor geprioriteerde stalsystemen om ontbrekende emissiefactoren voor de stalinnovatieregeling te kunnen vaststellen en daarover te communiceren.
- Deze meetcampagne is een aanvulling op metingen die in de periode 2018-2020 in het kader van het Onderzoek Veehouderij & Klimaat op 18 melkveebedrijven, 2 geitenstallen, 2 bedrijven voor rosévleeskalveren, 2 biggenstallen, 2 vleesvarkensstallen en 1 stal voor dragende zeugen zijn uitgevoerd.
- Het betreft de diercategorieën vleeskalveren (rosé- en blankvlees), jongvee, geiten en varkens (biggen, vleesvarkens en dragende zeugen).
- Het gaat hierbij voor alle opgenomen diercategorieën om de emissies van NH_3, CH_4 en N_2O.
- Daarnaast is het meten van de concentraties van CO_2 in het onderzoek opgenomen voor indirecte bepaling van emissies via de CO_2-massabalansmethode.
- Voor de diercategorieën geiten en vleeskalveren is besloten om aanvullend de emissies van fijnstof (PM10) en geur te meten.
- De metingen dienen conform de nu geldende meetprotocollen voor vaststellen emissiefactoren CH_4/N_2O, NH_3, geur en fijnstof uitgevoerd te worden.
- In aanvulling op de meetopzet met zes meetdagen per stallocatie volgens het meetprotocol voor emissiefactoren worden de concentraties van NH_3, CH_4 en CO_2 met sensoren continu gemeten, waardoor de emissies van NH_3 en CH_4 continu in beeld gebracht kunnen worden.

Doel 2. De variatie in methaanemissie binnen- en tussenbedrijven vast te stellen.

Doel 3. De mate van samenhang tussen gemeten CH_4-emissie en aanwezige bedrijfsfactoren vast te stellen.

Doel 4. Ervaring op te doen met directe bedrijfsmonitoring met sensoren.

Doel 5. De nauwkeurigheid van de CO_2-tracergas ratiomethode nader te onderzoeken:
- Vergelijking van het CO_2-productiemodel met een referentiemethode voor debietbepalingen (meetwaaiers)
- Voor geiten, de bijdrage van de pot (strobed) aan de CO_2-productie in de stal kwantificeren.

Om deze doelen te kunnen realiseren is gekozen voor een jaarrond meetaanpak gebaseerd op continue monitoring (op stalniveau) van de emissies van methaan (CH_4) en ammoniak (NH_3), en deze met de gelijktijdig uitgevoerde protocollaire metingen te vergelijken. Een jaarrond aanpak is noodzakelijk omdat sommige invloedfactoren zoals voeding of stalklimaat seizoensgebonden zijn. De sensoren die voor de continue metingen worden gebruikt, zijn met een frequentie van minimaal één keer per twee maanden gecontroleerd met erkende meetapparatuur (metingen uitgevoerd volgens de huidige meetprotocollen). Afwijkingen in de sensoren zijn op basis van deze protocollaire metingen bijgestuurd (veldkalibratie).

Leeswijzer

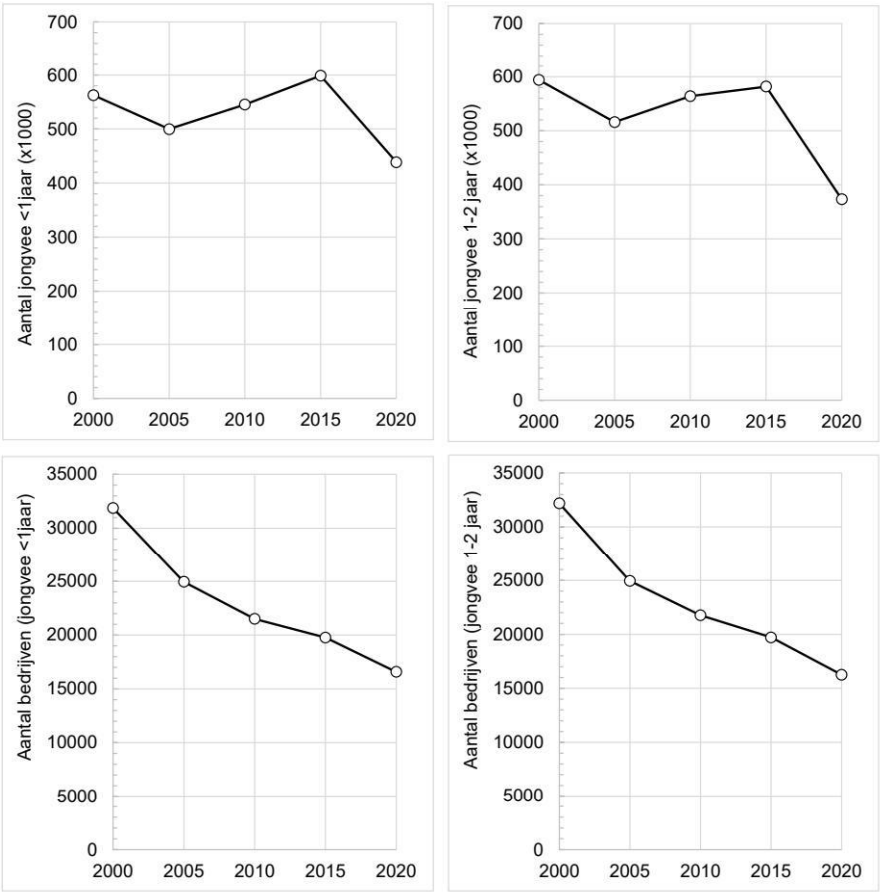
In dit rapport worden de resultaten gepresenteerd van de metingen die de afgelopen vijf jaar bij de diercategorieën jongvee, vleeskalveren, geiten en varkens zijn uitgevoerd. In hoofdstuk 2 wordt achtergrondinformatie over de verschillende veehouderijsectoren (kenmerken, bijdrage aan de totale CH_4- en NH_3-emissies, onderbouwing huidige emissiefactoren) weergegeven. Hoofdstuk 3 geeft een korte beschrijving van de meetlocaties, meetstrategie en berekeningsmethodiek (inclusief statistische analyse). In Hoofdstuk 4 t/m 7 worden de resultaten uit dit onderzoek voor respectievelijk jongvee, vleeskalveren, geiten en varkens weergegeven en besproken. Per hoofdstuk (diercategorie) worden de belangrijkste resultaten in grijze kaders samengevat. Tenslotte wordt in hoofdstuk 8 een overall-analyse op basis van de resultaten over alle diercategorieën gepresenteerd.

2 Achtergrond

2.1 Kenmerken en ontwikkeling veehouderijsectoren

2.1.1 Jongvee

Volgens cijfers van het CBS bedroeg het aantal stuks jongvee voor de melkveehouderij in Nederland in 2020 0,81 miljoen (leeftijd < 1 jaar 0,44 miljoen dieren; leeftijd 1-2 jaar 0,37 miljoen), dit is 30% minder dan in 2000 (Figuur 2.1). Het aantal bedrijven met jongvee is in de laatste twee decennia sterk afgenomen. De afname tussen 2000 en 2020 bedraagt bijna 50%.

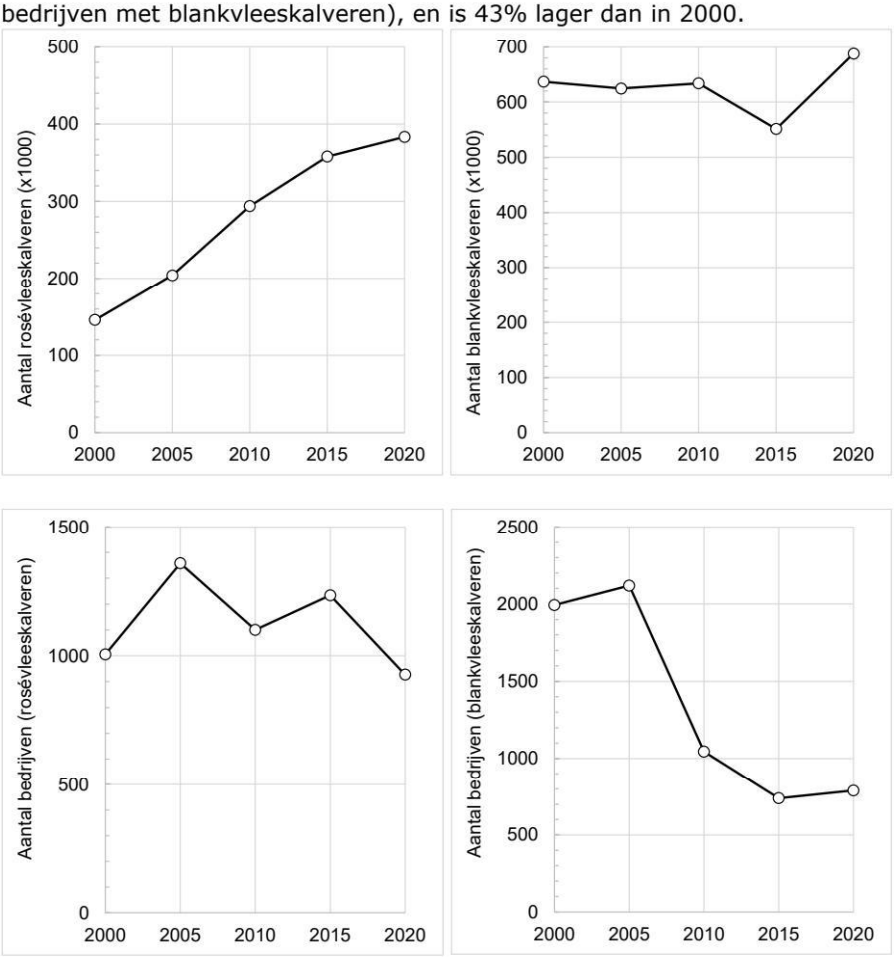


Figuur 2.1 *Ontwikkeling jongveesector in de afgelopen twee decennia. Bron: CBS.*

In het rapport van Groenestein e.a. (2017) wordt de huisvesting van het jongvee in drie perioden onderverdeeld. Jonge dieren (tot 4 á 6 maanden) worden in strohokken (circa 3 m^2 ingestrooide leefruimte per dier) of ondiepe potstallen met betonrooster achter het voerhek in natuurlijk geventileerde stallen gehuisvest. De stallen hebben gier- of mestkelders (onder de roostervloer) met rechte wanden en een diepte van 1 m. De mest wordt tweemaal per jaar uit de stal verwijderd. De dieren krijgen (kunst)melk (via emmers of drinkautomaat) en ruwvoer (grassilage, eventueel met beperkt snijmaïs) en overige krachtvoer (rundveebrok) aan het voerhek. Vanaf circa 6 maanden worden de dieren in ligboxenstallen gehuisvest, en hebben de dieren een loopoppervlakte van 2 m^2 per dier (6-12 maanden) of tussen 2,5-3 m^2 per dier (1-2 jaar). De stallen hebben mestkelders met rechte wanden en een diepte van 1,5-2 m. De mest wordt twee maal per jaar uit de stal verwijderd. De dieren krijgen ruwvoer (grassilage, eventueel met beperkt snijmaïs) en krachtvoer (rundveebrok) aan het voerhek.

2.1.2 Vleeskalveren

In Nederland worden zowel rosévleeskalveren als blankvleeskalveren gehouden (waarvan ongeveer de helft wordt geïmporteerd). In de afgelopen twee decennia is het aantal vleeskalveren in Nederland volgens cijfers van het CBS met 35% toegenomen, van 783.000 in 2000 tot meer dan 1 miljoen in 2020 (Figuur 2.2). Deze toename is met name te danken aan de productie van rosévlees. Het aantal rosévleeskalveren is in de periode 2000-2020 bijna verdrievoudigd, terwijl het aantal blankvleeskalveren vrij stabiel is gebleven. In 2000 was 20% van de vleeskalveren voor de rosévleesproductie, dit is in 2020 toegenomen tot 36%. Het aantal bedrijven met vleeskalveren lag in 2020 op 1716 (789 met blankvleeskalveren en 927 met rosévleeskalveren; dit betekent gemiddeld 414 dieren bij bedrijven met rosévleeskalveren, en 872 dieren bij bedrijven met blankvleeskalveren), en is 43% lager dan in 2000.



Figuur 2.2 *Ontwikkeling vleeskalverensector in de afgelopen twee decennia. Bron: CBS.*

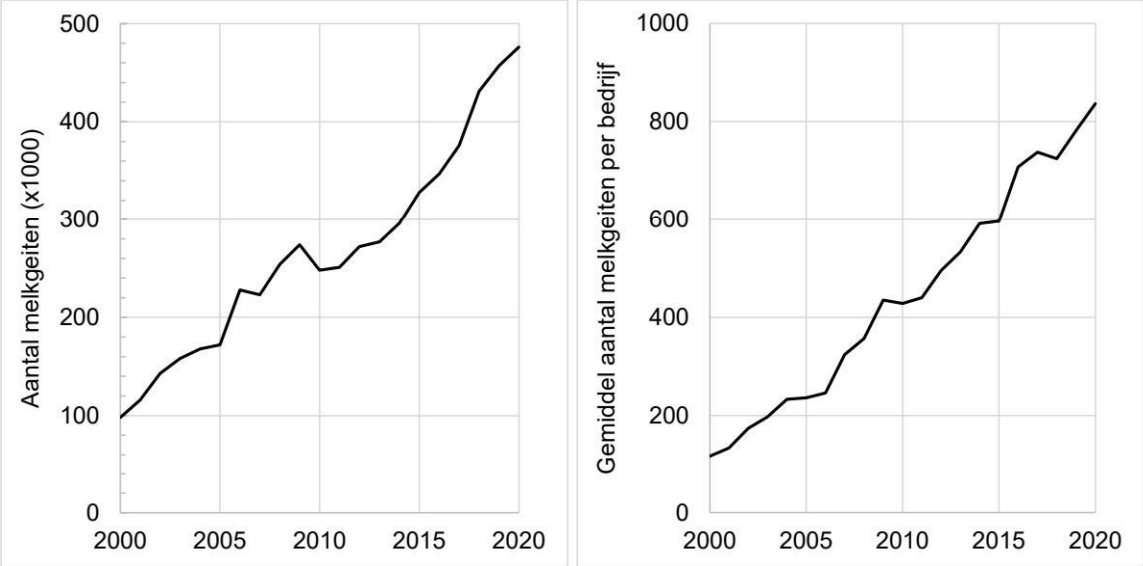
Volgens Blanken e.a. (2022) worden blankvleeskalveren in Nederland met een gemiddeld gewicht van 44 kg opgezet, en groeien deze in 190 dagen tot een levend eindgewicht van 268 kg (150 kg karkasgewicht, met 56% aanhouding). De dieren krijgen tijdens de groeiperiode gemiddeld 235 kg kalvermelk (vloeibaar), 325 kg melkvervangmix, en 38 kg stro (met laag ijzer). Bij rosévleeskalveren wordt onderscheid gemaakt tussen jong rosé en oud rosé. De kalveren (startkalveren), met een startgewicht van 50 kg, worden eerst in een afdeling geplaats waar de dieren in gemiddeld 72 dagen tot een aflevergewicht van 110 kg groeien. Naast 22 kg startmelk krijgen de dieren een rantsoen met 71% krachtvoer en 29% snijmaïs op ds-basis. De dieren worden daarna naar een andere afdeling geplaatst. Voor jong rosé groeien de dieren in die afdeling verder in 145 dagen tot een levend eindgewicht van 317 kg (170 kg karkasgewicht, met 53,5% aanhouding). Voor oud rosé groeien de dieren in 205 dagen tot een levend eindgewicht van 380 kg (205 kg karkasgewicht, met 54% aanhouding). Het rantsoen voor zowel jong als oud rosé bestaat uit 67% bijproducten en 33% snijmaïs op ds-basis.

Volgens het *"Besluit houders van dieren"* dienen kalveren tot 150 kg over ten minste 1,5 m^2 vloeroppervlakte ter beschikking krijgen, ten minste 1,7 m^2 voor kalveren tussen 150 kg en 220 kg, en ten minste 1,8 m^2 voor kalveren met een levend gewicht van 220 kg of meer. Dieren tot een leeftijd van drie maanden dienen over minimaal 0,5 m^2 aan ligruimte te beschikken, voor oudere dieren is dit 0,7 m^2 per dier.

De gemiddelde huisvesting van blankvleeskalveren bestaat volgens Groenestein e.a. (2017) uit een mechanisch geventileerde afdeling met volledig onderkelderde hokken (5-8 kalveren per hok), en een mestkelder met rechte wanden en een diepte van 0,4-0,8 m. De mest wordt regelmatig afgevoerd. Voor de startfase van rosévleeskalveren is de gemiddelde afdeling ook mechanisch geventileerd, met volledig onderkelderde hokken (5-8 kalveren per hok), en een mestkelder met rechte wanden en een diepte van 0,4-1,2 m. De mest wordt verwijderd als de putten vol zijn. Jong- en oud rosévleeskalveren worden in natuurlijk geventileerde stallen met volledig onderkelderde hokken (7-15 kalveren per hok), en een mestkelder met rechte wanden en een diepte > 1,0 m. De mest wordt verwijderd als de putten vol zijn.

2.1.3 Geiten

Volgens cijfers van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) waren er in Nederland in 2020 ruim 476 duizend melkgeiten. Dit is bijna vijf keer het aantal melkgeiten in 2000. Ook het aantal melkgeiten per bedrijf is de afgelopen twee decennia sterk toegenomen (837 dieren per bedrijf in 2020; Figuur 2.3). Het grootste deel van de geiten wordt op gespecialiseerde bedrijven gehouden, met gemiddeld 1177 dieren per bedrijf. Ruim de helft van de geitenbedrijven in Nederland had in 2020 500 of meer melkgeiten, dit was slechts 5% in 2000. In 2017 is in de provincies Noord-Brabant en Gelderland (samen goed voor 40% van het totaal aantal melkgeiten in Nederland) een geitenstop ingesteld.

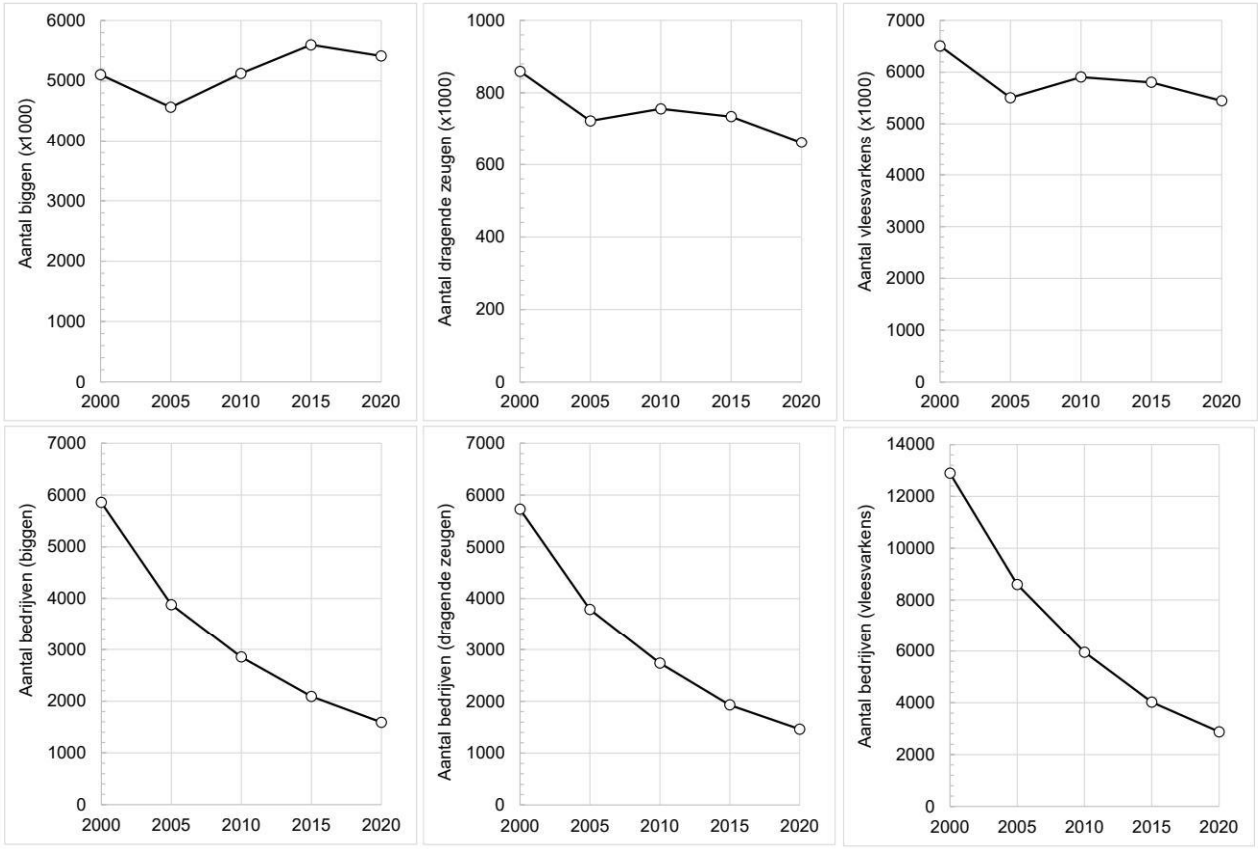


Figuur 2.3 *Ontwikkeling geitensector in de afgelopen twee decennia. Bron: CBS.*

Over het algemeen worden geiten in Nederland in natuurlijk geventileerde potstallen gehouden. De melkgeiten krijgen ruwvoer (gras/snijmaïs) en krachtvoer (mengvoer) in een verhouding 40:60 (Blanken e.a., 2022). De geiten worden meestal tweemaal per dag in een aparte gedeelte van de stal (melkstal) gemolken. De dieren produceren (gemiddeld in 2020) 1121 kg melk per melkgeit per jaar (3,1 kg/dier/dag), met een gemiddelde eiwit- en vetgehalte van respectievelijk 3,53% en 3,98% (https://www.agrimatie.nl). In het *"Besluit houders van dieren"* worden geen verplichte eisen opgenomen voor de huisvesting van geiten in Nederland. Echter, in zowel Kwaligeit (kwaliteitssysteem voor de geitenhouderij) als in de Maatlat Duurzame Veehouderij wordt geadviseerd om minimaal 1,3 m^2 potruimte per dier te gebruiken.

2.1.4 Varkens

Het aantal varkensbedrijven is in de afgelopen twee decennia sterk afgenomen (Figuur 2.4): de Nederlandse varkenssector telde in 2020 1591 bedrijven met biggen (5857 in 2000), 1460 bedrijven met dragende zeugen (5726 in 2000), en 2881 bedrijven met vleesvarkens (12894 in 2000). Het aantal dieren is echter nauwelijks gedaald, en schommelt al jaren tussen 11,5-12,5 miljoen varkens, waardoor het aantal dieren per bedrijf is toegenomen. In 2020 waren er onder andere 5,5 miljoen biggen, 0,6 miljoen dragende zeugen, en 5,4 miljoen vleesvarkens.



Figuur 2.4 *Ontwikkeling varkenssector in de afgelopen twee decennia. Bron: CBS.*

Volgens het *"Besluit houders van dieren"* dienen zeugen ten minste 2,25 m^2 oppervlakte ter beschikking krijgen voor groepshuisvesting in groepen van 6-40 dieren (waarvan minimaal 1,3 m^2 dichte vloer). Voor groepen met minder dan 6 dieren wordt het beschikbare oppervlakte met 10% vergroot. Voor groepen van meer dan 40 dieren kan het oppervlakte met 10% worden verkleind. Voor biggen en vleesvarkens gelden de volgende normen:

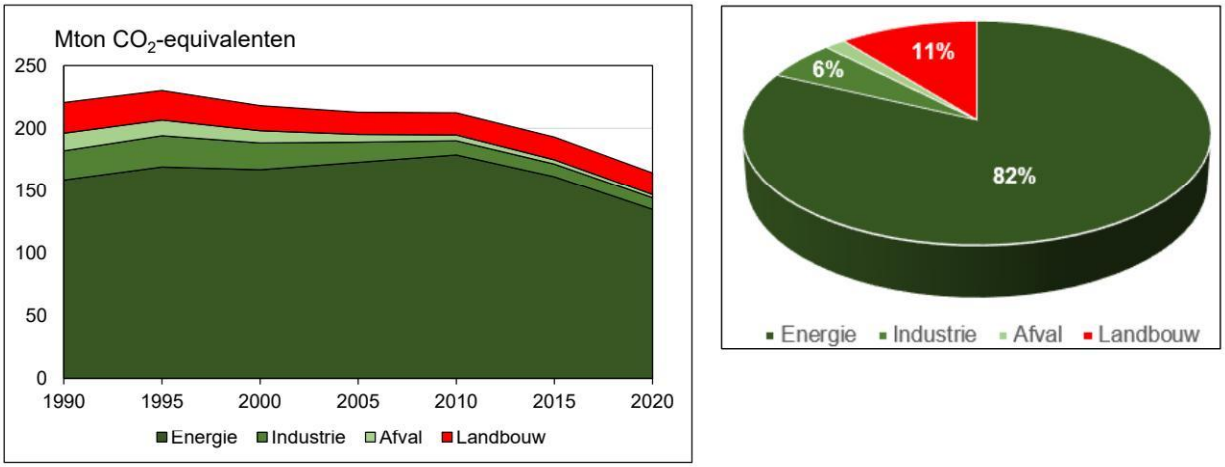
Gewicht	Beschikbare oppervlakte (m^2/dier)	Waarvan dichte vloer (m^2/dier)
<15	0,20	
15-30	0,30	0,24
30-50	0,50	0,30
50-85	0,65	0,45
85-110	0,80	0,60
>110	1,00	0,75

Volgens Groenestein e.a. (2017) worden varkens meestal in mechanisch geventileerde stallen gehouden. Typerende stallen voor de biggen hebben hokken met volledig of gedeeltelijk roostervloer van kunststof of metaal (≥0,3 m^2 per dier leefoppervlakte), en voor de dragende zeugen en vleesvarkens gedeeltelijk roostervloer (vleesvarkens: ≥0,8 m^2 leefoppervlakte per dier, waarvan 40% dichte bolle vloer en 60% betonnen roostervloer; dragende zeugen: ≥2,25 m^2 leefoppervlakte per dier, waarvan 0,95 m^2 betonnen roostervloer en 1,3 m^2 dichte vloer). De mestkelder (onder de roostervloer) heeft (voor biggen, dragende zeugen en vleesvarkens) meestal rechte wanden en een diepte van circa 1,0 m. De mest wordt bij de biggen circa een keer per maand uit de stal verwijderd. Voor de dragende zeugen is dit circa een keer per twee maanden, voor de vleesvarkens circa een keer per ronde. De biggen hebben een groeitraject van circa 8-25 kg (groei: 340 g/dier/dag), de vleesvarkens van circa 25-118 kg (groei: 795 g/dier/dag). Biggen en vleesvarkens krijgen vaak onbeperkt droogvoer (biggen: voeropname 0,56 kg/dier/dag, ruw eiwitgehalte 175 g/kg ; vleesvarkens: voeropname 2,05 kg/dier/dag, ruw eiwitgehalte 160 g/kg), en de dragende zeugen beperkt droogvoer (voeropname 2,8 kg/dier/dag, ruw eiwitgehalte 130 g/kg).

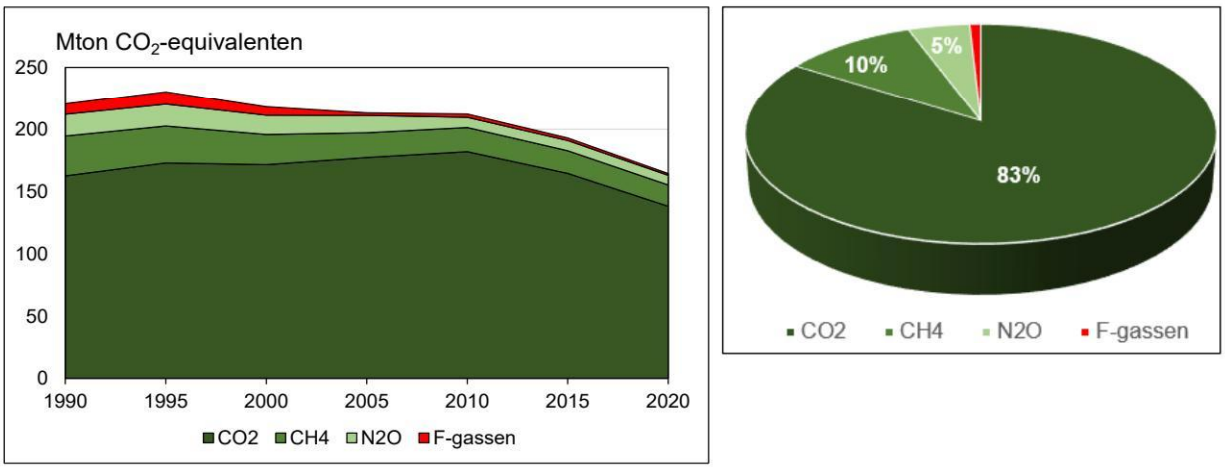
2.2 Bijdrage van de landbouwsector aan de emissies van ammoniak, geur, fijnstof en broeikasgassen

2.2.1 Broeikasgassen

De totale uitstoot van broeikasgassen (exclusief LULUCF[1]) in Nederland was in 2020 164 megaton CO_2-equivalenten (Figuur 2.5). Dit betekent een reductie van 25% ten opzichte van 1990 (referentiejaar). Koolstofdioxide (CO_2) was in 2020 met 83% de belangrijkste bron van broeikasgasemissies in Nederland (Figuur 2.6). Van de overige broeikasgassen werd de belangrijkste bijdrage geleverd door methaan (CH_4) en lachgas (N_2O), respectievelijk 10% en 5%. De totale uitstoot van CH_4 en N_2O was in 2020 met respectievelijk 47% en 55% afgenomen ten opzichte van 1990.



Figuur 2.5 *Uitstoot broeikasgassen (exclusief LULUCF) per bron in Nederland. Bron: Ruyssenaars e.a. (2022).*

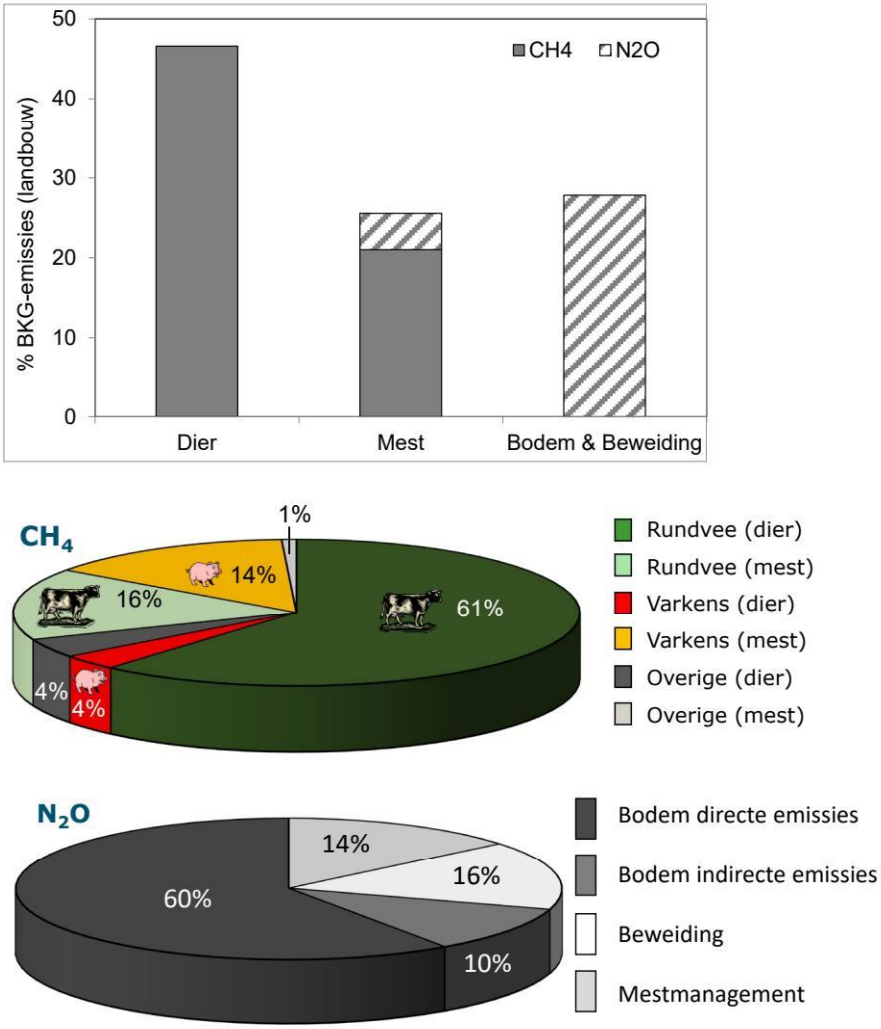


Figuur 2.6 *Uitstoot broeikasgassen (exclusief LULUCF) per component in Nederland. Bron: Ruyssenaars e.a. (2022).*

De bijdrage van de landbouw aan de nationale broeikasgasemissie bedroeg 11% in 2020. De landbouwemissies zijn in de periode 1990-2020 met 28% afgenomen. De landbouw is de belangrijkste emissiebron van CH_4 en N_2O in Nederland: 70% van de CH_4-emissies en 73% van de N_2O-emissies waren in 2020 afkomstig uit landbouwbronnen. CH_4 is verantwoordelijk voor 68% van de overige broeikasgasemissies uit de landbouw, met pens- en darmfermentatie (diergebonden endogene emissies: 69%) als belangrijkste bron (Figuur 2.7). De rest (31%) komt uit de opslag van mest (binnen en buiten de stal). N_2O is verantwoordelijk voor de resterende 32% van de overige broeikasgasemissies uit de landbouw. De

[1] LULUCF staat voor 'Land Use, Land-Use Change and Forestry'. Het gaat hier om broeikasgas-emissies als gevolg van landgebruik, verandering in landgebruik en bosbouw.

belangrijkste landbouwbronnen van N_2O zijn de emissies uit de bodem (na het toedienen van mest) en door beweiding (samen verantwoordelijk voor 86% van de N_2O emissies uit de landbouw), en emissies bij de opslag van vaste mest (14%). De rundvee-sector was in 2020 de grootste bijdrager aan de uitstoot van CH_4 uit de landbouw (89% van de totale endogene emissies, en 61% van de totale uitstoot van overige broeikasgassen uit de landbouw), gevolgd door varkens (5% van de totale endogene emissies, en 18% van de totale uitstoot van overige broeikasgassen uit de landbouw). Andere diercategorieën (schapen, geiten en paarden) waren goed voor de resterende 6% van de endogene emissies. Tabel 2.1 laat zien dat de mest van melkvee het meest (42%) bijdraagt aan de totale CH_4-emissie uit mest, gevolgd door de varkens (vleesvarkens: 27%; zeugen en biggen: 14%). De emissie van vrouwelijk jongvee melkveehouderij draagt ook substantieel bij aan de totale emissie (7%), en wordt gevolgd door de emissie van vleeskalveren (rosévleeskalveren: 2%; blankvleeskalveren: 1%). Deze diercategorieën zijn gezamenlijk verantwoordelijk voor 93% van de CH_4-emissie uit mest. Geiten (niet in Tabel 2.1 opgenomen) hebben een veel kleinere bijdrage (0,1%). Er zijn echter sterke indicaties dat de default IPCC emissiefactoren voor geiten de werkelijke emissie onderschatten (Mosquera e.a., 2022).



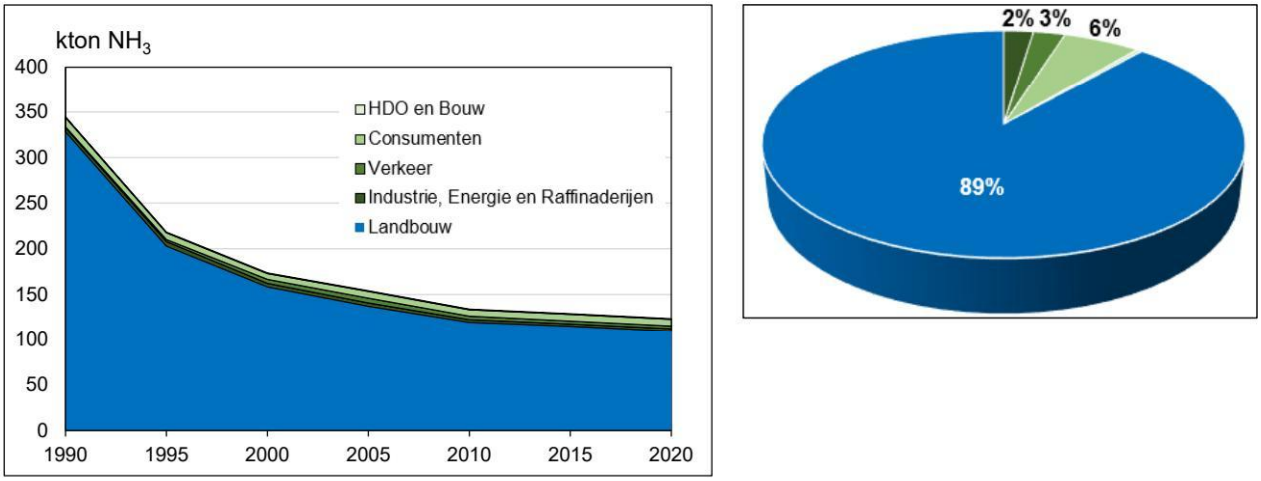
Figuur 2.7 *CH_4 en N_2O-emissies uit de landbouw per bron (dier, mest, bodem) en diercategorie in Nederland. Bron: Ruyssenaars e.a. (2022).*

Tabel 2.1 *CH_4-emissie uit mest per diercategorie (Top-5) in Nederland. Bron: Van Bruggen e.a. (2021).*

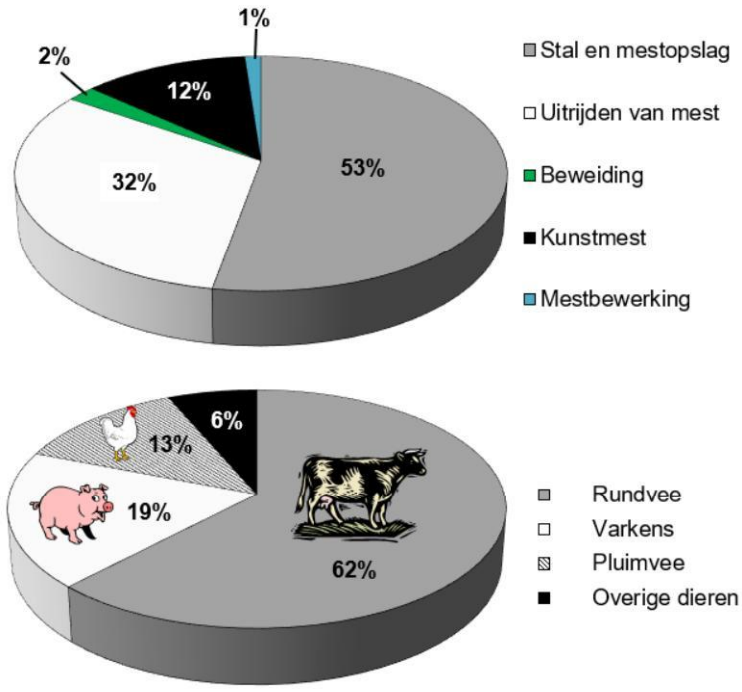
Diercategorie	CH_4-emissie uit mest
Melkvee	42%
Vleesvarkens	27%
Zeugen en biggen	14%
Jongvee voor de melkproductie	7%
Vleeskalveren	3% (2% rosévleeskalveren; 1% blankvleeskalveren)

2.2.2 Ammoniak

De uitstoot van ammoniak (NH_3) is in Nederland in de periode 1990-2020 met 67% afgenomen, van 344 kton in 1990 naar 123 kton in 2020 (Figuur 2.8). Ongeveer 89% van de nationale NH_3-emissie wordt door landbouwbronnen veroorzaakt, met emissies uit stal en opslag (53% van de landbouwemissies) en na het toedienen van mest (32% van de landbouwemissies) als belangrijkste bronnen (Figuur 2.9). Rundvee (met 62% van de NH_3-emissie uit landbouwhuisdieren) droeg in 2020 het meest bij aan de uitstoot van NH_3 uit de landbouw, gevolgd door varkens (19%) en pluimvee (13%).



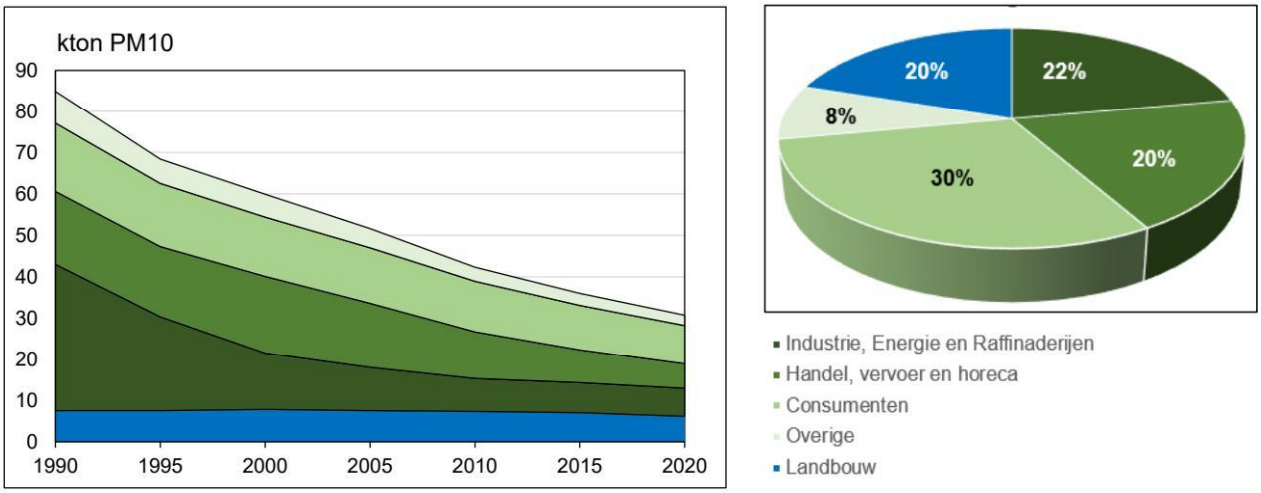
Figuur 2.8 *Uitstoot ammoniak per bron in Nederland. Bron: https://www.emissieregistratie.nl*



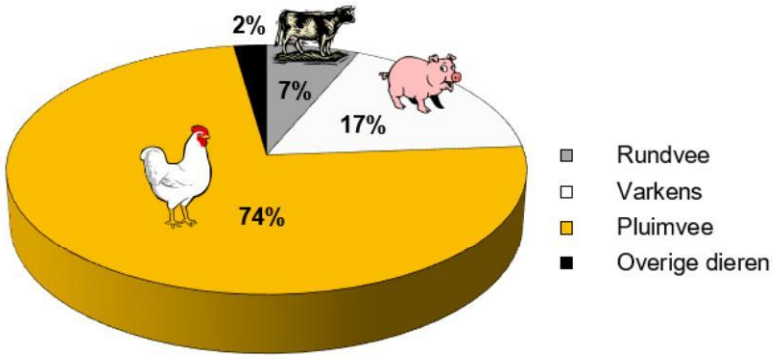
Figuur 2.9 *NH_3-emissies uit de landbouw per bron en diercategorie. Bron: https://www.emissieregistratie.nl*

2.2.3 Fijnstof (PM10)

De landbouw levert ook een bijdrage aan de uitstoot van fijnstof (PM10) in Nederland. Volgens cijfers van het CBS bedroeg de emissie van PM10 in Nederland in 2020 30,7 Kton. Hiervan was circa 6,1 Kton (20%) afkomstig uit de landbouw (Figuur 2.10). Van de PM10-emissie uit de landbouw is het overgrote deel afkomstig van stallen (met als belangrijkste bronnen het voer, het dier, de mest en het strooisel). Pluimvee, met een aandeel van 74%, is veruit de grootste bron van PM10-emissies uit de landbouw (Figuur 2.11), gevolgd door varkens (17%) en rundvee (7%).



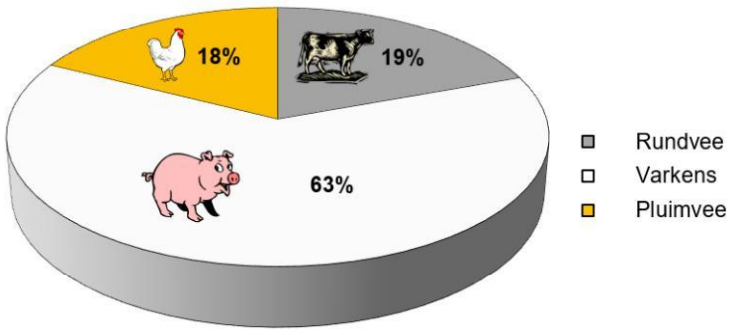
Figuur 2.10 *Uitstoot ammoniak per bron in Nederland. Bron: https://www.emissieregistratie.nl*



Figuur 2.11 *PM10-emissies uit de landbouw per diercategorie. Bron: https://www.emissieregistratie.nl*

2.2.4 Geur

De landbouw is ook een belangrijke bron van geurhinder in Nederland, met als belangrijkste bronnen stallen en het toedienen van mest. Varkens, met een aandeel van 63%, is veruit de grootste bron van geuremissies uit de landbouw (Figuur 2.12), gevolgd door pluimvee (18%) en rundvee (vleeskalveren, vleesstieren en overige vleesvee; 19%).



Figuur 2.12 *Geuremissies uit de landbouw per diercategorie. Bron: Van der Peet e.a. (2018).*

2.3 Onderbouwing huidige emissiefactoren

2.3.1 Ammoniak

De huidige NH_3-emissiefactoren van de diercategorieën in dit onderzoek worden in Tabel 2.2 weergegeven. Hieronder wordt per diercategorie de totstandkoming van deze emissiefactoren verder besproken.

Tabel 2.2 Per diercategorie, NH_3-emissiefactoren (kg NH_3/dier/jaar; Bron: https://www.infomil.nl/) *voor huisvestingssystemen die in dit onderzoek zijn onderzocht.*

Diercategorie	Rav-code	NH_3-emissiefactor
Jongvee	A3.100	4,4
Blankvleeskalveren	A4.100	3,5
Rosévleeskalveren	A4.100	3,5
Geiten	C1.100	1,9
Biggen	D1.1.5	0,39
Biggen	D1.1.13	0,20
Biggen	D1.1.100	0,69
Vleesvarkens	D3.100	3,0
Dragende zeugen	D1.3.101	4,2

Jongvee

Voor de categorie vrouwelijk jongvee tot 2 jaar (A3) wordt in de Regeling Ammoniak en Veehouderij (Rav) geen onderscheid in fasen (zoals in Hoofdstuk 2.1.3 weergegeven) gemaakt. In Ogink e.a. (2014) wordt de totstandkoming van de huidige emissiefactor voor jongvee (4,4 kg NH_3/dier/jaar) toegelicht. Voor jongvee is de emissiefactor berekend door de ratio in TAN-excretie tussen jongvee (26,1) en melkvee (77,6) te vermenigvuldigen met de huidige NH_3-emissiefactor voor melkvee bij overige huisvestingssystemen (A1.100: 13 kg NH_3/dierplaats/jaar).

Vleeskalveren

De huidige NH_3-emissiefactor (Tabel 2.2) maakt geen onderscheid tussen blankvleeskalveren en rosévleeskalveren. De emissiefactor is in 2015 bijgesteld van 2,5 kg naar de huidige 3,5 kg NH_3/dier/jaar op basis van het actualisatierapport ammoniakemissiefactoren vleeskalveren van Groenestein e.a. (2014a). Omdat geen praktijk-representatieve metingen voorhanden bleken te zijn werd hierin geadviseerd de emissiefactor af te leiden van de emissie van melkvee op basis van de verhoudingen van TAN in mest en emitterende oppervlakken in de kelder en de vloer. Dit leidde voor blankvleeskalveren tot een emissiefactor van 3,1 kg NH_3/dier/jaar, en voor rosévleeskalveren van 3,7 kg NH_3/dier/jaar. Volgens de toelichting in de Staatscourant[2] op de bijstelling van emissiefactor in 2015 is het geadviseerde onderscheid tussen beide categorieën niet overgenomen 'omdat dit de flexibiliteit binnen de bedrijfstak in de weg staat'. In plaats hiervan is een de emissiefactor vastgesteld als gemiddelde van beide geadviseerde waarden, afgerond op 0,5 kg.

Geiten

Er is geen informatie gevonden over de basis van de huidige NH_3-emissiefactor in de Rav voor overige huisvestingssystemen bij geiten ouder dan 1 jaar (categorie C1; zie Tabel 2.1). Deze emissiefactor is vanaf de eerste publicatie van de bijlage 1 van de Rav in 2002 in gebruik, en is afkomstig uit de aan de Rav voorafgaande Uitvoeringsregeling ammoniak en veehouderij.

Varkens

In 2014 is een rapport uitgebracht (Groenestein e.a., 2014b) waarin geadviseerd werd om de NH_3-emissiefactoren in de Rav voor vleesvarkens en biggen aan te passen aan de geldende welzijnseisen. De herberekende emissiefactoren in dit advies zijn in 2015 overgenomen in de Rav.

[2] Staatscourant 2015 nr. 16886 1 juli 2015

2.3.2 Methaan

Methaan (CH_4) ontstaat zowel uit mest (door afbraak van organische stof onder anaerobe omstandigheden) als in het dier zelf (endogene productie: fermentatie in de dikke darm bij eenmagige dieren, en voornamelijk in de pens bij herkauwers). In Tabel 2.3 worden de huidige emissiefactoren voor CH_4 (endogeen, uit mest en totaal) weergegeven. Hieronder wordt de basis voor deze factoren verder toegelicht.

Tabel 2.3 *Huidige CH_4-emissiefactoren (kg CH_4/dier/jaar) uit pens- en darmfermentatie, en uit mest. Bron: Van Bruggen e.a. (2021).*

Diercategorie	Pens- en darmfermentatie	Mest	Totaal
Jongvee < 1 jaar	30,1	8,0	38,1
Jongvee > 1 jaar	59,2	14,3	73,5
Blankvleeskalveren	10,5	3,6	14,1
Rosévleeskalveren	34,7	9,0	43,7
Geiten	5,0	0,13	5,13
Biggen	1,5	---	1,5
Vleesvarkens	1,5	6,7	8,2
Dragende zeugen	1,5	19,6	21,1

Pens- en darmfermentatie (endogene emissie)

Voor de bepaling en rapportage van de endogene methaanemissie (Ruyssenaars e.a., 2022) worden in Nederland verschillende methoden toegepast (zie Van Bruggen e.a. (2021) en Van der Zee e.a. (2021) voor een uitgebreide toelichting van de berekeningen en achterliggende methodiek):

- Voor volwassen melkvee: gemodelleerd op basis van een Tier 3 aanpak.

- Voor volwassen rundvee anders dan melkvee: Tier 2 aanpak met jaar- en landspecifieke emissiefactoren. Deze emissiefactoren (EF) worden berekend op basis van de bruto energieopname (GE, uitgedrukt in MJ, op basis van WUM-rantsoenen), CH_4-conversiefactoren (Y_m, uitgedrukt in percentage van de bruto energieopname die omgezet wordt in CH_4), en standaard waarden (IPCC, 2006) van 55,65 MJ/kg CH_4 voor de energie-inhoud van 1 kg CH_4 en van 18,45 MJ/kg ds voor het bruto energiegehalte van 1 kg drogestof (ds) in het voer (met de uitzondering van melkproducten bij blankvleeskalveren, waar een waarde van 21,00 MJ/kg ds wordt gebruikt), volgens:

$$EF = Y_m * GE * \left(\frac{1}{55{,}65}\right);\ GE = DS * 18{,}45$$

  Voor alle volwassen rundvee anders dan melkvee (met uitzondering van blankvleeskalveren) wordt voor Y_m een standaard waarde (IPCC, 2006) van 0,065 (oftewel 6,5%) gehanteerd. Voor blankvleeskalveren wordt Y_m berekend op basis van Gerrits e.a. (2014), met als uitgangspunt een CH_4-conversiefactor van 0,003 (0,3%) voor melkproducten, en van 0,055 (5,5%) voor andere rantsoencomponenten.

- Voor andere diersoorten: Tier 1 aanpak, met standaard emissiefactoren (IPCC, 2006)

Mest

Voor de bepaling en het rapporteren van de CH_4-emissie uit mest worden in Nederland de IPCC richtlijnen gehanteerd (Ruyssenaars e.a., 2022; Van Bruggen e.a., 2021; Van der Zee e.a., 2021). Voor rundvee, varkens en pluimvee wordt de emissiefactor (per mestsoort) bepaald door de hoeveelheid organische stof (OS) in de mest (in kg/dier/jaar), de fractie van de organische stof die afbreekbaar is (Biochemisch Methaan Potentieel; BMP), het deel van de afbreekbare fractie dat daadwerkelijk wordt afgebroken tot CH_4 (methaanconversiefactor; MCF) en de standaardfactor 0,67 (dichtheid van CH_4) met elkaar te vermenigvuldigen:

$$EF = OS * BMP * MCF * 0{,}67$$

Voor andere diersoorten worden standaard emissiefactoren (IPCC, 2006) gebruikt.

2.3.3 Lachgas

Voor de N_2O-emissies uit mest wordt in Nederland gebruik gemaakt van standaard emissiefactoren per mestsoort (Van Bruggen e.a., 2021). In Tabel 2.4 wordt per diercategorie de N_2O-emissiefactor uit mest berekend op basis van deze emissiefactoren en de N-excretie zoals in Blanken e.a. (2022) is gerapporteerd.

Tabel 2.4 *N_2O-emissiefactoren uit mest (g N_2O/dier/jaar). Bron: N-excretie (kg N/dier/jar): Blanken e.a. (2022); Emissiefactor (kg N_2O-N/kg N-excretie): Van Bruggen e.a. (2021).*

Diercategorie	Mestsoort	N-excretie [kg N/dier/jaar]	Emissiefactor [kg N_2O-N/kg N-excretie]	Emissiefactor [g/dier/jaar]
Jongvee < 1 jaar	Drijfmest	32,3	0,002	102
Jongvee 1-2 jaar	Drijfmest	66,9	0,002	210
Blankvleeskalveren	Drijfmest	11,3	0,002	36
Rosévleeskalveren	Drijfmest	21,5	0,002	68
Geiten	Vaste mest	9,4	0,01	148
Biggen	Drijfmest	1,5	0,002	5
Dragende zeugen	Drijfmest	20,6	0,002	65
Vleesvarkens	Drijfmest	7	0,002	22

2.3.4 Fijnstof

De huidige PM10-emissiefactoren zijn afkomstig uit metingen die in de periode 2008-2010 zijn uitgevoerd (in het kader van het Meetprogramma Update Emissiefactoren Fijnstof: MUEF) om de PM10- en PM2.5 emissies uit stallen vast te stellen (ter vervanging van de toen vastgestelde emissiefactoren, gebaseerd op resultaten uit de jaren negentig). Voor rundvee zijn alleen conventionele melkveestallen (categorie A1.100) gemeten, en de resultaten in Mosquera e.a. (2011a) gerapporteerd. De PM10-emissies bij de categorieën **jongvee** (A3) en **vleeskalveren** (A4) zijn afgeleid door de verhouding in PM10-emissiefactoren tussen de categorieën A3.100/A1.100 (voor jongvee) of A4.100/A1.100 (voor vleeskalveren) te vermenigvuldigen met de emissiefactor die bij MUEF voor de categorie A1.00 is gemeten. Dezelfde procedure is toegepast om de emissiefactor voor de categorie C1.100 (overige huisvestingsystemen voor **geiten** ouder dan 1 jaar) bij te stellen. Voor **varkens** zijn diverse huisvestingssystemen doorgemeten (**Biggen**: gedeeltelijk roostervloer (D1.1.5), volledig roostervloer (D1.1.13); **Dragende zeugen**: individuele huisvesting (D1.3.1), groepshuisvesting (D1.3.101); **Vleesvarkens**: overige huisvestingssystemen (D3.100), gedeeltelijk roostervloer met bolle vloer (D3.2.7.2.1) en onderscheid tussen brijvoer en droogvoer). Deze metingen zijn in Winkel e.a. (2011), Mosquera e.a. (2011b) en Mosquera e.a. (2011c) voor respectievelijk biggen, dragende zeugen en vleesvarkens, gerapporteerd. Naar aanleiding van deze resultaten is voor de PM10-emissiefactor voor biggen onderscheid gemaakt tussen huisvesting op gedeeltelijk en op volledig roostervloer. Voor dragende zeugen lieten de resultaten geen aantoonbaar verschillen zijn tussen individuele en groepshuisvesting, en zijn de metingen bij beide systemen samengevoegd om de emissiefactor te bepalen. Voor vleesvarkens zijn geen significante verschillen tussen brij- en droogvoer, en tussen emissiearme en conventionele huisvestingssystemen gevonden. Voor vleesvarkens zijn de metingen daarom samengevoegd en is voor alle staltypen dezelfde PM10-emissiefactor vastgesteld. Voor andere huisvestingssystemen zijn de emissiefactoren uit de bemeten huisvestingssystemen afgeleid. In Tabel 2.5 worden de huidige PM10-emissiefactoren weergegeven.

Tabel 2.5 *PM10-emissiefactoren (g PM10/dier/jaar) per diercategorie. Bron: https://www.infomil.nl/*

Diercategorie	PM10-emissie
Jongvee	38
Vleeskalveren	33
Geiten	19
Biggen (gedeeltelijk roostervloer)	74
Biggen (volledig roostervloer)	56
Vleesvarkens	153
Dragende zeugen	175

2.3.5 Geur

De totstandkoming van de huidige geuremissiefactoren is in het in rapport van Ogink (2016) toegelicht. Hieronder wordt dit per diercategorie kort samengevat.

Jongvee
Voor jongvee zijn geuremissiefactoren vastgesteld.

Vleeskalveren
De huidige geuremissiefactor voor vleeskalveren (35,6 OU_E/s per dier) is gebaseerd op resultaten van vier onderzoeken die twee decennia geleden voor vleeskalveren, vleesstieren en overige vleesvee zijn uitgevoerd (zie Tabel 2.6). Volgens Ogink (2016) gaven de resultaten geen aanleiding om de metingen bij vleeskalveren en bij vleesstieren en overige vleesvee te onderscheiden. Daarnaast lagen de geuremissies bij blankvleeskalveren en rosévleeskalveren dicht bij elkaar. Daardoor is het overall geometrisch gemiddelde van de gemeten geuremissies bij deze vier bronnen gebruikt om de(zelfde) geuremissiefactor voor zowel vleeskalveren (categorie A4) als vleesstieren en overige vleesvee (A6) vast te stellen.

Geiten
Voor de huidige geuremissiefactor voor geiten ouder dan 1 jaar (categorie C1; 18,8 OU_E/s per dier) is het geometrisch gemiddelde van de resultaten uit twee onderzoeken (zie Tabel 2.6) gebruikt (Ogink, 2016).

Varkens
Voor het vaststellen van de geuremissiefactor voor varkens zijn er meerdere datasets beschikbaar, waar (met uitzondering van de dragende zeugen) onderscheid is gemaakt tussen conventionele en emissiearme systemen. Deze resultaten zijn in Mol en Ogink (2002) samengevoegd en geanalyseerd, en worden in Tabel 2.6 samengevat.

Tabel 2.6 *Beschikbare referentiebronnen voor totstandkoming geuremissiefactoren per diercategorie.*

Diercategorie	Bron	Geuremissie
Jongvee	---	Niet vastgesteld
Vleeskalveren	Ogink en Lens (2001)	37,7
	Beurskens en Hol (2004)	43,9
	Beurskens e.a. (2004a)	37,8
	Ogink en Lens (2001)	25,6
Geiten	Huis in 't Veld e.a. (2002)	18,2
	Beurskens e.a. (2004b)	19,5
Biggen	Mol en Ogink (2002)	Conventioneel: 7,8
		Emissiearm: 5,4
Vleesvarkens	Mol en Ogink (2002)	Conventioneel: 23,0
		Emissiearm: 17,9
Dragende zeugen	Mol en Ogink (2002)	18,7

3 Materiaal en methoden

In dit hoofdstuk worden de stal en bedrijfskenmerken, meetstrategie, meetapparatuur en berekeningsmethodiek kort beschreven. In Bijlagen A en B worden de gebruikte meetapparatuur en het CO_2-productiemodel toegelicht.

3.1 Stal en bedrijfskenmerken

3.1.1 Jongvee

Er zijn metingen uitgevoerd op vier verschillende bedrijven. Drie van de vier bedrijven waren melkveebedrijven met een aparte stal voor jongveehuisvesting. Het vierde bedrijf was een jongvee-opfokbedrijf. Op dit bedrijf werd alleen het jongvee van een andere melkveehouder opgefokt van kalf tot hoogdrachtige pink. De bedrijven worden hier verder gecodeerd weergegeven: JV1 tot en met JV4. De dieren werden gehouden in een ligboxenstal voor jongvee met ligboxen, een roostervloer en een voergang. Het aantal dierplaatsen voor jongvee is gelijk gesteld aan het aantal beschikbare ligboxen. Op de bedrijven JV1, JV3 en JV4 waren er voor de jongste dieren strohokken aanwezig. De stal op bedrijf JV4 bestond uit 2 afzonderlijk afdelingen. De afdeling met de jongste dieren (tot ca 6 maanden leeftijd) werd mechanisch geventileerd. Bij deze afdeling werd de lucht via een buizensysteem boven de leefruimtes van de dieren in de afdeling gebracht en weer afgezogen met een ventilator in het midden van de afdeling. De andere afdeling (voor dieren ouder dan 6 maanden) was, net zoals bij de andere bedrijven, natuurlijk geventileerd. De buitenlucht kwam via de zijwanden (met windbreekgaas) de stal binnen en werd voor een groot deel via de nok naar buiten afgevoerd. In de stallen waren de dieren in leeftijdsgroepen verdeeld. Binnen een groep hadden ze voldoende ligplekken (ligboxen), loopruimte (betonnen roostervloer) en vreetruime (voerhek langs de voergang). In ieder hok was ook een drinkbak aanwezig. In de strohokken konden de dieren ook vrij bewegen binnen het hok. De jongste dieren kregen tot de leeftijd van ongeveer 10 weken melk gevoerd, daarnaast hadden ze de beschikking over hooi en water. Het overig jongvee kreeg een beperkte hoeveelheid krachtvoer, en onbeperkt ruwvoer. Bij alle stallen werd de mest opgeslagen in de mestkelder, alle bedrijven waren volledig onderkelderd.

In Tabel 3.1 worden de belangrijkste kenmerken van de meetlocaties naast elkaar gepresenteerd.

3.1.2 Blankvleeskalveren

Er zijn metingen uitgevoerd in vier afdelingen met blankvleeskalveren op vier verschillende bedrijven met een traditioneel huisvestingssysteem. Bij deze diergroep bestaat het rantsoen voor een groot deel uit melkproducten aangevuld met krachtvoer en een beperkte hoeveelheid ruwvoer. De samenstelling van het rantsoen en de beperkte groeiperiode is bepalend voor deze diergroep. De bedrijven zijn in het rapport als volgt gecodeerd: VKB1 tot en met VKB4. De dieren werden in groepen gehouden en hadden een leefruimte van minimaal 1,8 m^2 per dier. De hokken waren voorzien van traditionele hardhouten roosters (100% roostervloer). Onder de vloer bevond zich een mestkelder met grote verschillen in mestcapaciteit (van 350 m^3 bij bedrijf 1, tot 1500 m^3 bij bedrijf 3). De afdelingen werden mechanisch geventileerd. Op deze bedrijven werd het all-in all-out systeem toegepast. De dieren werden met een gewicht van gemiddeld 49 kg opgezet en groeiden in gemiddeld 197 dagen tot een eindgewicht van gemiddeld 293 kg. De groei per dag was voor bedrijven 1 t/m 3 vergelijkbaar, bij bedrijf 4 was de groei beduidend hoger (vergelijkbare lengte van de productieronde, zwaardere dieren afgeleverd). Bij alle bedrijven kregen de dieren kalvermelkpoeder, mengvoer en kleine hoeveelheden stro.

In Tabel 3.2 worden de belangrijkste kenmerken van de meetlocaties naast elkaar gepresenteerd.

3.1.3 Rosévleeskalveren

De metingen vonden plaats op vier gesloten bedrijven voor rosévleeskalveren met een traditioneel huisvestingssysteem. Deze diergroep kenmerkt zich doordat de houderij in twee fasen verloopt: een opfokfase en een afmestfase. De dieren krijgen in de opfokfase nog melkproducten, maar in de afmestfase bestaat het rantsoen geheel uit krachtvoer en ruwvoer. Gesloten bedrijven kenmerken zich hierin dat beide fasen op hetzelfde bedrijf plaatsvinden en er tussentijds geen dieren worden aan- of afgevoerd. Op twee van deze bedrijven (VKR1 en VKR2) zijn de uitgevoerde metingen al eerder in Mosquera e.a. (2022) gerapporteerd. Aangezien het meetprotocol een minimum aantal van vier bedrijven vereist, zijn deze resultaten gecombineerd met de twee nieuwe gemeten bedrijven (VKR3 en VKR4).

De dieren werden (zowel in de opfok- als in de afmestfase) in groepen in hokken gehouden. De leefruimte van de dieren was minimaal 1,5 m^2 per dier tijdens de opfokfase, en minimaal 1,8 m^2 per dier tijdens de afmestfase. Bij alle gemeten afdelingen bevond zich, onder de roosters, een mestkelder met een mestcapaciteit die varieerde bij de opfokfase tussen 85 m^3 (VKR1) en 2333 m^3 (VKR3), en bij de afmestfase tussen 189 m^3 (VKR1) en 1927 m^3 (VKR4). De afdelingen werden mechanisch geventileerd. In de opfokfase werden de dieren met een gewicht van 52-55 kg (gemiddelde over de vier bedrijven: 54 kg) opgezet en groeiden in 66-99 dagen (gemiddelde: 83 dagen) tot een eindgewicht van 117-166 kg (gemiddelde: 133 kg). De dieren werden daarna overgeplaatst naar andere afdelingen waar ze in 118-150 dagen (jong rosé; VKR1, VKR3 en VKR4; gemiddeld: 139 dagen) of 199 dagen (oud rosé: VKR2) verbleven tot een eindgewicht van 321-348 kg voor jong rosé (gemiddeld: 331 kg) en 410 kg voor oud rosé. Bij alle bedrijven kregen de dieren gemengd voer (ruwvoer met krachtvoer), en in de opfokfase kalvermelkpoeder.

In Tabel 3.3 worden de belangrijkste kenmerken van de meetlocaties naast elkaar gepresenteerd.

3.1.4 Geiten

De metingen vonden plaats in vijf verschillende geitenstallen op vijf verschillende bedrijven. Bij deze diergroep worden de geiten tweemaal (soms driemaal) per dag gemolken. Afhankelijk van het management op een bedrijf wordt gedurende een korte periode veel lammeren geboren. De aanwas van jonge dieren (vaak vlak voor lammeren) wordt als groep tegelijk in de stal geplaatst. De bedrijven zijn als volgt gecodeerd: G1 tot en met G5. Drie van de vijf gemeten stallen (G3 t/m G5) werden mechanisch geventileerd. Dit betekent dat het klimaat in de stal werd gereguleerd door de klimaatcomputer. Door de klimaatcomputer werd stal-, buitentemperatuur en het ventilatiedebiet gemeten en op basis van de instellingen, werd indien nodig, de inlaatopening en het ventilatiedebiet aangepast. De overige 2 gemeten stallen (G1 en G2) waren natuurlijk geventileerd. De hoeveelheid ventilatie kon hier alleen worden gereguleerd door de inlaatopeningen in hoogte te variëren. Alle vijf de locaties waren zogenaamde potstallen waarbij er meerdere strooiselruimtes beschikbaar waren als leefruimte en met 1 of meer voergangen afhankelijk van de inrichting en de grootte van de stal. Het beschikbare leefoppervlak per dier (uitgerekend op basis van de dierplaatsen) varieerde tussen 1,2 en 1,3 m^2 per dier.

Bij alle bedrijven verbleven de dieren in de stal tijdens het melken, waarbij gebruik werd gemaakt van een wachtruimte om de dieren per pot als groep te kunnen melken. In stal G4 werd de wachtruimte tijdens het melken ook gebruikt voor geiten uit een andere stal. Deze waren ongeveer een half uur per melkbeurt in de stal.

De potten werden op alle locaties regelmatig leeggehaald (elke maand tot eens in de 3 maanden afhankelijk van het seizoen) en dagelijks ingestrooid.

Op drie bedrijven werden de dieren eenmaal per dag gevoerd. Tijdens het voeren stond de deur van de voergang open. Gedurende de dag werd het voer regelmatig (meestal handmatig) aangeveegd. Bij de overige 2 bedrijven (G4 en G5) werd automatisch gevoerd (gemiddeld zes maal per dag). Ook het aanvegen van het voer was bij deze stallen geautomatiseerd. Bij het voeren en het aanvegen werd de deur van de voergang voor binnenkomst automatisch geopend en na de doorgang weer gesloten. Na het voeren of aanvegen werd de deur ook weer automatisch geopend en gesloten. Bij bedrijf G4 werd de ruimte achter de voergangdeuren gebruikt als tijdelijke mestopslag. Door de broei van de mest kwam het voor dat de NH_3-concentratie in deze beperkt geventileerde ruimte kon oplopen.

In Tabel 3.4 worden de belangrijkste kenmerken van de meetlocaties naast elkaar gepresenteerd.

3.1.5 Biggen

De gerapporteerde resultaten hebben betrekking op metingen die uitgevoerd zijn in acht afdelingen op acht verschillende bedrijven voor biggen (code: BG1 tot en met BG8). Deze diergroep betreft de periode direct na het spenen tot de verplaatsing naar een hok voor vleesvarkens. De dieren werden met een gewicht van gemiddeld 7 kg opgelegd en groeiden in gemiddeld 43 dagen tot een eindgewicht van gemiddeld 24 kg (gemiddelden op basis van gegevens van alle acht bedrijven). Op vier van deze bedrijven (BG1 t/m BG4) zijn de metingen binnen dit project uitgevoerd. De dieren werden op deze vier bedrijven in groepen gehouden, en hadden een leefruimte van minimaal 0,30 m^2 per dier. Op één bedrijf (BG2) waren de hokken voorzien van een gedeeltelijk roostervloer, bij de andere drie bedrijven was dit een volledig roostervloer. Naast deze vier locaties zijn nog vier locaties meegenomen voor het bepalen van de emissieniveaus en het effect van management- en omgevingsparameters. Het betreft twee locaties met een gedeeltelijk roostervloer (BG5 en BG6) en twee locaties met een volledig roostervloer (BG7 en BG8), waarvan de resultaten in Winkel e.a. (2011) zijn gerapporteerd. Op deze vier locaties hadden de dieren ook de beschikking over een leefruimte van minimaal 0,30 m^2 per dier. Bij alle locaties bevond zich onder de roostervloer een mestkelder, met grote verschillen in mestcapaciteit: ondiepe mestkelders (<0,6 m diep) bij bedrijven BG1 en BG5 t/m BG8, bij BG2 t/m BG4 was de kelder dieper (> 1 m diep). De afdelingen werden mechanisch geventileerd. Dit betekent dat het klimaat in de stal werd gereguleerd door de klimaatcomputer. Door het klimaatregelsysteem werden de stal- en buitentemperatuur en het ventilatiedebiet gemeten en op basis van de instellingen, werd indien nodig, het ventilatiedebiet automatisch aangepast.

In Tabel 3.5 worden de belangrijkste kenmerken van de meetlocaties naast elkaar gepresenteerd.

3.1.6 Vleesvarkens

De gerapporteerde resultaten hebben betrekking op metingen die uitgevoerd zijn in acht afdelingen op acht verschillende bedrijven voor vleesvarkens (code: VV1 tot en met VV8). De groeifase van deze diergroep is het vervolg op de biggenperiode die in de voorafgaande paragraaf is besproken. De dieren werden met een gewicht van gemiddeld 24 kg opgelegd en groeiden in gemiddeld 106 dagen tot een eindgewicht van gemiddeld 119 kg (gemiddelden op basis van gegevens van alle acht bedrijven; zie hoofdstuk 7.2). Op vier van deze bedrijven (VV1 t/m VV4) zijn de metingen binnen dit project uitgevoerd. De dieren werden op deze vier bedrijven in groepen gehouden, en hadden een leefruimte van minimaal 0,80 m^2 per dier. Op alle bedrijven waren de hokken voorzien van een gedeeltelijk roostervloer, waarbij het % dichte vloer varieerde tussen 40% en 62%. Naast deze vier locaties zijn nog vier locaties meegenomen voor het bepalen van de emissieniveaus en het effect van management- en omgevingsparameters. Het betreft vier locaties met een gedeeltelijk roostervloer (VV5 t/m VV8) die volgens het toen geldende meetprotocol zijn gemeten en waarvan de resultaten in Mosquera e.a. (2011c) zijn gerapporteerd. Op deze vier locaties hadden de dieren ook de beschikking over een leefruimte van minimaal 0,74 m^2 per dier. Bij alle 8 locaties bevond zich onder de roostervloer een mestkelder, echter bij de locaties VV1, VV7 en VV8 was ook de dichte vloer onderkelderd (de kelders onder de dichte en roostervloer zijn verbonden door openingen onderin de kelder). De verschillen in mestopslagcapaciteit (in de stal) waren groot. Bedrijven VV3 en VV5 hadden ondiepe mestkelders (<1 m diep; opslag <25 m^3). Bij de overige bedrijven was de kelder dieper (> 1,0 m diep), waarbij de bedrijven VV1, VV2 en VV7 een opslagcapaciteit hadden boven de 100 m^3. Bedrijven VV3, VV4 en VV5 hadden een opslagcapaciteit van <0,5 m^3 per dier, bij VV2 en VV6 was dit <1,0 m^3 per dier, en bij de andere drie bedrijven (VV1, VV7 en VV8) ≥1,0 m^3 per dier. De afdelingen werden mechanisch geventileerd. Dit betekent dat het klimaat in de stal werd geregeld met een klimaatcomputer. Door het klimaatregelsysteem werden de stal- en buitentemperatuur en het ventilatiedebiet gemeten en op basis van de instellingen, werd indien nodig, het ventilatiedebiet automatisch aangepast.

In Tabel 3.6 worden de belangrijkste kenmerken van de meetlocaties naast elkaar gepresenteerd.

3.1.7 Dragende zeugen

De gerapporteerde resultaten hebben betrekking op metingen die uitgevoerd zijn in zes afdelingen op zes verschillende bedrijven voor dragende zeugen (code: DZ1 tot en met DZ6). In een dragende zeugenafdeling worden vaak wekelijks dieren toegevoegd (drachtige dieren uit een dekstal) en dieren afgevoerd (drachtige zeugen die naar de kraamstal gaan). Gemiddeld genomen blijft daarmee het aantal dieren gelijk. Op vier van deze bedrijven (gecodeerd als DZ1 t/m DZ4) zijn de metingen binnen dit project uitgevoerd. De dieren werden op deze vier bedrijven in groepen gehouden, waarbij op bedrijf DZ1 en DZ3 de dieren in kleine groepen werden gehouden (< 70 dieren per groep) en op de bedrijven DZ2 en DZ4 de dieren in veel grotere groepen werden gehouden (>250 dieren per groep). Daarmee waren de bewegingsmogelijkheden van de zeugen bij de laatst genoemde bedrijven veel groter. De leefruimte per dier was echter vergelijkbaar; minimaal 2,1 m^2 per dier.

Bedrijf DZ2 en DZ4 waren vergelijkbaar, de stal was opgedeeld in rustruimtes (dichte vloer met regelmatig een afscheiding om de ruimtes te verdelen), eet- en drinkruimtes (voerstations en drinkbakken) en een loopruimte (roostervloer tussen de rustruimtes en eet/drink ruimte). Via selectiepoorten konden dieren apart worden gezet om te worden gecontroleerd, of te worden verplaatst. De verhouding dichte vloer : roostervloer was gemiddeld 48%:52%. Bij locatie DZ1 bestond de ruimte voor ongeveer de helft uit dichte vloer en de andere helft uit roostervloer. Het voersysteem hield tweemaal per dag vloervoedering in. Ook bij locatie DZ2 werd tweemaal per dag gevoerd maar dan in voerligboxen. Tussen de rijen voerligboxen lag een roostervloer. De verhouding was 62% dichte vloer : 38% roostervloer. De locaties DZ2 t/m DZ4 waren volledig onderkelderd. Bij locatie DZ1 was alleen een mestkelder onder de roostervloer aanwezig. Op alle vier de locaties was de kelder minimaal 1,0 m diep.

Naast deze vier locaties zijn nog twee locaties meegenomen voor het bepalen van de emissieniveaus en het effect van management- en omgevingsparameters. Het betreft locaties met gedeeltelijk roostervloer (gecodeerd als DZ5 t/m DZ6) die volgens het toen geldende meetprotocol zijn gemeten en waarvan de resultaten in Mosquera e.a. (2011b) zijn gerapporteerd. Op deze locaties werden de dieren ook in groepen gehouden en was de huisvesting te vergelijken met DZ2; de leefruimte was minimaal 2,1 m^2/dier. Bij deze eerder gemeten locaties was geen informatie verzameld over de aanwezige mestkelder. De afdelingen werden mechanisch geventileerd. Dit betekent dat het klimaat in de stal werd gereguleerd door de klimaatcomputer. Door het klimaatregelsysteem werden de stal- en buitentemperatuur en het ventilatiedebiet gemeten en op basis van de instellingen, werd indien nodig, het ventilatiedebiet automatisch aangepast. De dragende zeugen hadden een gemiddeld gewicht van 243 kg (gemiddelden op basis van gegevens uit bedrijven DZ1 t/m DZ4).

In Tabel 3.7 worden de belangrijkste kenmerken van de meetlocaties naast elkaar gepresenteerd.

Tabel 3.1 *Stalkenmerken: jongvee. dpl: dierplaats; n.v.t.: niet van toepassing.*

Kenmerken	JV1	JV2	JV3	JV4 jong	JV4 oud
Huisvestingssysteem	A3.100 Overige huisvestingssystemen	A3.100 Overige huisvestingssystemen	A3.100 Overige huisvestingssystemen	A3.100 Overige huisvestingssystemen	A3.100 Overige huisvestingssystemen
Algemene omschrijving	Ligboxenstal met strohokken	Ligboxenstal met strohokken	Ligboxenstal	Strohokken (met ligboxen)	Ligboxenstal
Aantal dierplaatsen	97	62	194	39	70
Oriëntatie van de stal	N-Z	N-Z	W-O	NO-ZW	NO-ZW
Afmetingen stal (lengte [m] x breedte [m])	35,7 x 20,0	27,4 x 14,0	50,0 x 25,5	16,4 x 19,8	23,1 x 19,8
Goot- en nokhoogte [m]	2,1; 5,5	2,4; 6,0	1,9; 6,2	4,7; 8,8	4,7; 8,8
Inhoud [m^3/dierplaats]	28,0	25,9	26,7	56,2	44,2
Mestkelder (diepte [m]; inhoud [m^3])	1,65 ; 1180	1,40 ; 536	1,60 ; 1410	2,40 ; 779	2,40 ; 1098
Leefruimte tot 3,5 maanden			Niet aanwezig		Niet aanwezig
Strohok (aantal, aantal dierplaatsen)	2; 16	3; 9 en 4 eenlingboxen	n.v.t.	3 ; 12	n.v.t.
Leefoppervlak (m^2 per dierplaats en verdeling stro/roostervloer [%])	4,0; 74	3,2; 100	n.v.t.	5,7 ; 64	n.v.t.
Leefruimte tot 1 jaar					Niet aanwezig
strohok aantal dierplaatsen, leefoppervlakte m^2/dierplaats en verdeling stro/roostervloer [%]	1; 4; 4,0; 43	n.v.t.	n.v.t.	3 ; 12 ; 5,7 ; 64	n.v.t.
Ligboxen (aantal); roostervloer (m^2/dpl)	35; 2,6	31; 2,7	96; 2,9	15; 1,4	n.v.t.
Leefruimte vanaf > 1 jaar				Niet aanwezig	
Ligboxen (aantal); roostervloer (m^2/dpl)	42; 3,8	18; 3,0	98; 2,2	-	70; 3,0
Ventilatie	Natuurlijk	Natuurlijk	Natuurlijk	Mechanisch; gelijk druk	Natuurlijk
Inlaat: beschrijving	windbreekgaas + afdekzijl aan beide lengtezijden	windbreekgaas + afdekzijl aan beide lengtezijden	windbreekgaas en afdekzijl aan beide lengtezijden	Buisventilatie[2]	windbreekgaas +afdekzijl aan beide lengtezijden
Uitlaat: beschrijving	Open nok (lengte van de stal)	Open nok (lengte van de stal)	Open nok (lengte van de stal)	Ventilatiekoker in de nok	4 ronde openingen in de nok
aantal ventilatoren (diameter)	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	1 ventilator (Φ:63 cm)	n.v.t.
maximale capaciteit	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	264 m^3/uur/dier	n.v.t.
Management					
Gewichtstraject [kg]	50-600	50-600	100-600	50-200	200-600
Afvoerregime mest	Regelmatig kleine hoeveelheden naar andere stal	Tijdens het groeiseizoen (maart tot augustus)	Tijdens het groeiseizoen (maart tot augustus)	Tijdens het groeiseizoen (maart tot augustus)	Tijdens het groeiseizoen (maart tot augustus)
Voersysteem[1]					
Dieren tot 3 maanden	Kunstmelk, hooi en krachtvoer	Kunstmelk, hooi en krachtvoer	Niet aanwezig	Kunstmelk, hooi en krachtvoer	Niet aanwezig
Dieren tot 1 jaar	hooi en ingekuild gras en beperkt krachtvoer	hooi en ingekuild gras en beperkt krachtvoer	hooi en ingekuild gras en beperkt krachtvoer	hooi en ingekuild gras en beperkt krachtvoer	Niet aanwezig
Dieren vanaf 1 jaar	Ingekuild gras en beperkt krachtvoer	Ingekuild gras en beperkt krachtvoer	Ingekuild gras en beperkt krachtvoer	Niet aanwezig	Ingekuild gras en beperkt krachtvoer

[1]dieren krijgen onbeperkt ruwvoer en water aangeboden

[2] buisventilatie bestaat uit een plastic zak die als een buis boven de beide leefomgevingsruimtes van de kalveren hangt. In deze buis zijn gaten gemaakt die zorgt dat de ingaande lucht rustig en goed verdeeld over de ruimte wordt verspreid. Er is sprake van gelijk druk waarbij evenveel lucht wordt binnengelaten als dat wordt afgevoerd

Tabel 3.2a *Stalkenmerken: blankvleeskalveren (dit onderzoek).*

Kenmerken	**VKB1**	**VKB2**	**VKB3**	**VKB4**
Huisvestingssysteem	A4.100 Overige huisvestingssystemen	A4.100 Overige huisvestingssystemen	A4.100 Overige huisvestingssystemen	A4.100 Overige huisvestingssystemen
Algemene omschrijving	Groepshuisvesting	Groepshuisvesting	Groepshuisvesting	Groepshuisvesting
Aantal dierplaatsen	128	446	360	242
Afmetingen stal/afdeling (lengte [m] x breedte [m])	36,0 x 9,9	54,5 x 22,6	40,7 x 26,0	36,2 x 20,8
Goot- en nokhoogte [m]	2,4; 4,6	2,5; 7,0	2,7; 8,1	2,5; 6,9
Inhoud [m^3/dierplaats]	9,7	13,1	16,1	14,6
Mestkelder (diepte [m]; inhoud [m^3])	1,35 ; 346	0,50 ; 656	1,65 ; 1746	0,75 ; 354
Leefruimte dieren				
Aantal hokken	16	59	60	48
Leefoppervlak [m^2 per dier]	2,00	1,90	1,80	1,8
Beschrijving leefoppervlak	100% roostervloer (hout)	100% roostervloer (hout)	100% roostervloer (hout met rubber toplaag)	100% roostervloer (hout met rubber toplaag)
Ventilatie				
Inlaat oppervlakte [m^2/dier]	0,02; indirect via ventilatiegang;	0,04; indirect via ventilatiegang;	0,06; direct vanaf buiten	0,05; direct vanaf buiten
beschrijving	Deur met rolluik	Deur met rolluik	Deur met rolluik	Deur met rolluik
Ventilatie beschrijving	Mechanisch (nokventilatie)	Mechanisch (nokventilatie)	Mechanisch (nokventilatie)	Mechanisch (nokventilatie)
aantal ventilatoren (diameter)	2 ventilatoren (Φ:82 cm)	6 ventilatoren (Φ:72 cm) 1 ventilator (Φ:82 cm)	5 ventilatoren (Φ:82 cm)	5 ventilatoren (Φ:82 cm)
maximale capaciteit	250 m^3/uur/dier	204 m^3/uur/dier	222 m^3/uur/dier	331 m^3/uur/dier
Management				
Lengte productieronde [dagen]	204	192	193	196
Gewichtstraject [kg]	42-291	48-292	46-293	55-339
Mestverwijdering en frequentie	Meerdere keren per jaar	Meerdere keren per jaar	Voornamelijk in het voorjaar	Meerdere keren per jaar
Voersysteem				
melk	2x daags beperkt, handmatig	2x daags beperkt, automatisch	2x daags beperkt, handmatig	2x daags beperkt handmatig
ruwvoer	Onbeperkt, automatisch	Onbeperkt, automatisch	Onbeperkt, automatisch	Onbeperkt, handmatig
Drinkwatersysteem	Drinknippels, onbeperkt	Trog, beperkt automatisch	Drinknippels, onbeperkt	Drinkbakjes, onbeperkt

Tabel 3.2b *Stalkenmerken: blankvleeskalveren (Mosquera e.a., 2017b); n.b.: niet bekend.*

Kenmerken	**VKB5**	**VKB6**
Huisvestingssysteem	A4.100 Overige huisvestingssystemen	A4.100 Overige huisvestingssystemen
Algemene omschrijving	Groepshuisvesting	Groepshuisvesting
Aantal dierplaatsen	40	76
Afmetingen afdeling (lengte [m] x breedte [m])	15,0 x 6,8	22,7 x 8,0
Goot- en nokhoogte [m]	n.b.	n.b.
Inhoud [m^3/dierplaats]	n.b.	n.b.
Mestkelder (diepte [m]; inhoud [m^3])	0,50 ; 36	1,15 ; 157
Leefruimte dieren		
Aantal hokken	8	12
Leefoppervlak [m^2 per dier]	1,80	1,80
Beschrijving leefoppervlak	100% roostervloer (hout)	100% roostervloer (hout)
Ventilatie		
Inlaat oppervlakte [m^2/dier]	n.b.; indirect via ventilatiegang;	n.b.; indirect via ventilatiegang;
Inlaat beschrijving	Deur	Deur
Ventilatie beschrijving	Mechanisch (nokventilatie)	Mechanisch (nokventilatie)
aantal ventilatoren (diameter)	1 ventilatoren (Φ:45 cm)	2 ventilatoren (Φ:40 cm)
maximale capaciteit	150 m^3/uur/dier	118 m^3/uur/dier
Management		
Lengte productieronde [dagen]	185	203
Gewichtstraject [kg]	47-231	43-238
Mestverwijdering en frequentie	Meerdere keren per jaar	Meerdere keren per jaar
Voersysteem		
melk	n.b.	n.b.
ruwvoer	n.b.	n.b.
Drinkwatersysteem	n.b.	n.b.

Tabel 3.3a *Stalkenmerken: rosévleeskalveren (opfok).*

Kenmerken	VKR1	VKR2	VKR3	VKR4
Huisvestingssysteem	A4.100 Overige huisvestingssystemen	A4.100 Overige huisvestingssystemen	A4.100 Overige huisvestingssystemen	A4.100 Overige huisvestingssystemen
Algemene omschrijving	Stal met 3 afdelingen in 1 ruimte groepshuisvesting	Stal met 5 afdelingen in 1 ruimte groepshuisvesting	Stal met 1 afdeling groepshuisvesting	Stal met 1 afdeling groepshuisvesting
Aantal dierplaatsen	156	274	505	272
Afmetingen stal (lengte [m] x breedte [m])	20,0 x 21,6	37,5 x 18,6	58,0 x 27,4	60,0 X 12,5
Goot- en nokhoogte [m]	2,5; 6,0	2,3; 6,7	3,0; 7,8	4,5 [1]
Inhoud [m3/dierplaats]	12,3	11,5	17,0	12,4
Mestkelder (diepte [m]; inhoud [m^3])	0,30; 85[2]	0,50; 336[2]	1,50; 2333	2,18; 1638
Leefruimte dieren				
Totaal aantal hokken	30	50	51	24
Leefoppervlak [m^2 per dier]	1,8	1,6	1,5	1,6
Beschrijving leefoppervlak	100% roostervloer (hout)	100% roostervloer (hout met rubber toplaag)	100% roostervloer (hout)	100% roostervloer (beton met rubber toplaag)
Ventilatie				
Inlaat oppervlakte [m^2/dier]	0,06; direct vanaf buiten	0,05; direct vanaf buiten	0,02; direct vanaf buiten	0,03; indirect via plafond
beschrijving	Dubbele deur voor inlaatdosering	Deur met rolluik	Dubbele deur voor inlaatdosering	Sleuf midden in het plafond, over de gehele lengte van de afdeling
Ventilatie omschrijving	Mechanisch (nokventilatie)	Mechanisch (nokventilatie)	Mechanisch (nokventilatie)	Mechanisch (centrale afzuiging)
aantal ventilatoren (diameter)	3 ventilatoren (Φ: 50 cm)	5 ventilatoren (Φ: 50 cm)	4 ventilatoren (Φ: 82 cm)	4 ventilatoren (Φ: 56 cm)
maximale capaciteit	138 m^3/uur/dier	130 m^3/uur/dier	127 m^3/uur/dier	135 m^3/uur/dier
Management				
Lengte productieronde [dagen]	99	94	74	66
Gewichtstraject [kg]	54-166	53-137	52-117	55-112
Mestverwijdering en frequentie	Meerdere keren per jaar	Voornamelijk in het voorjaar	Voornamelijk in het voorjaar	Voornamelijk in het voorjaar
Voersysteem				
Melk	2x daags, handmatig	2x daags	2x daags	2x daags
Ruwvoer	1x daags, onbeperkt, handmatig	1x daags, onbeperkt, handmatig	1x daags, onbeperkt, handmatig	1x daags, onbeperkt, handmatig
Drinkwatersysteem	Drinkbakjes, onbeperkt	Drinkbakjes, onbeperkt	Drinkbakjes, onbeperkt	Drinkbakjes, onbeperkt

[1]de opfokafdeling ligt tussen beide afmest-afdelingen in en heeft geen nok, alleen een plafond

[2] ondiepe opslag onder de roosters, diepere mestopslag onder de centrale loopgang (of een deel daarvan)

Tabel 3.3b *Stalkenmerken: rosévleeskalveren (afmest); n.b.: niet bekend.*

Kenmerken	**VKR1**	**VKR2**	**VKR3**	**VKR4**
Huisvestingssysteem	A4.100 Overige huisvestingssystemen	A4.100 Overige huisvestingssystemen	A4.100 Overige huisvestingssystemen	A4.100 Overige huisvestingssystemen
Algemene omschrijving	Stal met 1 afdeling groepshuisvesting	Stal met 1 afdeling groepshuisvesting	Stal met 1 afdeling groepshuisvesting	Stal met 1 afdeling groepshuisvesting
Aantal dierplaatsen	82	286	240	270
Afmetingen stal (lengte [m] x breedte [m])	20,0 x 9,9	55,0 x 14,5	Stal: 41,0 x 15,0	68,0 x 13,0
Goot- en nokhoogte [m]	2,5; 6,0	3,5; 7,6	3,7; 6,5	3,5; 7,6
Inhoud [m^3/dierplaats]	10,2	15,4	12,9	18,2
Leefruimte dieren				
Totaal aantal hokken	10	26	16	27
Leefoppervlak [m^2 /dier]	1,8	1,8	1,8	1,9
Beschrijving leefoppervlak	100% roostervloer (hout)	100% roostervloer (hout met rubber toplaag)	100% roostervloer (beton)	100% roostervloer (Beton met rubber toplaag)
Mestkelder (diepte [m]; inhoud m^3)	1,20 m; 189 m^3	2,25 m; 1158 m^3	1,50 m; 922 m^3	2,18 m; 1927 m^3
Ventilatie				
Inlaat oppervlakte [m^2/dier]	0,03; direct van buiten	n.b.; direct van buiten	0,05; direct van buiten	n.b.; direct van buiten
beschrijving	Dubbele deur voor inlaatdosering	Kleppen verdeeld over de hele lengte van beide zijmuren	Dubbele deur voor inlaatdosering	Kleppen verdeeld over de hele lengte van beide zijmuren
Ventilatie omschrijving	Mechanisch (nokventilatie)	Mechanisch (nokventilatie)	Mechanisch (nokventilatie)	Mechanisch (centrale afzuiging)
aantal ventilatoren (diameter)	1 ventilator (Φ: 63 cm)	4 ventilatoren (Φ: 82 cm)	3 ventilatoren (Φ: 82 cm)	4 ventilatoren (Φ: 82 cm)
maximale capaciteit	126 m^3/uur/dier	224 m^3/uur/dier	200 m^3/uur/dier	237 m^3/uur/dier
Management				
Lengte productieronde [dagen]	118	199	150	149
Gewichtstraject [kg]	166-348	136-410	121-321	114-323
Mestverwijdering en frequentie	Meerdere keren per jaar	Voornamelijk in het voorjaar	Voornamelijk in het voorjaar	Voornamelijk in het voorjaar
Voersysteem				
Ruwvoer	2x daags, onbeperkt, handmatig	1x daags, onbeperkt, handmatig	1x daags, onbeperkt, handmatig	2x daags, onbeperkt, handmatig
Drinkwatersysteem en drinktijden	Drinkbakjes, onbeperkt	Drinkbakjes, onbeperkt	Drinkbakjes, continue	Drinkbakjes, continue

Tabel 3.4 *Stalkenmerken: geiten.*

Kenmerken	G1	G2	G3	G4	G5
Huisvestingssysteem	C1.100 Overige huisvestingssystemen	C1.100 Overige huisvestingssystemen	C1.100 Overige huisvestingssystemen	C1.100 Overige huisvestingssystemen	C1.100 Overige huisvestingssystemen
Aantal dierplaatsen	900	900	1050	600	1676
Oriëntatie van de stal	ZW-NO	N-Z	ZO-NW	N-Z	W-O
Afmetingen stal					
Lengte [m] x Breedte [m]	65 x 26	75,6 x 27,4	48,1 x 37,3	62,7 x 24,6	65,1 x 50,9
Goot- en nokhoogte [m]	Goothoogte: 3 m Nokhoogte: 9 m	Goothoogte: 2,5 m Nokhoogte: 7,5 m	Goothoogte: 3,5 m Nokhoogte: 10,6 m	Goothoogte: 2,8 m Nokhoogte: 7,7 m	Goothoogte: 3,5 m Nokhoogte: 7,1 m[1]
Inhoud [m^3/dier]	9,2	15,8	12,1	12,3	10,5
Leefruimte dieren					
Pot (aantal ruimtes)	4	4	4	4	6
Loopoppervlak (pot; m^2 per dier)	1,30	1,27	1,20	1,58	1,33
Oppervlakte wachtruimte (m^2/dier)	Geen wachtruimte in stal	0,13	0,10	0,09	0,07
Pot bijstrooien	Dagelijks ca 600 kg	Dagelijks ca 1050 kg	Twee maal per dag in totaal ca 1200 kg	Dagelijks ca 600 kg	Dagelijks ca 1350 kg
Pot uitmesten	Om de 2-3 maanden wordt een deel van de potruimtes uitgemest	Om de 2-3 maanden wordt een deel van de potruimtes uitgemest	In de winter elke 3 maanden, in de zomer elke 4-5 weken	iedere maand wordt een deel van de potruimtes uitgemest	Om de 2-3 maanden wordt een deel van de potruimtes uitgemest
Ventilatie					
Inlaat (beschrijving)	Openingen met windbreekgaas aan beide zijwanden van de stal. Handmatig afsluitbaar met zeil	Openingen met windbreekgaas aan beide zijwanden van de stal. Handmatig afsluitbaar met zeil	Inlaatventielen aan beide lengtezijden	Inlaatventielen aan beide lengtezijden	Inlaatventielen aan beide lengtezijden en inlaatopeningen in het dak voor de middelste potten
Ventilatie omschrijving	Natuurlijk (nokventilatie)	Natuurlijk (nokventilatie)	Mechanisch (nokventilatie)	Mechanisch (lengteventilatie)	Mechanisch (lengteventilatie)
aantal ventilatoren (diameter)			7 ventilatoren (Φ: 92cm)	4 ventilatoren (Φ: 92cm)	8 ventilatoren (Φ: 80cm)
maximale capaciteit			133 m^3/uur/dier	133 m^3/uur/dier	84 m^3/uur/dier
Melken	2x per dag ca 3,5 uur per keer	2x per dag ca 2,5 uur per keer	2x per dag ca 2,5 uur per keer	2x per dag ca 2,5 uur per keer	2x per dag ca 3,5 uur per keer
Melkgift [kg/dier/dag]	3,1	3,5	3,7	3,5	3,9
Vet [%]	4,1	4,2	4,0	4,0	3,9
Eiwit [%]	3,5	3,6	3,5	3,5	3,4
Ureumgehalte [mg/100g]	29,6	24,7	39	29,6	32,2
Rantsoen					
Voeropname (kg ds/dier/dag)	2,7	Onbeperkt	3,0	2,6	2,7
Aandeel gras/kuilgras (%)	31	3	17	25	50

[1]Een staldeel is later bijgebouwd en heeft een nokhoogte van 7,7 m

Tabel 3.5a *Stalkenmerken: biggen (dit onderzoek).*

Kenmerken	BG1	BG2	BG3	BG4
Huisvestingssysteem	D1.1.100 Overige huisvestingssystemen	D1.1.100 Overige huisvestingssystemen	D1.1.100 Overige huisvestingssystemen	D1.1.100 Overige huisvestingssystemen
Aantal dierplaatsen	120	270	60	310
Leefruimte dieren				
Aantal hokken en hokoppervlak	4 hokken; 11,6 m^2	6 hokken; 14,6 m^2	4 hokken; 6,8 m^2	12 hokken; 9,2 m^2
Leefoppervlak (m^2 per dier)	0,39	0,32	0,45	0,35
Beschrijving leefoppervlak	Volledig roostervloer (27% metalen roosters, 73% kunststof roosters)	Gedeeltelijk roostervloer (54% roosters, waarvan 66% van gietijzer en 34% van composiet)	Volledig roostervloer (23% metalen driekantrooster, 77% kunststofrooster)	Volledig roostervloer (100% kunststofrooster)
Beschrijving mestkelder (diepte; opslagcapaciteit)	Waterkanaal onder metalenrooster en mestkanaal onder kunststofrooster (0,6 m ; 27,8 m^3).	Onder de roostervloer (1,5 m ; 71,0 m^3).	Onder de roostervloer (1,2 m ; 32,6 m^3)	Mestkelder onder de roostervloer (1,0 m ; 110,4 m^3)
Ventilatie				
Luchtinlaat	Luchtinlaat via inlaatpunten aan de onder- en bovenkant van de deur bij de voergang	Luchtinlaat via de roostervloer in de voergang	Luchtinlaat via de roostervloer in de voergang	Luchtinlaat via een geperforeerd plafond
Ventilatie omschrijving aantal ventilatoren (diameter) maximale capaciteit	Mechanisch (nokventilatie). 1 ventilator (Φ: 45 cm) 50 m^3/uur/dier	Mechanisch (nokventilatie). 1 ventilator (Φ: 57 cm) 34 m^3/uur/dier	Mechanisch (nokventilatie). 1 ventilator (Φ: 35 cm) 47 m^3/uur/dier	Mechanisch (centrale afzuigkanaal). 1 ventilator (Φ: 56 cm) 30 m^3/uur/dier
Management				
Lengte productieronde (dagen)	45	47	35	49
Gewichtstraject	6-23 kg	6-25 kg	11-25 kg	7-25 kg
Mestverwijdering en -frequentie	Mestverwijdering bij volle mestkelder of wanneer de mest direct kan worden afgevoerd.	Mestverwijdering bij volle mestkelder of wanneer de mest direct kan worden afgevoerd.	Mestverwijdering bij volle mestkelder	Mestverwijdering bij volle mestkelder
Voer	Onbeperkt (brijbak)	Onbeperkt (droogvoerbak)	Onbeperkt (droogvoerbak)	Onbeperkt (brijbak)
Water	Onbeperkt (drinknippels in de brijbak)	Onbeperkt (drinknippels)	Onbeperkt (drinknippels met morsbakje)	Onbeperkt (drinknippels in brijbak)
Lichtregime	Eerste drie dagen blijft het licht aan, daarna alleen daglicht.	11 uur licht, tussen 7:00-18:00. Nadat de lampen uitgaan gaat een nachtlamp aan.	Daglicht	Daglicht

Tabel 3.5b *Stalkenmerken: biggen (Winkel e.a., 2011).*

Kenmerken	**BG5**	**BG6**	**BG7**	**BG8**
Huisvestingssysteem	D1.1.5 Halfrooster met verkleind mestoppervlak (maximaal 60% van het totale hokoppervlak bestaat uit een roostervloer)	D1.1.5 Halfrooster met verkleind mestoppervlak (maximaal 60% van het totale hokoppervlak bestaat uit een roostervloer)	D1.1.13 Volledig roostervloer met water- en mestkanalen, emitterend mestoppervlak kleiner dan 0,10 m2	D1.1.13 Volledig roostervloer met water- en mestkanalen, emitterend mestoppervlak kleiner dan 0,10 m2
Aantal dierplaatsen	80	80	130	75
Leefruimte dieren				
Aantal hokken en hokoppervlak	4 hokken; 6,1 m^2	8 hokken; 3,1 m^2	4 hokken; 11,6 m^2	1 hok; 22,5 m^2
Leefoppervlak (m^2 per dier)	0,30	0,30	0,36	0,30
Beschrijving leefoppervlak	Gedeeltelijk roostervloer (50% metalen roostervloer en 50% dichte bolle vloer)	Gedeeltelijk roostervloer (40% metalen roosters, 13% kunststof roosters, 47% dichte vloer)	Volledig roostervloer (24% metalen roosters, 76% kunststof roosters)	Volledig roostervloer (20% metalen roosters, 80% kunststof roosters)
Beschrijving mestkelder (diepte; opslagcapaciteit)	Onder de roostervloer (0,5 m ; 6,1 m^3)	Onder de roostervloer (0,5 m ; 6,6 m^3)	Mestkanaal onder metalen rooster en waterkanaal onder kunststofrooster (0,60 m ; 6,7 m^3).	Mestkanaal onder metalen rooster en waterkanaal onder kunststofrooster (0,45 m ; 2,0 m^3).
Ventilatie				
Luchtinlaat	Via het plafond (geperst stro).	Via het plafond (steenwolplaten).	Luchtinlaat via inlaatpunten aan de onder- en bovenkant van de deur bij de voergang.	Luchtinlaat via het plafond (steenwolplaten).
Ventilatie omschrijving aantal ventilatoren (diameter) maximale capaciteit	Mechanisch (nokventilatie). 1 ventilator (Φ: 35 cm) 35 m^3/uur/dier	Mechanisch (nokventilatie). 1 ventilator (Φ: 35 cm) 35 m^3/uur/dier	Mechanisch (nokventilatie). 1 ventilator (Φ: 40 cm) 34 m^3/uur/dier	Mechanisch (nokventilatie). 1 ventilator (Φ: 40 cm) 59 m^3/uur/dier
Management				
Lengte productieronde (dagen)	40	44	45	35
Gewichtstraject	6-23 kg	6-24 kg	6-25 kg	8-25 kg
Mestverwijdering en -frequentie	Mestverwijdering na iedere ronde	Mestverwijdering na iedere ronde	Mestverwijdering na iedere ronde	Mestverwijdering na iedere ronde
Voer	Droogvoer. Voerbak eenmaal per dag (rond 9:00) gevuld	Voorraadvoedering, droogvoer. Voerbak eenmaal per dag (rond 8:30) gevuld	Droogvoer. Voerbak eenmaal per dag gevuld	Droogvoer. Voerbak eenmaal per dag gevuld
Water	Onbeperkt (drinknippels in de voerbak)	Onbeperkt (drinknippels in de voerbak)	Onbeperkt (drinknippels in de voerbak)	Onbeperkt (drinkbakjes met nippels)
Lichtregime	Tussen 7:30 en 16:30 licht aan	Daglicht	Daglicht	Tussen 7:30-16:30 licht aan

Tabel 3.6a *Stalkenmerken: vleesvarkens (dit onderzoek).*

Kenmerken	**VV1**	**VV2**	**VV3**	**VV4**
Huisvestingssysteem	D3.100 Overige huisvestingssystemen	D3.100 Overige huisvestingssystemen	D3.100 Overige huisvestingssystemen	D3.100 Overige huisvestingssystemen
Aantal dierplaatsen	96	160	54	64
Leefruimte dieren				
Aantal hokken en hokoppervlak	8 hokken; 12,1 m^2	16 hokken; 8,0 m^2	6 hokken; 9,6 m^2	4 hokken; 12,7 m^2
Leefoppervlak (m^2 per dier)	1,0	0,8	1,1	0,79
Beschrijving leefoppervlak	Gedeeltelijk roostervloer (53% betonrooster, 47% bolle dichte vloer)	Gedeeltelijk roostervloer (60% betonrooster, 40% dichte vloer)	Gedeeltelijk roostervloer (32% metalen driekantrooster, 28% betonrooster, 40% dichte vloer)	Gedeeltelijk roostervloer (38% betonrooster, 62% dichte vloer)
Beschrijving mestkelder (diepte; opslagcapaciteit)	Volledig onderkelderd[1] (1,25 m ; 121 m^3).	Onder de roostervloer (1,5 m ; 115 m^3).	Onder de roostervloer (0,7 m ; 24 m^3)	Onder de roostervloer (1,2 m ; 23 m^3)
Ventilatie				
Luchtinlaat	Via afdelingsdeur.	Via het plafond (houtwolcementplaten).	Via een geperforeerd plafond.	Via afdelingsdeur.
Ventilatie omschrijving	Mechanisch (nokventilatie).	Mechanisch (nokventilatie).	Mechanisch (nokventilatie).	Mechanisch (zijwand achterste hok).
aantal ventilatoren (diameter)	2 ventilatoren (Φ: 45 cm)	1 ventilator (Φ: 71 cm)	1 ventilator (Φ: 45 cm)	1 ventilator (Φ: 50 cm)
maximale capaciteit	125 m^3/uur/dier	78 m^3/uur/dier	111 m^3/uur/dier	112 m^3/uur/dier
Management				
Lengte productieronde (dagen)	115	114	96	110
Gewichtstraject	25-122	24-132	23-110	25-120
Mestverwijdering en -frequentie	Eenmaal tot tweemaal per jaar	Na elke ronde mest afgevoerd	1 keer per half jaar	1 keer per half jaar tot een jaar
Voer	Een keer per dag droogvoer via droogvoerbak met drinknippel.	Brijvoer, drie keer per dag (6:00-13:00-20:00)	Onbeperkt (droogvoerbak)	Onbeperkt (droogvoerbak)
Water	Onbeperkt (drinknippels)	Onbeperkt (drinknippels)	Onbeperkt (drinkbakje)	Onbeperkt (drinknippels)
Lichtregime	Alleen daglicht	Daglicht, en daarnaast 8 uur licht (tussen 6:00-14:00) via lampen.	indirect daglicht	Beperkte verlichting met lampen

[1] De kelders onder de dichte en roostervloer zijn verbonden door openingen onderin de kelder

Tabel 3.6b *Stalkenmerken: vleesvarkens (Mosquera e.a., 2011c).*

Kenmerken	**VV5**	**VV6**	**VV7**	**VV8**
Huisvestingssysteem	D3.100 Overige huisvestingssystemen	D3.100 Overige huisvestingssystemen	D3.100 Overige huisvestingssystemen	D3.100 Overige huisvestingssystemen
Aantal dierplaatsen	66	60	120	55
Leefruimte dieren				
Leefoppervlak (m^2 per dier)	0,7	0,8	0,8	0,8
Beschrijving leefoppervlak	Gedeeltelijk roostervloer (17% kunststofrooster, 40% metalen driekantrooster, 43% dichte bolle betonvloer)	Gedeeltelijk roostervloer (50% betonroosters, 50% dichte vloer)	Gedeeltelijk roostervloer (53% betonroosters, 47% dichte vloer)	Gedeeltelijk roostervloer (56% betonroosters, 44% dichte betonvloer)
Beschrijving mestkelder (diepte ; opslagcapaciteit)	Onder het roostervloer (0,65 m ; 18 m^3)	Onder de roostervloer (1,7 m ; 38 m^3)	Volledig onderkelderd[1] (1,25 m ; 121 m^3).	Volledig onderkelderd[1] (1,25 m ; 58 m^3)
Ventilatie				
Luchtinlaat	Via afdelingsdeur.	Via een geperforeerd plafond.	Via afdelingsdeur.	Via een geperforeerd plafond.
Ventilatie omschrijving aantal ventilatoren (diameter) maximale capaciteit	Mechanisch (nokventilatie). 1 ventilator (Φ: 40 cm) 67 m^3/uur/dier	Mechanisch (nokventilatie). 1 ventilator (Φ: 45 cm) 100 m^3/uur/dier	Mechanisch (nokventilatie). 2 ventilatoren (Φ: 45 cm) 100 m^3/uur/dier	Mechanisch (nokventilatie). 1 ventilator (Φ: 45 cm) 109 m^3/uur/dier
Management				
Lengte productieronde (dagen)	104	102	105	103
Gewichtstraject	25-125	25-110	23-115	25-120
Mestverwijdering en -frequentie	Mestverwijdering na iedere ronde	Tweemaal per jaar (voorjaar en najaar)	Eenmaal tot tweemaal per jaar	Tweemaal per jaar (voorjaar en najaar)
Voer	Droogvoer. Voerbak eenmaal per dag in de avond gevuld	Droogvoer. Voerbak eenmaal per dag om 9:00 gevuld	Droogvoer. Voerbak eenmaal per dag tussen 6:00-9:00 gevuld	Droogvoer. Voerbak eenmaal per dag om 8:00 gevuld
Water	Onbeperkt (drinknippels in de voerbak)	Onbeperkt (drinknippels in de voerbak)	Onbeperkt (drinknippels in de voerbak)	Onbeperkt (drinkbakjes met nippels)
Lichtregime	Daglicht	Daglicht	Daglicht	Daglicht

[1] De kelders onder de dichte en roostervloer zijn verbonden door openingen onderin de kelder

Tabel 3.7a *Stalkenmerken: dragende zeugen (dit onderzoek); n.v.t.: niet van toepassing.*

Kenmerken	DZ1	DZ2	DZ3	DZ4
Huisvestingssysteem	D1.3.100 overige huisvestingssystemen, groepshuisvesting	D1.3.100 overige huisvestingssystemen, groepshuisvesting	D1.3.100 overige huisvestingssystemen, groepshuisvesting	D1.3.100 overige huisvestingssystemen, groepshuisvesting
Aantal dierplaatsen	70	280	350	300
Leefruimte dieren				
Aantal hokken/ligboxen	2 hokken	7 subafdelingen met ieder 40 ligboxen	Één grote ruimte	Één grote ruimte
Leefoppervlak (m^2 per dier)	2,2	2,5	2,3	2,1
Beschrijving leefoppervlak	Gedeeltelijk roostervloer (48% betonnen roosters, 52% dichte vloer)	Gedeeltelijk roostervloer (38% betonnen roosters, 62% dichte vloer)	Gedeeltelijk roostervloer (44% betonnen roosters, 56% dichte vloer)	Gedeeltelijk roostervloer (59% betonnen roosters, 41% dichte vloer)
Beschrijving mestkelder (diepte; opslagcapaciteit)	Mestkelder onder het roostervloer (1,10 m; 79 m^3).	Volledig onderkelderd[1] (1,0 m ; 708 m^3).	Volledig onderkelderd (1,0 m ; 789 m^3)	Volledig onderkelderd (1,0 m 621 m^3)
Ventilatie				
Luchtinlaat	Via inlaatpunten (kopgevels) met balanskleppen boven de roosters.	Via ventielkleppen in de centrale gang waar de lucht via de roostervloer binnen komt	Via ventielkleppen aan beide buitenzijden van de stal	Via ventielkleppen aan de buitenzijde van de stal
Ventilatie omschrijving	Mechanisch (nokventilatie).	Mechanisch (via centraal afzuigkanaal)	Mechanisch (kopgevel naar drukkamer wasser)	Mechanisch (kopgevel)
aantal ventilatoren (diameter)	1 ventilator (Φ: 71 cm)	7 ventilatoren (Φ: 57 cm)	3 ventilatoren (Φ: 92 cm)	3 ventilatoren (Φ: 82 cm)
maximale capaciteit	179 m^3/uur/dier	230 m^3/uur/dier	159 m^3/uur/dier	160 m^3/uur/dier
Management				
Lengte productieronde (dagen)	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Gewichtstraject	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Mestverwijdering en -frequentie	Regelmatig, verspreid over het jaar	Regelmatig, verspreid over het jaar	Regelmatig, verspreid over het jaar	Regelmatig, verspreid over het jaar
Voer	Beperkt droogvoer. Twee keer per dag rond 7:00 en 19:30	Beperkt droogvoer. Twee keer per dag rond 7:30 en 17:30	Beperkt droogvoer, voerstation 24 uur bereikbaar	Beperkt droogvoer, voerstation 24 uur bereikbaar
Water	Onbeperkt (drinknippels)	Onbeperkt (drinknippels in de voertrog)	Onbeperkt (waterbakken)	Onbeperkt (drinknippels)
Lichtregime	Naast daglicht via de ramen, 8 uur per dag licht via lampen	Naast daglicht, circa 4 uur per dag rondom het voeren via lampen	Naast daglicht, continue lampen aan bij voerstation	Naast daglicht, 14 uur lampen aan

[1] De kelders onder de dichte en roostervloer zijn verbonden door openingen onderin de kelder

Tabel 3.7b *Stalkenmerken: dragende zeugen (Mosquera e.a., 2011b); n.b.: niet bekend.*

Kenmerken	**DZ5**	**DZ6**
Huisvestingssysteem	D1.3.100 Overige huisvestingssystemen, groepshuisvesting	D1.3.100 Overige huisvestingssystemen, groepshuisvesting
Aantal dierplaatsen	39	44
Leefruimte dieren		
Aantal hokken/ligboxen	2 rijen met 6 hokken	1 hok
Leefoppervlak (m^2 per dier)	2,45	2,12
Beschrijving leefoppervlak	Gedeeltelijk roostervloer (54% betonroostervloer en 46% dichte vloer)	Gedeeltelijk roostervloer (48% betonroostervloer en 52% dichte vloer)
Beschrijving mestkelder (diepte; opslagcapaciteit)	n.b.	n.b.
Ventilatie		
Luchtinlaat	Via centrale gang en met behulp van kleppen	Via speten in het plafond
Ventilatie omschrijving	Mechanisch (nokventilatie).	Mechanisch (nokventilatie).
aantal ventilatoren (diameter)	1 ventilator (ø: 45 cm)	1 ventilator (ø: 63 cm)
maximale capaciteit	154 m^3/uur/dier	234 m^3/uur/dier
Management		
Lengte productieronde (dagen)	n.v.t.	n.v.t.
Gewichtstraject	n.v.t.	n.v.t.
Mestverwijdering en -frequentie	Tweemaal per jaar	Tweemaal per jaar
Voer	Droogvoer. Beperkt en individueel, tweemaal per dag rond 7:30 en 16:30	Droogvoer. Beperkt en individueel, tweemaal per dag rond 7:30 en 16:30
Water	Beperkt tussen 8:30-10:00 en tussen 17:30-19:00 (drinknippels in de voerbak)	Beperkt tussen 8:30-10:00 en tussen 17:30-19:00 (drinknippels in de voerbak)
Lichtregime	Daglicht	Daglicht

3.2 Metingen

3.2.1 Meetstrategie

Tussen 2018-2023 zijn op vier jongveelocaties, vier bedrijven met blankvleeskalveren, vier bedrijven met rosévleeskalveren, 6 geitenlocaties, vier bedrijven met biggen, vier bedrijven met dragende zeugen, en vier bedrijven met vleesvarkens, de emissies van ammoniak (NH_3) en methaan (CH_4) continue gemeten. Naast deze continue metingen worden ook protocollaire metingen uitgevoerd om de emissies van ammoniak (NH_3), methaan (CH_4) en lachgas (N_2O), en voor een aantal geiten- en vleeskalverenbedrijven ook geur en PM10, volgens de richtlijnen van de huidige meetprotocollen (Ogink e.a. 2017; VERA, 2018) vast te stellen. Dit houdt in dat de protocollaire metingen met een gemiddelde frequentie van eens in de twee maanden zijn uitgevoerd (om de metingen over het jaar te verdelen en rekening te houden met mogelijke seizoenseffecten). Voor diercategorieën met een rechtlijnig toenemend emissiepatroon (vleeskalveren, biggen, vleesvarkens; voor jongvee geldt dit niet, aangezien over het algemeen dieren in de verschillende productiestadia in dezelfde afdeling worden gehuisvest, waardoor het gemiddelde gewicht van de dieren in de stal redelijk stabiel blijft) dienen deze metingen ook evenredig over de productiestadia worden verdeeld worden, met als voorwaarde dat binnen elke bedrijfslocatie de metingen zodanig verdeeld zijn dat de helft van de metingen in het eerste deel en de andere helft in het tweede deel van de productieperiode. Tenslotte dienen de metingen in het tweede deel van de productieperiode gelijkmatig over de jaarkwartalen te worden verdeeld.

De emissies (voor zowel de continue als voor de protocollaire metingen) zijn voor de natuurlijk geventileerde meetlocaties (jongvee, geiten) volgens de tracergas ratiomethode bepaald, met CO_2 als door dier en mest geproduceerde tracergas (zie hoofdstuk 3.3). Voor de mechanisch geventileerde stallen (vleeskalveren, varkens, jongvee en geiten) zijn de emissies bepaald door het verschil in concentratie tussen de stallucht en de binnenkomende lucht (met uitzondering van geur waar alleen stalconcentraties worden gemeten) te vermenigvuldigen met het ventilatiedebiet (zie hoofdstuk 3.3). Beide methoden vereisen nauwkeurige metingen van de concentraties van het te meten component in zowel de lucht die de afdeling verlaat (stallucht) als de binnenkomende lucht (buitenlucht). Hoewel de CO_2 in de stal niet direct bijdraagt aan het broeikasgaseffect (korte keten), wordt CO_2-productie in dit onderzoek wel gemeten omdat het nodig is voor het vaststellen van de emissies via de tracergas ratiomethode.

Voor het meten van de stalconcentraties van CH_4, NH_3 en N_2O is gebruik gemaakt van een monsternameleiding (polyethyleen (PE)) met een aantal bemonsteringspunten, om een gemengd luchtmonster met een gemiddelde stalluchtconcentratie te nemen. Voor de natuurlijk geventileerde stallen is de monsternameleiding in de lengte van de stal, ongeveer in het midden (zowel qua hoogte als stalbreedte) geplaatst. Het aantal bemonsteringspunten in deze leiding was afhankelijk van de lengte van de stal, met als voorwaarde een maximale afstand tussen bemonsteringspunten van 10 meter. Voor de mechanische geventileerde stallen met nokventilatie is op alle kokers een bemonsteringspunt geplaatst (Figuur 3.1). Voor de stallen met lengteventilatie is in ieder geval per groep ventilatoren een bemonsteringspunt aangebracht. Alle bemonsteringspunten zijn voorzien van kritische openingen en voorzien van een stoffilter (Figuur 3.1) om een constante en gecontroleerde monsternameflow door alle meetpunten mogelijk te maken. De aangezogen flow per meetpunt varieerde (tussen bedrijven, afhankelijk van het aantal meetpunten) tussen 400-1000 ml/min. De monsternameleiding is aangesloten op een meetbuis, waar de meetapparatuur voor continue concentratiemetingen is geplaatst. Op de meetbuis zijn een aantal tappunten aangebracht om bij de protocollaire metingen dezelfde lucht te bemonsteren als bij de continue metingen. De stallucht wordt met behulp van een pomp (LABOPORT® Membraan vacuümpomp model N840.1.2FT.18, KNF Verder BV) via de monsternameleiding en meetbuis aangezogen. Met de gebruikte pomp en kritische openingen wordt altijd een overflow gegarandeerd die voldoende is om, gelijktijdig aan de continue metingen, ook de protocollaire metingen uit te kunnen voeren.



Figuur 3.1 *Meetopstelling met monsternameleiding. Links: voorbeeld in een natuurlijk geventileerde geitenstal. Midden: voorbeeld in een mechanisch geventileerde stal; Rechts: voorbeeld van monsternamepunt met kritische opening en stoffilter.*

De ingaande luchtconcentraties zijn gemeten op de plek waar de lucht de stal/afdeling binnenkomt. Voor CO_2 zijn deze concentraties met een aparte sensor (zie hoofdstuk 3.2.2.1) continue gemeten en werden, na kalibratie (lab- en veldkalibratie; zie hoofdstuk 3.2.2 Meetapparatuur), gebruikt voor de emissieberekeningen. De NH_3- en CH_4-concentraties in de ingaande lucht zijn niet continue gemeten. Aangezien deze concentraties nodig zijn voor de bepaling van de emissies op dagbasis (zie hoofdstuk 3.3), is de volgende procedure (gebaseerd op de concentraties die tijdens de protocollaire metingen zijn gemeten) toegepast om op dagbasis een waarde voor de ingaande luchtconcentraties van NH_3 en CH_4 te bepalen:

1. Een meetperiode wordt gedefinieerd als de periode tussen 2 protocollaire metingen (m.a.w. aan het begin en aan het einde van een meetperiode is een protocollaire meting voor de ingaande luchtconcentraties uitgevoerd).
2. Voor alle meetdagen in de meetperiode tussen die twee protocollaire metingen wordt de ingaande luchtconcentratie gelijk gesteld aan de gemiddelde waarde van die twee protocollaire metingen.

Voor geur en fijnstof (PM10) zijn geen continue metingen uitgevoerd. De geur- en PM10-concentraties zijn alleen tijdens de protocollaire metingen (in duplo) bepaald. Voor PM10 zijn de concentraties zowel in de stallucht als in de ingaande lucht bepaald. Voor geur zijn alleen de concentraties in de stal gemeten. De geur- en PM10-stalconcentraties zijn op twee punten in de stal (duplo in de ruimte) gemeten. Voor geur is gebruik gemaakt van Teflon monsternameleidingen, voor PM10 van PVC-leidingen.

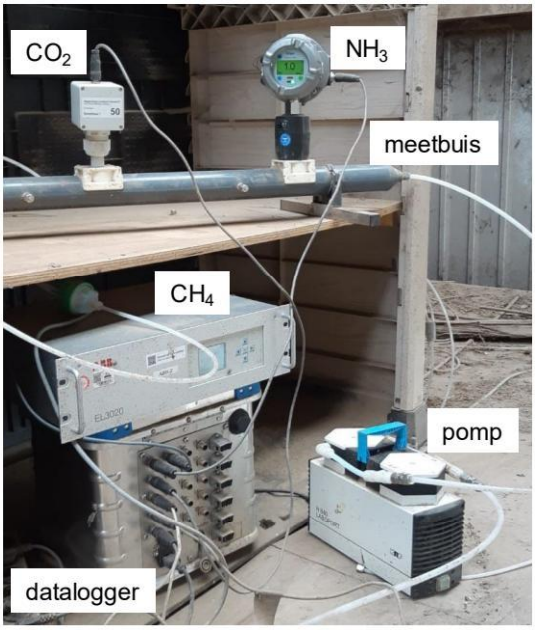
3.2.2 Meetapparatuur

3.2.2.1 Meetapparatuur voor continue metingen (concentraties)

Voor de continue metingen zijn door WLR de volgende instrumenten gebruikt (Figuur 3.2):

- NH_3: Dräger Polytron® 8000 (Dräger Safety AG & Co. KGaA, Duitsland). Deze elektrochemische sensoren zijn via openingen in de meetbuis geplaatst, zodat in de stroom van het gemengde stallucht in de meetbuis de lucht passief bemonsterd kan worden.
- CO_2: Vaisala CARBOCAP® Carbon Dioxide Probe GMP252 (Vaisala GmbH, Duitsland). Deze NDIR (Non-Dispersive Infrared) sensoren zijn via openingen in de meetbuis geplaatst, zodat ze in de stroom van de gemengde stallucht in de meetbuis de lucht passief kan worden bemonsterd.
- CH_4: ABB-Uras26 (ABB, Duitsland). Deze NDIR monitoren zijn via een PE-slang bij één van de tappunten in de meetbuis aangesloten. Via een interne pomp wordt lucht uit de meetbuis met een flow van ca. 1L/min aangezogen en door de meetcel in de monitor geleid om de CH_4-concentratie te bepalen.

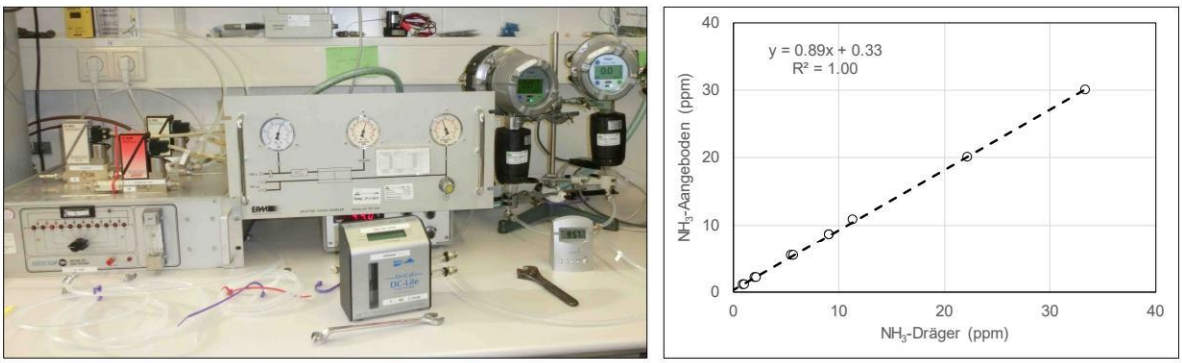
De gemeten concentraties (inclusief het signaal uit de meetwaaiers) in de stal werden elke 5 minuten in een datalogsysteem (CR1000X; Campbell Scientific Inc., Logan, VS) opgeslagen.



Figuur 3.2 *Meetopstelling WLR voor continue metingen.*

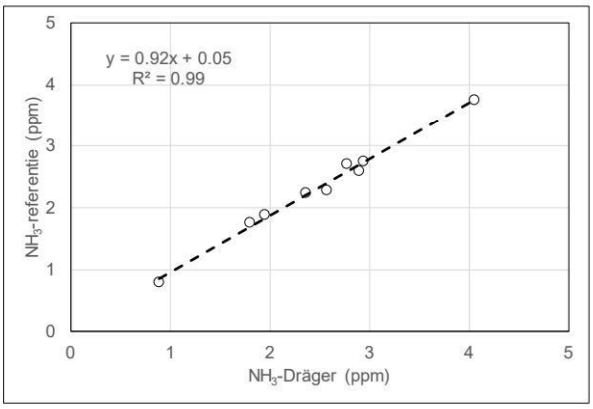
In Bijlage A worden deze instrumenten en het bijbehorende meetprincipe kort beschreven. Alle instrumenten zijn op twee verschillende manieren gecontroleerd:

- In het laboratorium is een labkalibratie uitgevoerd (Figuur 3.3). De instrumenten zijn in het lab tegen standaard kalibratiegassen (goud standaard) gekalibreerd. Met behulp van een verdunningsapparaat zijn van de standaard kalibratiegassen verschillende concentraties aangemaakt en aan de meetinstrumenten aangeboden. Op basis van het signaal van de meetinstrumenten en de aangeboden concentratie (kalibratiegassen) werd per instrument een lineaire regressieanalyse (y = a * x + b) uitgevoerd om de parameters a en b te bepalen.



Figuur 3.3 *Links: Meetopstelling voor de kalibratie van NH_3 Dräger-sensoren in het Air Quality Laboratorium (AQL) van Wageningen Livestock Research (WLR). Rechts: voorbeeld regressielijn (labkalibratie) voor één van de NH_3 Dräger-sensoren.*

- In de praktijk is een veldkalibratie uitgevoerd. De instrumenten zijn in de praktijk tegen referentieapparatuur (zie hoofdstuk 3.2.2.2) gekalibreerd. Zoals in hoofdstuk 3.2.1 is aangegeven, zijn op de meetbuis (waar de apparatuur voor continue metingen is aangesloten) een aantal tappunten aangebracht om tijdens de protocollaire metingen dezelfde lucht te bemonsteren als bij de continue metingen. Op basis van het gemeten signaal van de meetinstrumenten, gecorrigeerd voor de labkalibratie en omgezet naar een concentratiewaarde, en de gemeten concentraties door de referentieapparatuur tijdens de protocollaire metingen, is een lineaire regressieanalyse (y = a * x + b; Figuur 3.4) uitgevoerd om de parameters a en b te bepalen. Deze regressielijn wordt dan gebruikt om de concentraties bij de continue metingen te corrigeren (kalibreren).



Figuur 3.4 *Voorbeeld van regressielijn (veldkalibratie) van een van de NH_3 Dräger-sensoren in de praktijk.*

3.2.2.2 Meetapparatuur voor protocollaire metingen (concentraties)

Minimaal zesmaal, verdeeld over een jaar, zijn door WLR op alle meetlocaties in zowel de stallucht als in de binnenkomende (buiten)lucht concentratiemetingen met een minimumduur van 24 uur (2 uur tussen 10:00-12:00 voor geur) volgens referentiemethoden uitgevoerd. Deze protocollaire metingen zijn voor elk meetpunt in duplo uitgevoerd. De volgende referentiemethoden (zie Bijlage A voor een uitgebreide toelichting van deze methoden) zijn gebruikt:

- NH_3: nat-chemische methode volgens Mosquera e.a. (2019), met spectro-fotometrische bepaling in het laboratorium van Wageningen Livestock Research (WLR);
- CO_2, CH_4 en N_2O: longmethode volgens Mosquera e.a. (2020) met analyse van de monsterlucht met gaschromatografie in het laboratorium van WLR;
- Geur: longmethode met olfactometrische bepaling van geurconcentratie door BuroBlauw in Wageningen;
- Fijnstof: gravimetrische methode met filterwegingen door BuroBlauw in Wageningen.

3.2.2.3 Meetapparatuur voor binnen- en buitenklimaat

Klimaatgegevens (temperatuur (°C) en relatieve luchtvochtigheid (%)) in de stallucht (1 meetpunt midden in de stal) werden continu gemeten met behulp van temperatuur- en vochtsensoren (Vaisala HMP60; Vaisala GmbH, Duitsland). De klimaatgegevens buiten de stal (temperatuur, relatieve luchtvochtigheid, windsnelheid, windrichting) werden uit het dichtstbijzijnde KNMI-weerstation opgehaald. De gemeten binnenklimaatgegevens werden elke 5 minuten in een datalogsysteem (CR1000X; Campbell Scientific Inc., Logan, VS) opgeslagen.

3.2.3 Management en diergegevens

Gedurende de gehele onderzoeksperiode zijn regelmatig de volgende gegevens geregistreerd:

- Aantal aanwezige dieren in de stal (bij geiten onderverdeeld in melkgeiten, bokken, opfoklammeren);
- Gemiddelde gewicht van de dieren in de stal;
- Melkproductie en -samenstelling;
- Rantsoen;
- Pot uitmesten: datum waarop een deel van de pot uitgemest is.

3.3 Verwerking gegevens

3.3.1 Emissieberekening (natuurlijk geventileerde stallen)

De emissies van NH_3, CH_4, N_2O en PM10 (E_{ij}; in kg/jaar per dierplaats) zijn per meetdag (i=1, 2, …, n) en bedrijf (j=1, 2, …, m) bepaald op basis van de geschatte CO_2-productie in de stal ($PCO2_{ij}$ uit dier en mest; in m^3 CO_2/uur; zie Bijlage B voor verdere toelichting), en de gemiddelde concentratie (24-uursgemiddelde) in

de uitgaande lucht (C^{stal}_{ij}; in mg/m^3) en in de ingaande lucht (C^{buiten}_{ij}; in mg/m^3) van CO_2 (tracer) en de te meten component (continue metingen: NH_3, CH_4; protocollaire metingen: NH_3, CH_4, N_2O, PM10) volgens:

$$E_{ij} = PCO2_{ij} * \frac{C_{ij}^{stal} - C_{ij}^{buiten}}{(CO2)_{ij}^{stal} - (CO2)_{ij}^{buiten}} * \frac{1\ kg}{10^6\ mg} * \frac{24\ uur}{1\ dag} * \frac{365\ dagen}{1\ jaar} * \frac{1}{dierplaatsen} * leegstandsfactor$$

Voor geur zijn de emissies (E_{ij}; in OU_E/s per dierplaats) per meetdag (i=1, 2, …, n) en bedrijf (j=1, 2, …, m) bepaald op basis van de geschatte CO_2-productie in de stal ($PCO2_{ij}$; in m^3 CO_2/uur), de gemiddelde geurconcentratie (2-uursgemiddelde) in de uitgaande lucht (C^{stal}_{ij}; in OU_E/m^3), en de CO_2-concentratie in de ingaande lucht ($CO_2{}^{buiten}_{ij}$; in mg/m^3) volgens:

$$E_{ij} = PCO2_{ij} * \frac{C_{ij}^{stal}}{(CO2)_{ij}^{stal} - (CO2)_{ij}^{buiten}} * \frac{1\ uur}{3600\ seconden} * \frac{1}{dierplaatsen} * leegstandsfactor$$

Voor jongvee en geiten wordt geen leegstand verrekend (Leegstandsfactor=1; Groenestein en Aarnink, 2008).

Per bedrijf is vervolgens de emissie van NH_3, CH_4, N_2O en PM10 op jaarbasis per dierplaats (E_j) bepaald als de gemiddelde van de waarden van alle meetdagen (voor geur werd de mediane emissie bepaald door het gemiddelde op log-schaal terug te transformeren naar normale schaal):

$$E_j = \sum_{i=1}^{n} E_{ij}$$

Tenslotte is de emissie per diercategorie (E) bepaald als de gemiddelde van de waarden van al de gemeten bedrijven:

$$E = \sum_{j=1}^{m} E_j$$

3.3.2 Emissieberekening (mechanisch geventileerde stallen)

Voor de mechanisch geventileerde stallen werden de emissies van NH_3, CH_4, N_2O en PM10 (E_{ij}; in kg/jaar per dierplaats) zijn per meetdag (i=1, 2, …, n) en bedrijf (j=1, 2, …, m) bepaald op basis van het ventilatiedebiet (V_{ij}; in m^3/uur) en de gemiddelde concentratie in de uitgaande lucht (C^{stal}_{ij}; in mg/m^3) en in de ingaande lucht (C^{buiten}_{ij}; in mg/m^3) van het te meten component (continue metingen (1 waarde per uur: NH_3, CH_4; protocollaire metingen (24-uursgemiddelde): NH_3, CH_4, N_2O, PM10) volgens:

$$E_{ij} = V_{ij} * \left(C_{ij}^{stal} - C_{ij}^{buiten}\right) * \frac{1\ kg}{10^6\ mg} * \frac{24\ uur}{1\ dag} * \frac{365\ dagen}{1\ jaar} * \frac{1}{dierplaatsen} * leegstandsfactor$$

Voor geur zijn de emissies (E_{ij}; in OU_E/s per dierplaats) per meetdag (i=1, 2, …, n) en bedrijf (j=1, 2, …, m) bepaald op basis van het ventilatiedebiet (V_{ij}; in m^3/uur) en de gemiddelde geurconcentratie (2-uursgemiddelde) in de uitgaande lucht (C^{stal}_{ij}; in OU_E/m^3) volgens:

$$E_{ij} = V_{ij} * C_{ij}^{stal} * \frac{1\ uur}{3600\ seconden} * \frac{1}{dierplaatsen}$$

Voor geur wordt geen leegstandscorrectie toegepast. In Tabel 3.8 worden de leegstandsfactoren weergegeven zoals nu opgenomen zijn (op basis van onderbezetting) in het ammoniakprotocol (Ogink e.a., 2017), en zoals voorgesteld door Groenestein en Aarnink (2008) op basis van effectieve leegstanden (zie Bijlage J). De leegstandsfactoren van Groenestein en Aarnink (2008) worden in onderhavig document gebruikt om de emissies op jaarbasis te bepalen.

Tabel 3.8 *Huidige leegstandsfactoren volgens het ammoniakprotocol (Ogink e.a., 2017), en voorgestelde update gebaseerd op Groenestein en Aarnink (2008).*

Diercategorie	Huidig (Ogink e.a., 2017)	Voorstel (Groenestein en Aarnink, 2008)
Jongvee	1,00	1,00
Vleeskalveren (blank)	0,93	0,93
Vleeskalveren (rosé)	0,93	0,96
Geiten	1,00	1,00
Biggen	0,90	0,91
Vleesvarkens	0,90	0,97
Dragende zeugen	0,95	0,97

Per bedrijf is vervolgens de emissie van NH_3, CH_4, N_2O en PM10 op jaarbasis per dierplaats (E_j) bepaald als de gemiddelde van de waarden van alle meetdagen (voor geur werd de mediane emissie bepaald door het gemiddelde op log-schaal terug te transformeren naar normale schaal):

$$E_j = \frac{\sum_{i=1}^{n} E_{ij}}{n}$$

Tenslotte is de emissie per diercategorie € bepaald als de gemiddelde van de waarden van al de gemeten bedrijven:

$$E = \frac{\sum_{j=1}^{m} E_j}{m}$$

Het ventilatiedebiet is, afhankelijk van de diercategorie, door één (of meerdere) van onderstaande methoden bepaald:

- gekalibreerde meetwaaiers (zie Bijlage A)
- registratie van gegevens uit de klimaatcomputer (zie Bijlage A)
- CO_2-tracergasratio methode (zie Bijlage B).

3.3.3 Statistische analyse

In dit onderzoek is gebruik gemaakt van het statistische pakket Genstat 22th Edition (VSI, 2022). De volgende statistische analyses zijn uitgevoerd:

a) Variatie tussen en binnen bedrijven
b) Vergelijking tussen gemeten emissies en huidige emissiefactoren
c) Effect van management- en omgevingsvariabelen op de emissies
d) Vergelijking tussen continue en protocollaire metingen
e) Vergelijking tussen directe bepaling van het ventilatiedebiet (ventilatoren) en indirecte bepaling door middel van de tracergas ratiomethode

Variatie tussen en binnen bedrijven

Voor de bepaling van de variantiecomponenten voor de variatie binnen en tussen bedrijven is gebruik gemaakt van de 'REML (REsidual Maximum Likelihood) directive' in Genstat. Het volgende statistisch model is toegepast:

$$Y_{ij} = C + \sigma^2(L_i) + \sigma^2(R_{ij})$$

Y_{ij} = Responsvariabel (op Ln-schaal), de waargenomen emissie op bedrijf i tijdens meetdag j
C = Constante, de gemiddelde emissie (op Ln-schaal)
σ^2 (L_i) = Variantiecomponent behorende bij de verdeling van bedrijven i, in eenheden van Y
σ^2 (R_{ij}) = Variantiecomponent die de restterm beschrijft voor de waarnemingen op bedrijf i tijdens meetdag j, in eenheden van Y

De variatie binnen (σ_{binnen}) en tussen (σ_{buiten}) bedrijven wordt als volgt geschat:

$$\sigma_{binnen} = \sqrt{\sigma^2(R_{ij})}$$

$$\sigma_{tussen} = \sqrt{\sigma^2(L_{ij})}$$

Voor deze analyse is alleen de data uit de protocollaire metingen gebruikt.

Vergelijking tussen gemeten emissies en huidige emissiefactoren

De significantie van het verschil tussen de gemeten emissieniveaus (per diercategorie en componenten) en de huidige emissiefactoren is bepaald door middel van een tweezijdige t-toets, met de emissiefactor als constante waarde, en een betrouwbaarheidsinterval van 95%.

Correlatie tussen management- en omgevingsvariabelen en het ventilatiedebiet en de emissies van NH_3, CH_4, N_2O, geur en PM10

De correlatie tussen management- en omgevingsvariabelen en het ventilatiedebiet en de emissies van NH_3, CH_4, N_2O, geur en PM10, is in Genstat onderzocht door middel van een gegeneraliseerd lineair model met het ventilatiedebiet of emissie (beide op Ln-schaal) als responsvariabel, meetlocatie (L) als factor, en een aantal management- en omgevingsparameters als co-variabelen: temperatuur en relatieve luchtvochtigheid binnen en buiten de stal; ventilatiedebiet (op Ln-schaal), behalve wanneer ventilatiedebiet als responsvariabele is gebruikt; dag in het jaar; dag in productieronde (niet van toepassing voor dragende zeugen). Het model is als volgt toegepast:

$$Y_{ij} = C + L + a * OM$$

Y_{ij} = Responsvariabel (op Ln-schaal), de waargenomen waarden van het ventilatiedebiet of de emissie op bedrijf i tijdens meetdag j
C = Constante, de gemiddelde waarde van de responsvariabel (op Ln-schaal) op bedrijf i=1
L = Constante, effect (verschil) van de responsvariabel (op Ln-schaal) op bedrijf i (i≠1) ten opzichte van de waarde op bedrijf i=1
a = richtingscoëfficiënt, oftewel de relatie tussen managements- en omgevingsparameters (OM) en de responsvariabel
OM = management- en/of omgevingsparameter

Naast de waarde van het richtingscoëfficiënt is de significantie (P-waarde) van deze waarde van belang en wordt in de analyse meegenomen.

Vergelijking tussen continue en protocollaire metingen

De relatie tussen continue en protocollaire metingen (Referentie) is voor het ventilatiedebiet en de emissies van ammoniak en methaan onderzocht door middel van een enkelvoudig lineair regressiemodel:

$$Continue = a * Referentie + b$$

Op basis van de waarnemingen die bepaald zijn tijdens de protocollaire metingen, zijn de regressie-coëfficiënten *a* en *b* bepaald. De volgende criteria zijn toegepast voor het toetsen van de gelijkwaardigheid van continue en protocollaire meetmethoden:

- Het snijpunt b verschilt niet-significant van 0 (P>0,10)
- De helling a voldoet aan het acceptatie-interval: 0,90 ≤ a ≤ 1,10

Daarnaast is een gepaarde dubbelzijdige t-toets uitgevoerd, om te toetsen voor systematische verschillen, met criterium P>0,10.

Tenslotte is gekeken naar (over alle protocollaire metingen) naar het procentueel verschil (PV) tussen de alternatieve methode (continue metingen) en de referentiemethode (referentie oftewel protocollaire metingen), met als criterium dat PV voldoet aan het acceptatie-interval 0,90 ≤ 1-PV ≤ 1,10. De volgende procedure is toegepast om PV te bepalen:

- Bepaal, per meting *i*, de verschillen tussen beide methoden

$$Verschil^{\,i} = Continu^{i} - Referentie^{i}$$

- Bepaal het gemiddelde verschil over alle metingen ($\overline{Verschil}$) en het gemiddelde van de referentiemethode over alle metingen ($\overline{Referentie}$)

$$\overline{Verschil} = \frac{\sum_{i=1}^{n} Verschil^{\,i}}{n};\quad \overline{Referentie} = \frac{\sum_{i=1}^{n} Referentie^{\,i}}{n}$$

- De ratio R wordt dan als volgt bepaald:

$$PV = \frac{\overline{Verschil}}{\overline{Referentie}}$$

Voor al deze analyses is (in overeenstemming met Vonk e.a. (2021)) een minimaal aantal metingen n=24 voorgeschreven.

Vergelijking tussen directe en indirecte bepalingen van het ventilatiedebiet

Voor varkens, geiten en vleeskalveren zijn directe (meetwaaiers; MV) en indirecte (tracergas ratiomethode met CO_2 als tracergas; P_{CO2}) bepalingen van het ventilatiedebiet met elkaar vergeleken door middel van een enkelvoudig lineair regressiemodel:

$$P_{CO2} = a * MV + b$$

Op basis van de waarnemingen die bepaald zijn tijdens de protocollaire metingen, zijn de regressie-coëfficiënten *a* en *b* bepaald.

Voor de beoordeling van de gelijkwaardigheid van directe en indirecte bepalingen van het ventilatiedebiet zijn dezelfde methoden toegepast als hierboven beschreven voor het toetsen van de gelijkwaardigheid van continue en protocollaire metingen. De directe meetmethode (MV) wordt als referentie in de analyses gebruikt.

4 Resultaten en discussie: jongvee

4.1 Meetomstandigheden

De gerapporteerde resultaten hebben betrekking op metingen die in de periode 26/03/2021 – 31/07/2022 op 4 verschillende bedrijven voor het huisvesten van jongvee (met een leeftijd <2 jaar) zijn uitgevoerd. Dit betreft zowel continue metingen met sensoren (1598 meetdagen), als protocollaire metingen (in totaal 28 metingen) volgens geaccepteerde referentiemethoden. In Bijlage C worden voor de individuele bedrijven de data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, de gemiddelde klimaat- en managementgegevens, en de resultaten van de protocollaire metingen weergegeven. Gemiddelde over alle vier bedrijven was de gemiddelde buitentemperatuur hoger en de relatieve luchtvochtigheid vergelijkbaar met de langdurige 20-jaargemiddelden (2001-2020) bij het KNMI-weerstation in De Bilt (T: 10,7 °C; RV: 81%), zowel bij de protocollaire metingen als bij de continue metingen (Tabel 4.1). De metingen passen echter in de bandbreedte van de gemeten waarden in de periode 2001-2020 (Figuur 4.1).

Tabel 4.1 *Gemiddelde waarden in jongveestallen (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters voor zowel continue als protocollaire metingen.*

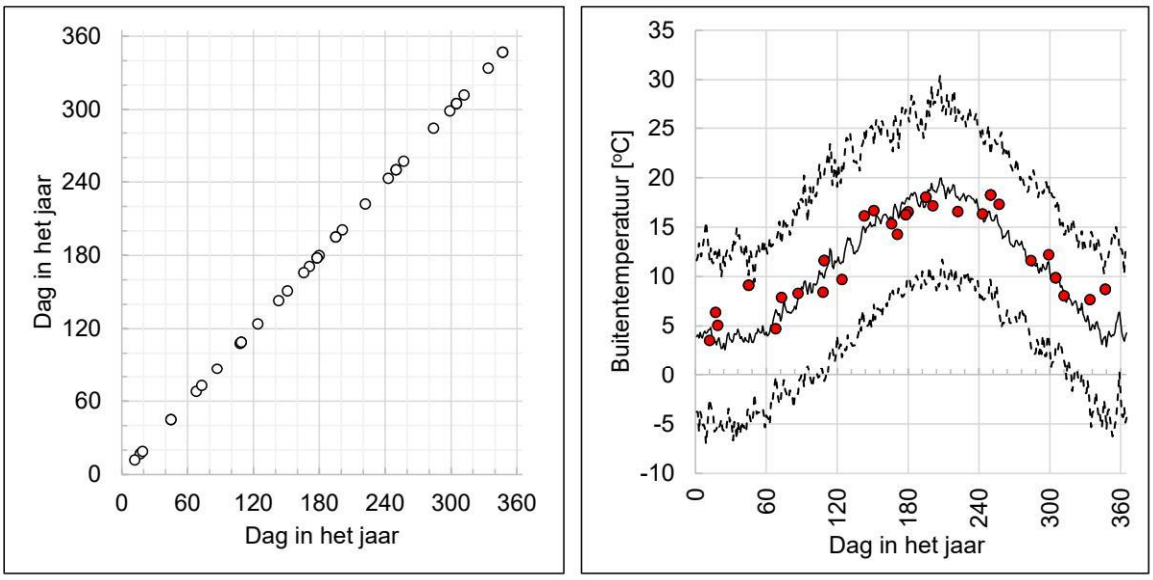
	Kenmerk	Overall	JV1	JV2	JV3	JV4[1)]
Protocollair	T-binnen [°C]	16,0 (7,4 : 22,6)	15,4 (9,4 : 22,6)	15,5 (8,2 : 20,9)	14,3 (7,4 : 19,5)	17,5 (11,5 : 22,6)
	RV-binnen [%]	76 (47 : 101)	85 (62 : 101)	70 (54 : 86)	73 (62 : 81)	76 (47 : 100)
	T-buiten [°C]	12,1 (3,6 : 18,3)	11,8 (6,4 : 17,3)	11,0 (3,6 : 16,6)	11,5 (5,1 : 16,6)	13,1 (8,7 : 18,3)
	RV-buiten [%]	80 (58 : 98)	79 (64 : 87)	81 (59 : 98)	84 (72 : 94)	79 (58 : 95)
Continu	T-binnen [°C]	15,3 (-0,1 : 29,6)	13,9 (2,5 : 26,8)	15,3 (-0,1 : 28,8)	14,1 (1,1 : 26,1)	16,7 (3,0 : 29,6)
	RV-binnen [%]	76 (35 : 101)	89 (43 : 101)	72 (46 : 90)	73 (49 : 89)	73 (35 : 100)
	T-buiten [°C]	11,4 (-3,6 : 26,8)	11,0 (-2,4 : 24,0)	11,3 (-3,6 : 24,7)	10,9 (-3,5 : 22,8)	11,9 (-2,6 : 26,8)
	RV-buiten [%]	81 (45 : 99)	80 (45 : 99)	82 (52 : 99)	83 (47 : 98)	79 (45 : 98)

[1)] Op deze locatie zijn de dieren in twee verschillende stallen gehuisvest (zie Tabel 3.1). De jongste dieren (leeftijd < 6 maanden) zijn in een mechanisch geventileerde stal, de oudste dieren (leeftijd > 6 maanden) in een natuurlijk geventileerde stal.

De protocollaire metingen (Figuur 4.1) zijn over de seizoenen verdeeld, met een gemiddelde dag in het jaar van 175. In tegenstelling tot andere diercategorieën met een groeiend patroon (zoals vleeskalveren, biggen of vleesvarkens), worden in jongveestallen dieren met verschillende leeftijden/gewichten gehuisvest, waardoor het gemiddeld gewicht van de dieren in de stal vrijwel constant blijft. Daardoor zijn bij jongvee de protocollaire metingen niet over de verschillende productiestadia verdeeld. Voor jongvee zijn geen landbouwkundige randvoorwaarden (huisvesting, klimaat, rantsoen, productie) in het meetprotocol (Ogink e.a., 2017) opgenomen. In Tabel 4.2 worden een aantal productiekenmerken samengevat.

Tabel 4.2 *Productiekenmerken jongveestallen.*

Kenmerk	JV1	JV2	JV3	JV4-jong	JV4-oud
Productiestadia [maanden]	0-24	0-24	4-24	0-6	6-24
Leefoppervlak [m^2/dier]	7,8 (7,2 : 9,0)	7,4 (7,2 : 7,8)	4,7 (4,3 : 5,2)	6,2 (5,8 : 6,5)	4,9 (4,4 : 5,8)
Dierplaatsen	97	62	194	70	39
Bezettingsgraad [%]	67 (58 : 72)	85 (81 : 87)	95 (84 : 103)	86 (81 : 91)	100 (85 : 110)
CO_2 stal [ppm]	775 (662 : 887)	834 (693 : 1049)	746 (625 : 955)	750 (592 : 871)	1154 (822 : 1536)



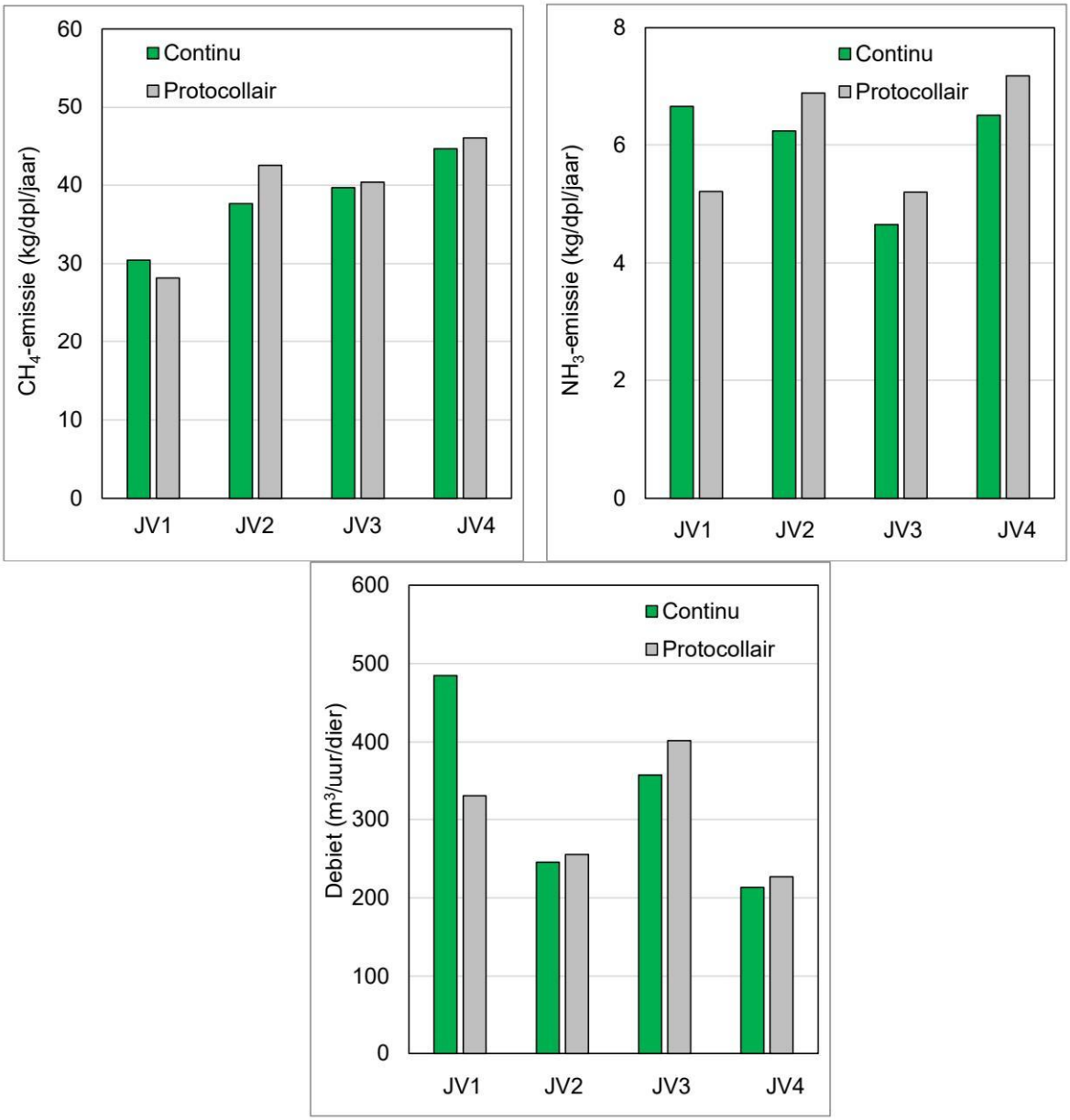
Figuur 4.1 *Links: Verdeling van de metingen in jongveestallen over de seizoenen. Rechts: daggemiddelde buitentemperatuur tijdens protocollaire metingen weergegeven met rode punten en lange termijn gemeten waarden weergegeven als zwarte lijn (gemiddelde per dag) en stippellijnen (2 x standaarddeviatie), waargenomen door het KNMI-station De Bilt in de periode 2001-2020.*

4.2 Continue versus protocollaire metingen

In Tabel 4.3 worden de waarden (gemiddelde ± standaarddeviatie tussen bedrijven) van het ventilatiedebiet en de emissies van NH_3 en CH_4 voor zowel de continue als voor de protocollaire metingen samengevat. Gemiddelde over alle waarnemingen waren bij de protocollaire metingen de emissiewaarden hoger (2% voor de NH_3-emissie, 3% voor de CH_4-emissie) en het ventilatiedebiet lager (7% lager) dan bij de continue metingen (zie ook Figuur 4.2).

Tabel 4.3 *Ventilatiedebiet en emissies van CH_4 en NH_3 voor zowel de continue als de protocollaire metingen in jongveestallen (gemiddelde ± standaarddeviatie tussen bedrijven). Voor jongvee wordt geen leegstandscorrectie toegepast (Groenestein en Aarnink, 2008).*

Kenmerk	Continu	Protocollair
Aantal locaties	4	4
Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]	325 +/- 123	304 +/- 79
NH_3-emissie [kg/dpl/jaar]	6,0 +/- 0,9	6,1 +/- 1,1
CH_4-emissie [kg/dpl/jaar]	38,1 +/- 5,9	39,3 +/- 7,8



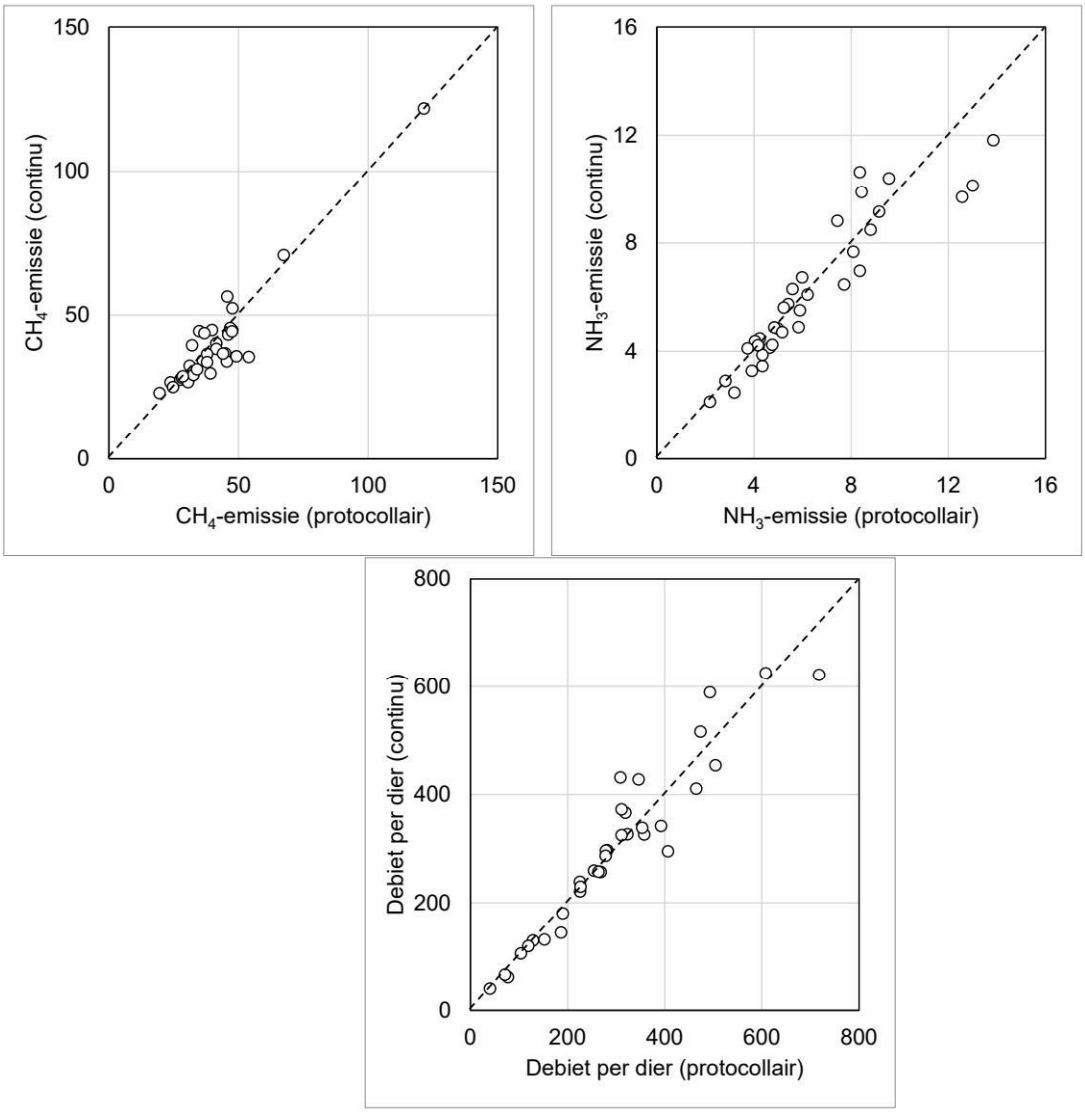
Figuur 4.2 *Per jongveebedrijf, gemiddeld ventilatiedebiet en gemiddelde emissies van NH_3 en CH_4 voor de continue en de protocollaire metingen, wanneer gebruikt wordt gemaakt van alle beschikbare waarnemingen.*

Op basis van alleen de dagen waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd is de relatie tussen de continue en de protocollaire emissiemetingen onderzocht via een enkelvoudige lineaire regressie (zie Figuur 4.3) en een gepaarde dubbelzijdig t-toets. De resultaten van deze analyses worden in Tabel 4.4 weergegeven, en getoetst aan de criteria zoals in hoofdstuk 3.3.3 voorgesteld. Alleen de helling van de enkelvoudige lineaire regressie voor de NH_3-emissies voldoet (net) niet aan de criteria. Het procentueel verschil tussen de gemeten NH_3-emissiewaarden bij de continue en de protocollaire metingen is klein (<5%).

Bedrijfsmonitoring met sensoren (continue metingen) voldoet aan de criteria voor de hypothese dat continue en protocollaire metingen niet significant verschillend zijn. De enige uitzondering is de helling van de enkelvoudige lineaire regressie voor de NH_3-emissies. Het procentueel verschil tussen de gemeten NH_3-emissiewaarden bij de continue en de protocollaire metingen is klein (<5%).

Tabel 4.4 *Resultaten uit de enkelvoudige lineaire regressie van de relatie tussen continue en protocollaire emissiemetingen (Continu = a*Protocollair + b) en de gepaarde dubbelzijdig t-toets van de verschillen (Continu-Protocollair). Getoetst wordt of het voldaan wordt aan de criteria voor de hypothese dat continue en protocollaire metingen niet significant verschillend zijn. Voor toelichting over de parameters en criteria zie hoofdstuk 3.3.3.*

Variabelen	Analyse	Parameter	Gemeten waarde	Criteria	Voldaan aan criteria?
NH_3-emissie	Enkelvoudige lineaire regressie	Helling (a)	0,86	0,90 < a < 1,10	Nee
		Snijpunt (b) P-waarde	0,67 0,12	--- P>0,10	--- Ja
	t-toets	P-waarde	0,18	P>0,10	Ja
	Procentueel verschil	PV	-0,04	-0,10 < PV < 0,10	Ja
	Aantal metingen	n	35	≥24	Ja
CH_4-emissie	Enkelvoudige lineaire regressie	Helling (a)	0,95	0,90 < a < 1,10	Ja
		Snijpunt (b) P-waarde	0,71 0,80	--- P>0,10	--- Ja
	t-toets	P-waarde	0,22	P>0,10	Ja
	Procentueel verschil	PV	-0,03	-0,10 < PV < 0,10	Ja
	Aantal metingen	n	35	≥24	Ja



Figuur 4.3 *Enkelvoudige lineaire regressie tussen de continue en de protocollaire metingen in jongveestallen, wanneer alleen gebruikt wordt gemaakt van de data die gemeten is tijdens de dagen waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd.*

4.3 Emissieniveaus op basis van protocollaire metingen

De geschatte emissieniveaus voor CH_4, NH_3, N_2O, geur en fijnstof (PM10), op basis van de protocollaire metingen, worden in Tabel 4.5 samengevat en in Figuur 4.4 grafisch weergegeven. De variatie binnen- en tussenbedrijven wordt als variatiecoëfficiënt in Tabel 4.6 weergegeven. In Tabel 4.8 worden de gemiddelde waarden per bedrijf voor zowel de continue als de protocollaire metingen gerapporteerd.

Tabel 4.5 *Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier] en emissies van CH_4 [kg/dpl/jaar], NH_3 [kg/dpl/jaar] en N_2O [g/dpl/jaar] in jongveestallen tijdens de protocollaire metingen (gemiddelde ± standaarddeviatie tussen bedrijven). dpl: dierplaats. In dit onderzoek zijn de emissies van PM10 en geur niet gemeten. Voor jongvee wordt geen leegstandscorrectie toegepast (Groenestein en Aarnink, 2008).*

Kenmerk	Waarde
Aantal locaties	4
Debiet	304 +/- 79
CH_4-emissie	39,3 +/- 7,8
NH_3-emissie	6,1 +/- 1,1
N_2O-emissie	159,0 +/- 57,4

Tabel 4.6 *Variatiecoëfficiënten (CV) per component tussen en binnen bedrijven (%) in jongveestallen, op basis van de protocollaire metingen. Tussen haakjes, het aantal waarnemingen voor de CV-bepalingen; ---: geen metingen beschikbaar om de variatiecoëfficiënten te bepalen.*

Component	CV-tussen	CV-binnen
NH_3	37 (4)	26 (35)
CH_4	22 (4)	26 (35)
N_2O	68 (4)	73 (35)
Geur	---	---
PM10	---	---

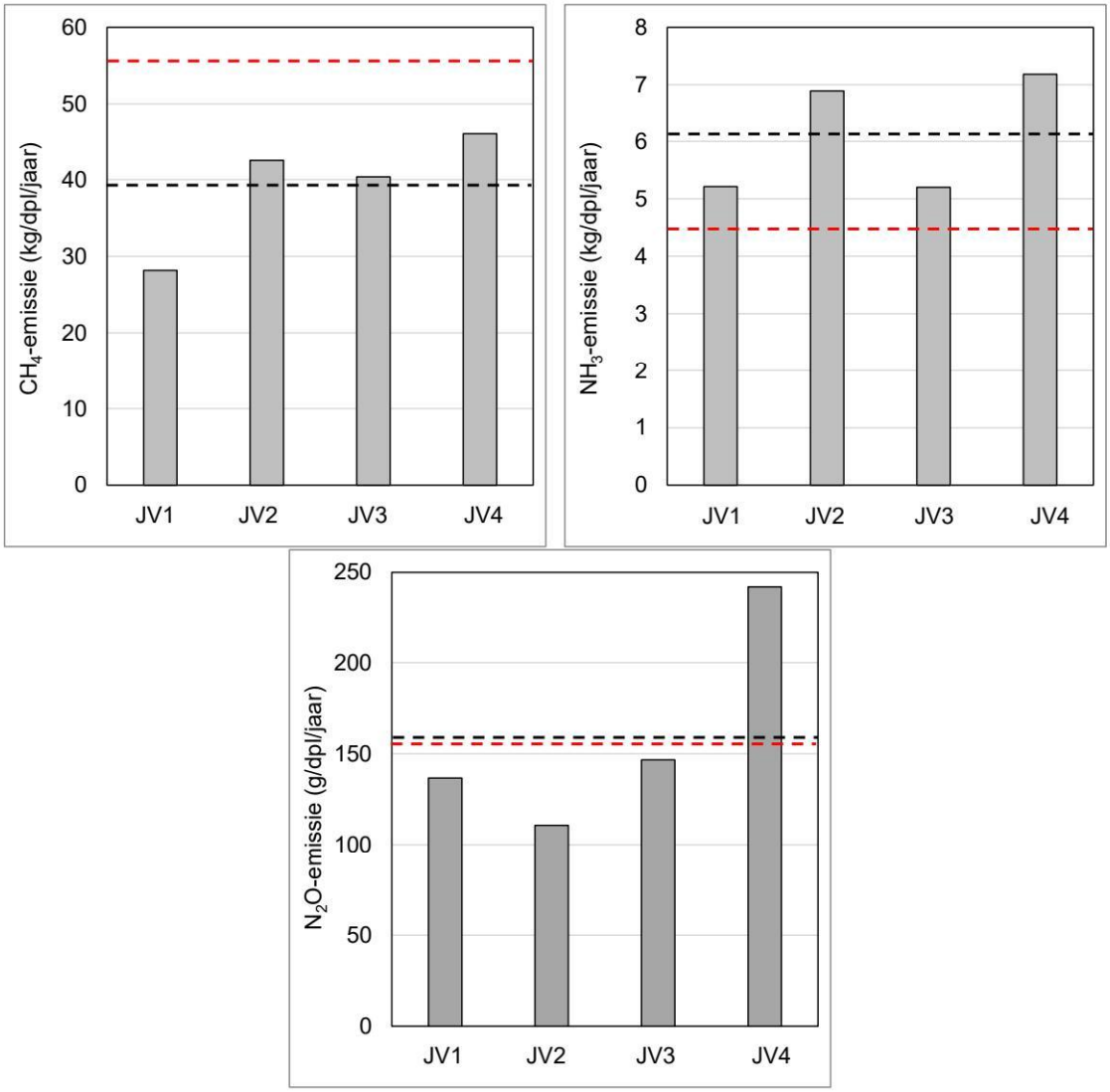
Tabel 4.6 laat voor alle componenten een aanzienlijke tussenbedrijfsvariatie zien, die vergelijkbaar is met de geschatte binnenbedrijfsvariatie. Door de grootte van deze variatiecoëfficiënten is het in de meeste gevallen lastig om eventuele systematische verschillen tussen de gemeten emissiewaarden van een huisvestingssysteem en de huidige emissiefactor statistisch significant aan te tonen.

De gemiddelde **CH_4-emissie** was significant ($P<0,05$) lager dan de huidige emissiewaarden (55,8 kg CH_4/dier/jaar) gerapporteerd in Van Bruggen e.a. (2021).

De gemiddelde **NH_3-emissie** was significant ($P<0,05$) hoger dan de huidige emissiefactor (4,4 kg NH_3/dierplaats/jaar; www.infomil.nl).

De gemiddelde **N_2O-emissie** was iets hoger dan maar niet significant ($P>0,10$) verschillend met de huidige emissiewaarden (156 g N_2O/dier/jaar; Van Bruggen e.a., 2021).

In dit onderzoek zijn de emissies van PM10 en geur niet gemeten. Er zijn geen literatuurgegevens gevonden van CH_4-, N_2O- of NH_3-emissiemetingen bij jongvee om met de metingen in dit onderzoek te kunnen vergelijken.



Figuur 4.4 *Gemiddelde emissies tijdens de protocollaire metingen per bedrijf (balken) en over alle jongveebedrijven (zwarte stippellijn). De emissiefactoren (CH_4, N_2O: Van Bruggen e.a., 2021; NH_3: www.infomil.nl) worden met rode stippellijnen weergegeven. In dit onderzoek zijn de emissies van PM10 en geur niet gemeten. Voor jongvee wordt geen leegstandscorrectie toegepast (Groenestein en Aarnink, 2008).*

Op basis van de in dit document gerapporteerde metingen zijn voor jongvee de volgende emissies bepaald:

- **CH_4: 39,3 kg CH_4/dierplaats/jaar. Deze waarde is significant (P<0,05) lager dan de huidige emissiefactor (55,8 kg CH_4/dier/jaar; Van Bruggen e.a., 2021).**
- **NH_3: 6,1 kg NH_3/dierplaats/jaar. Deze waarde is significant (P<0,05) hoger dan de huidige emissiefactor (4,4 kg NH_3/dier/jaar; www.infomil.nl).**
- **N_2O: 159 g N_2O/dierplaats/jaar. Deze waarde is niet significant (P>0,10) hoger dan de huidige emissiefactor (156 g N_2O/dier/jaar; Van Bruggen e.a., 2021).**
- **PM10: niet gemeten.**
- **Geur: niet gemeten.**

Voor jongvee wordt voor de emissiebepalingen geen leegstandsfactor toegepast (Groenestein en Aarnink, 2008).

4.4 Patronen en effecten van management- en omgevingsparameters

Van de onderzochte managements- en omgevingsparameters (Tabel 4.7) hebben alleen temperatuur (voor NH_3 en CH_4) en voor NH_3 ook het ventilatiedebiet per dier (op Ln-schaal) een significante correlatie met de emissies. De emissie van N_2O lijkt niet (lineair) met deze parameters samen te hangen.

Binnen een dag laten het ventilatiedebiet en de emissies van CH_4 en NH_3 een duidelijk patroon zien (Figuur 4.5). Opvallend is de daling in emissies met een minimum waarde rond 13:00 voor CH_4 en tussen 10:00-13:00 voor NH_3. Figuur 4.7 laat zien (op basis van continue metingen) een (niet-lineair) jaarpatroon niet alleen voor de buitentemperatuur, maar ook voor het ventilatiedebiet, en de emissies van CH_4 en NH_3. Zowel het ventilatiedebiet als de NH_3-emissie volgen het jaarpatroon van de buitentemperatuur, met hogere waarden bij de warme maanden. Voor CH_4 zijn juist hogere emissies te zien bij de koudere maanden.

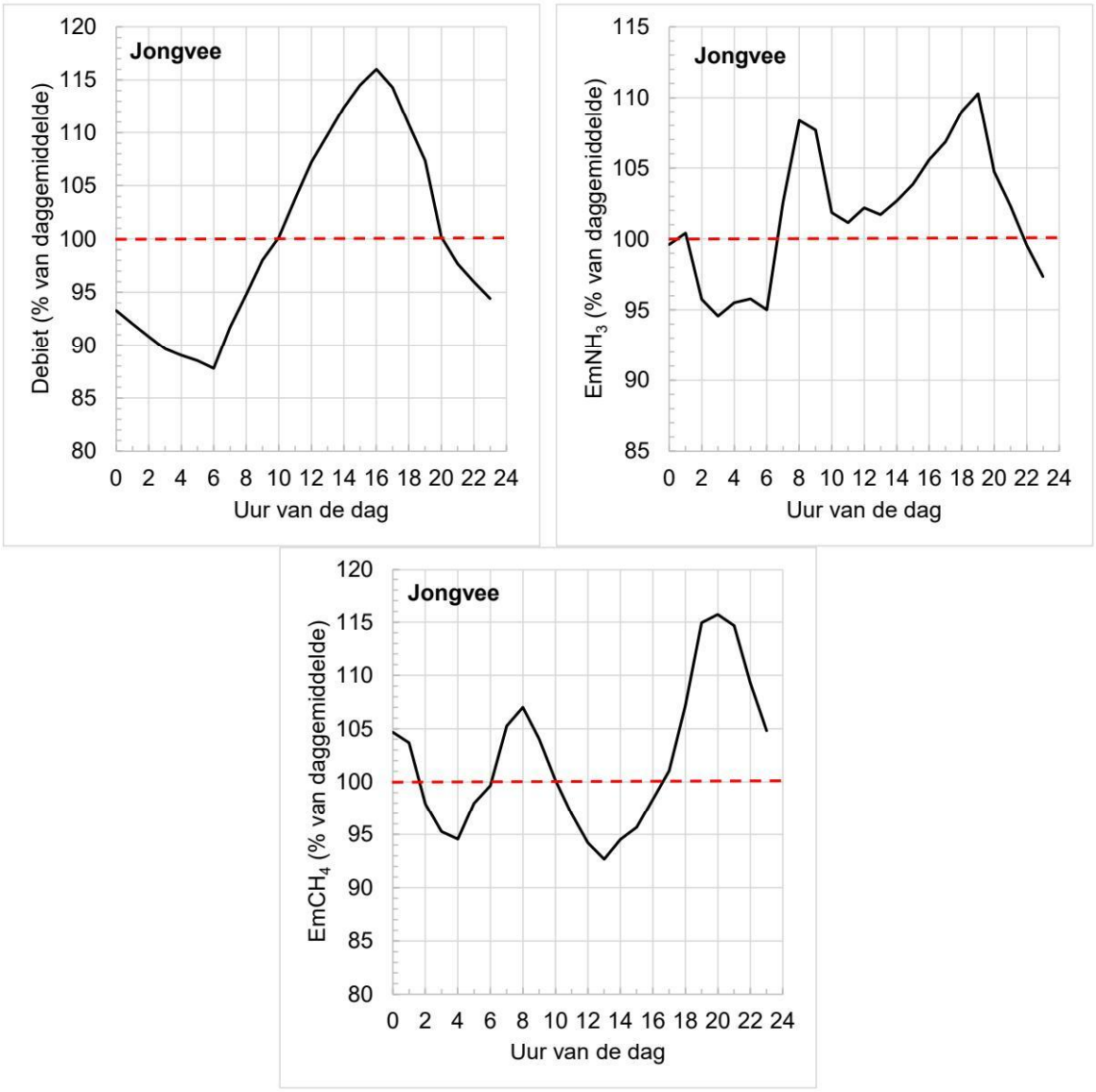
Tabel 4.7 *Significantie (P) van de effecten van een aantal management- en omgevingsparameters op de emissies uit jongveestallen van NH_3, CH_4, N_2O, geur en PM10 (allemaal op Ln-schaal). P≤0,001: sterk significant (groen); 0,001<P<0,05: significant (geel); 0,05≤P<0,10: zwak significant (oranje); P>0,10: niet significant (geen kleur). Voor geur en PM10 zijn geen metingen uitgevoerd.*

Parameter	$LnNH_3$	$LnCH_4$	LnN_2O
Tbinnen	0,003	0,017	0,290
Tbuiten	<0,001	0,024	0,303
Rvbinnen	0,902	0,171	0,371
Rvbuiten	0,545	0,603	0,398
LNDebietperdier	<0,001	0,674	0,884
DagInJaar	0,476	0,552	0,303

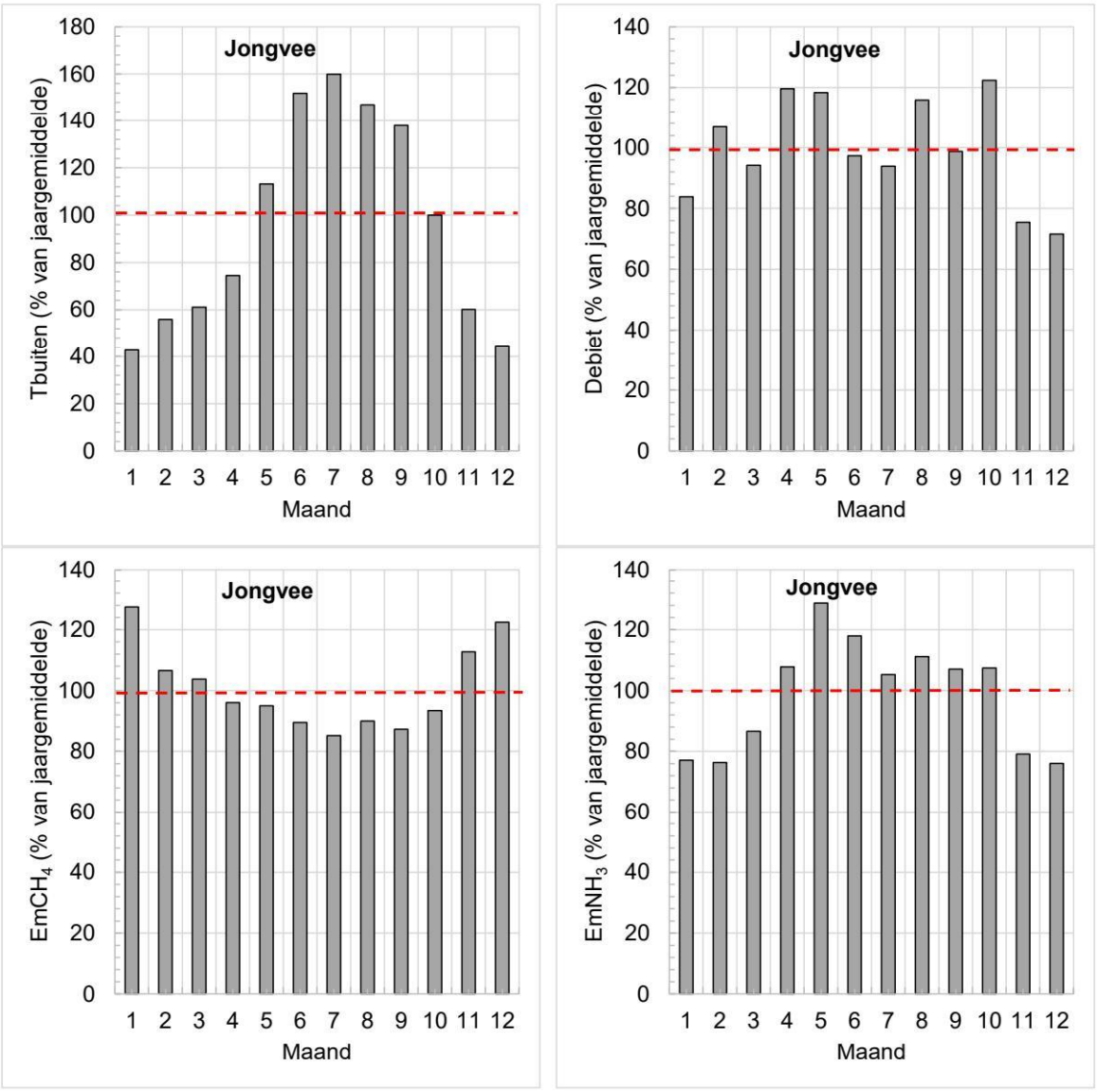
Van de onderzochte managements- en omgevingsparameters zijn alleen voor NH_3 en CH_4 factoren gevonden (temperatuur voor NH_3 en CH_4; het ventilatiedebiet op Ln-schaal voor NH_3) die een significante correlatie met de emissies (op Ln-schaal). De emissie van N_2O lijkt niet (lineair) met deze parameters samen te hangen. In dit onderzoek zijn de emissies van geur en PM10 niet gemeten.

Het ventilatiedebiet en de emissies van CH_4 en NH_3 laten een duidelijk dag/nacht patroon zien. Opvallend is de daling in emissies met een minimum waarde rond 13:00 voor CH_4 en tussen 10:00-13:00 voor NH_3.

Het ventilatiedebiet en de NH_3-emissie volgen het jaarpatroon van de buitentemperatuur, met hogere waarden bij de warme maanden. De emissie van CH_4 volgt een andere patroon, met juist lagere waarden halverwege het jaar.



Figuur 4.5 *Dagpatroon voor het ventilatiedebiet en de emissies van CH_4 en NH_3 (op basis van continue metingen) als percentage van de (gemeten) gemiddelden per dag (als rode stippellijn weergegeven) in jongveestallen. Bij deze patronen is een constante CO_2-productie binnen een dag verondersteld. In werkelijkheid varieert deze enigszins over de dag.*



Figuur 4.6 *Jaarpatroon voor de buitentemperatuur, het ventilatiedebiet, en de emissies van CH_4 en NH_3, op basis van continue metingen in jongveestallen. Alle parameters zijn weergegeven als percentage van de (gemeten) jaargemiddelden (als rode stippellijn weergegeven).*

Tabel 4.8 *Gemiddelde waarden in jongveestallen (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van het ventilatiedebiet, de concentraties van CO_2, NH_3, CH_4, N_2O, PM10 en geur, en de emissies van NH_3, CH_4, N_2O, PM10 en geur, voor zowel de continue als de protocollaire metingen. dpl: dierplaats; --- : niet gemeten. In dit onderzoek zijn de emissies van PM10 en geur niet gemeten. Voor jongvee wordt geen leegstandscorrectie toegepast (Groenestein en Aarnink, 2008).*

	JV1		JV2		JV3		JV4	
Kenmerk	**Protocollair**	**Continu**	**Protocollair**	**Continu**	**Protocollair**	**Continu**	**Protocollair**	**Continu**
Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]	330 (226 : 493)	485 (123 : 1499)	255 (153 : 407)	245 (112 : 1044)	402 (227 : 608)	358 (156 : 967)	227 (46 : 718)	213 (36 : 1057)
CO_2 stal [ppm]	775 (662 : 887)	700 (489 : 1122)	834 (693 : 1049)	835 (490 : 1205)	746 (625 : 955)	777 (541 : 1092)	952 (592 : 1536)	958 (508 : 1828)
CO_2 buiten [ppm]	517 (490 : 549)	488 (416 : 581)	492 (447 : 566)	460 (407 : 574)	490 (437 : 551)	480 (444 : 597)	481 (447 : 523)	478 (393 : 572)
Meetdagen	7	365	7	426	7	399	7	403
NH_3 stal [ppm]	3,9 (3,0 : 4,8)	3,8 (1,0 : 9,0)	5,4 (4,0 : 8,4)	5,3 (1,7 : 10,0)	2,4 (1,6 : 2,9)	2,4 (1,0 : 5,5)	6,3 (3,5 : 8,3)	6,2 (2,4 : 13,4)
NH_3 buiten [ppm]	0,11 (0,05 : 0,17)	0,11 (0,06 : 0,14)	0,22 (0,11 : 0,32)	0,21 (0,17 : 0,27)	0,14 (0,05 : 0,36)	0,14 (0,07 : 0,25)	0,20 (0,05 : 0,66)	0,21 (0,10 : 0,44)
NH_3-emissie [kg/jaar per dpl]	5,2 (4,1 : 6,2)	6,7 (2,7 : 17,0)	6,9 (4,4 : 9,6)	6,2 (2,7 : 21,0)	5,2 (3,9 : 7,4)	4,6 (2,3 : 9,5)	7,2 (2,2 : 13,9)	6,5 (1,8 : 22,2)
NH_3-emissie [kg/jaar per dier]	7,9 (5,6 : 10,2)	10,2 (4,0 : 27,9)	8,2 (5,0 : 11,2)	7,5 (3,1 : 26,0)	5,5 (4,1 : 7,3)	4,8 (2,5 : 9,9)	8,1 (2,1 : 16,7)	7,3 (1,7 : 24,7)
Meetdagen	7	361	7	385	7	399	7	399
CH_4 stal [ppm]	25,6 (16,5 : 38,4)	22,5 (5,2 : 57,7)	39,4 (26,3 : 56,5)	38,2 (13,2 : 66,4)	22,8 (14,8 : 38,8)	24,9 (4,6 : 50,3)	57,1 (17,9 : 117,5)	56,3 (13,4 : 163,2)
CH_4 buiten [ppm]	3,5 (2,7 : 5,5)	3,4 (2,7 : 4,6)	4,3 (2,9 : 7,8)	4,2 (3,1 : 6,2)	3,2 (2,5 : 5,4)	3,2 (2,7 : 4,2)	4,2 (2,6 : 6,0)	4,2 (3,6 : 5,1)
CH_4-emissie [kg/jaar per dpl]	28 (20 : 36)	30 (8 : 63)	43 (31 : 48)	38 (18 : 74)	40 (32 : 48)	40 (6 : 101)	46 (25 : 122)	45 (18 : 142)
CH_4-emissie [kg/jaar per dier]	42 (34 : 50)	45 (14 : 104)	50 (38 : 57)	45 (20 : 92)	43 (35 : 49)	41 (5 : 87)	51 (24 : 144)	50 (20 : 171)
Meetdagen	7	---	7	---	7	---	7	---
N_2O stal [ppm]	0,42 (0,38 : 0,47)	---	0,42 (0,38 : 0,45)	---	0,42 (0,40 : 0,44)	---	0,56 (0,40 : 1,10)	---
N_2O buiten [ppm]	0,38 (0,35 : 0,40)	---	0,39 (0,37 : 0,41)	---	0,39 (0,37 : 0,42)	---	0,40 (0,38 : 0,42)	---
N_2O-emissie [g/jaar per dpl]	0,14 (0,02 : 0,31)		0,11 (0,04 : 0,19)		0,15 (0,09 : 0,32)		0,24 (0,01 : 0,83)	
N_2O-emissie [g/jaar per dier]	0,20 (0,02 : 0,44)	---	0,13 (0,05 : 0,22)	---	0,15 (0,09 : 0,31)	---	0,25 (0,01 : 0,83)	---

5 Resultaten en discussie: vleeskalveren

5.1 Blankvleeskalveren

5.1.1 Meetomstandigheden

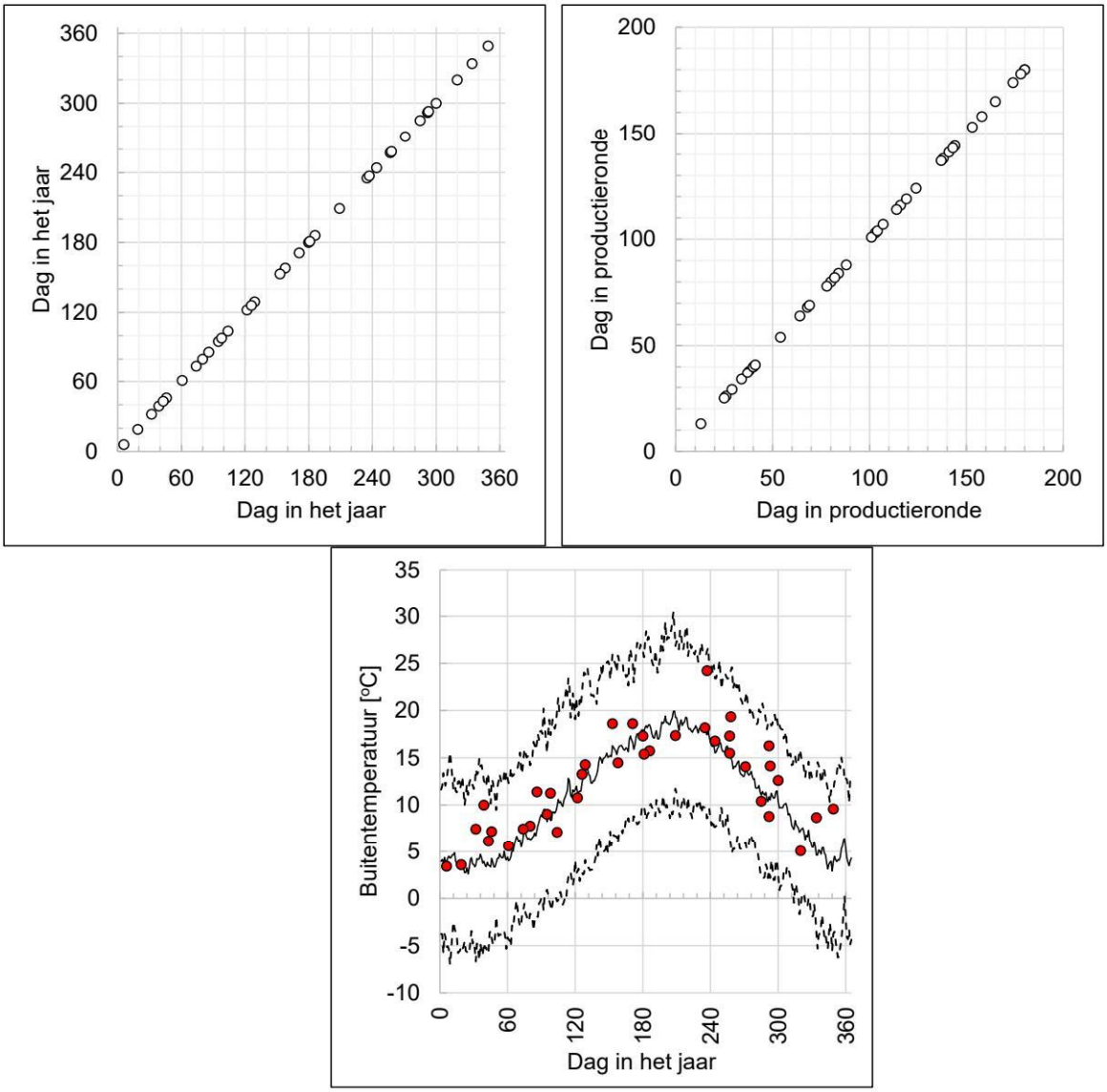
De gerapporteerde resultaten hebben betrekking op metingen die in de periode 20/05/2021 – 23/10/2022 op 4 verschillende blankvleeskalverbedrijven zijn uitgevoerd (huidig onderzoek), en om de metingen die in Mosquera e.a. (2017b) zijn gerapporteerd. Dit betreft zowel continue metingen met sensoren (1596 meetdagen), als protocollaire metingen (in totaal 38 metingen, waarvan 26 metingen in het huidige onderzoek) volgens geaccepteerde referentiemethoden. In Bijlage D worden voor de individuele bedrijven de data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, de gemiddelde klimaat- en managementgegevens, en de resultaten van de protocollaire metingen weergegeven. Gemiddelde over alle bedrijven was de gemiddelde buitentemperatuur hoger en de relatieve luchtvochtigheid vergelijkbaar met de langdurige 20-jaargemiddelden (2001-2020) bij het KNMI-weerstation in De Bilt (T: 10,7 °C; RV: 81%), zowel bij de protocollaire metingen als bij de continue metingen (Tabel 5.1.1). De metingen passen echter in de bandbreedte van de gemeten waarden in de periode 2001-2020 (Figuur 5.1.1).

Tabel 5.1.1 *Gemiddelde waarden in blankvleeskalverstallen (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters voor zowel continue als protocollaire metingen.*

	Kenmerk	T-binnen [°C]	RV-binnen [%]	T-buiten [°C]	RV-buiten [%]
Protocollair	VKB1	18,9 (14,5 : 22,6)	74 (66 : 78)	12,8 (7,4 : 18,6)	75 (63 : 83)
	VKB2	19,6 (15,7 : 22,5)	79 (56 : 94)	13,0 (7,4 : 17,3)	84 (64 : 96)
	VKB3	18,1 (14,2 : 23,2)	77 (67 : 92)	11,3 (7,2 : 17,3)	86 (79 : 92)
	VKB4	18,6 (14,3 : 27,2)	67 (60 : 74)	11,2 (3,6 : 24,2)	77 (64 : 92)
	VKB5	18,7 (15,2 : 22,0)	68 (58 : 73)	11,8 (6,1 : 16,8)	78 (62 : 92)
	VKB6	19,8 (16,3 : 23,7)	74 (59 : 98)	13,1 (3,4 : 19,3)	73 (53 : 90)
	ALLE BEDRIJVEN	19,0 (14,2 : 27,2)	73 (56 : 98)	12,2 (3,4 : 24,2)	79 (53 : 96)
Continu	VKB1	17,9 (8,8 : 26,2)	75 (55 : 98)	11,5 (-2,4 : 24,0)	79 (45 : 99)
	VKB2	19,0 (2,5 : 28,7)	74 (46 : 100)	12,2 (-2,4 : 26,9)	78 (45 : 99)
	VKB3	17,9 (5,2 : 29,2)	71 (46 : 100)	11,2 (-2,8 : 26,1)	80 (50 : 99)
	VKB4	18,1 (9,4 : 27,9)	69 (48 : 87)	11,7 (-2,4 : 26,9)	78 (45 : 99)
	ALLE BEDRIJVEN	18,3 (2,5 : 29,2)	73 (46 : 100)	11,7 (-2,8 : 26,9)	79 (45 : 99)

De protocollaire metingen (Figuur 5.1.1) zijn over de seizoenen verdeeld, met een gemiddelde dag in het jaar van 174. In overeenstemming met het meetprotocol voor NH_3 (Ogink e.a., 2017) zijn de protocollaire metingen ook over de productiestadia verdeeld. Gemiddelde over de vier bedrijven was de lengte van een productieronde 196 dagen. De gemiddelde dag in de productieronde bij de protocollaire metingen was 98 dagen. Er zijn 18 metingen in de eerste helft van de productieronde (t/m dag 98), en 18 metingen in de tweede helft van de productieronde.

Tijdens de metingen dient aan een aantal landbouwkundige randvoorwaarden (huisvesting, klimaat, rantsoen, productie) te worden voldaan (Ogink e.a., 2017). Tabel 5.1.2 laat zien dat de metingen aan deze voorwaarden hebben voldaan (met uitzondering van de maximale ventilatiecapaciteit bij VKB6, die iets lager was). Voor het rantsoen en de productiegegevens worden de gemeten waarden bij de meetlocaties vergeleken met de gemiddelde waarden in Blanken e.a. (2022). Dit wordt in Figuur 5.1.2 grafisch weergegeven. Het overall-gemiddelde (over alle bedrijven) van de lengte van de productieronden, de begin- en eindgewichten van de dieren, en het rantsoen, was voor al deze parameters iets hoger dan (maar vergelijkbaar met) de landelijke gemiddelden (Blanken e.a., 2022).



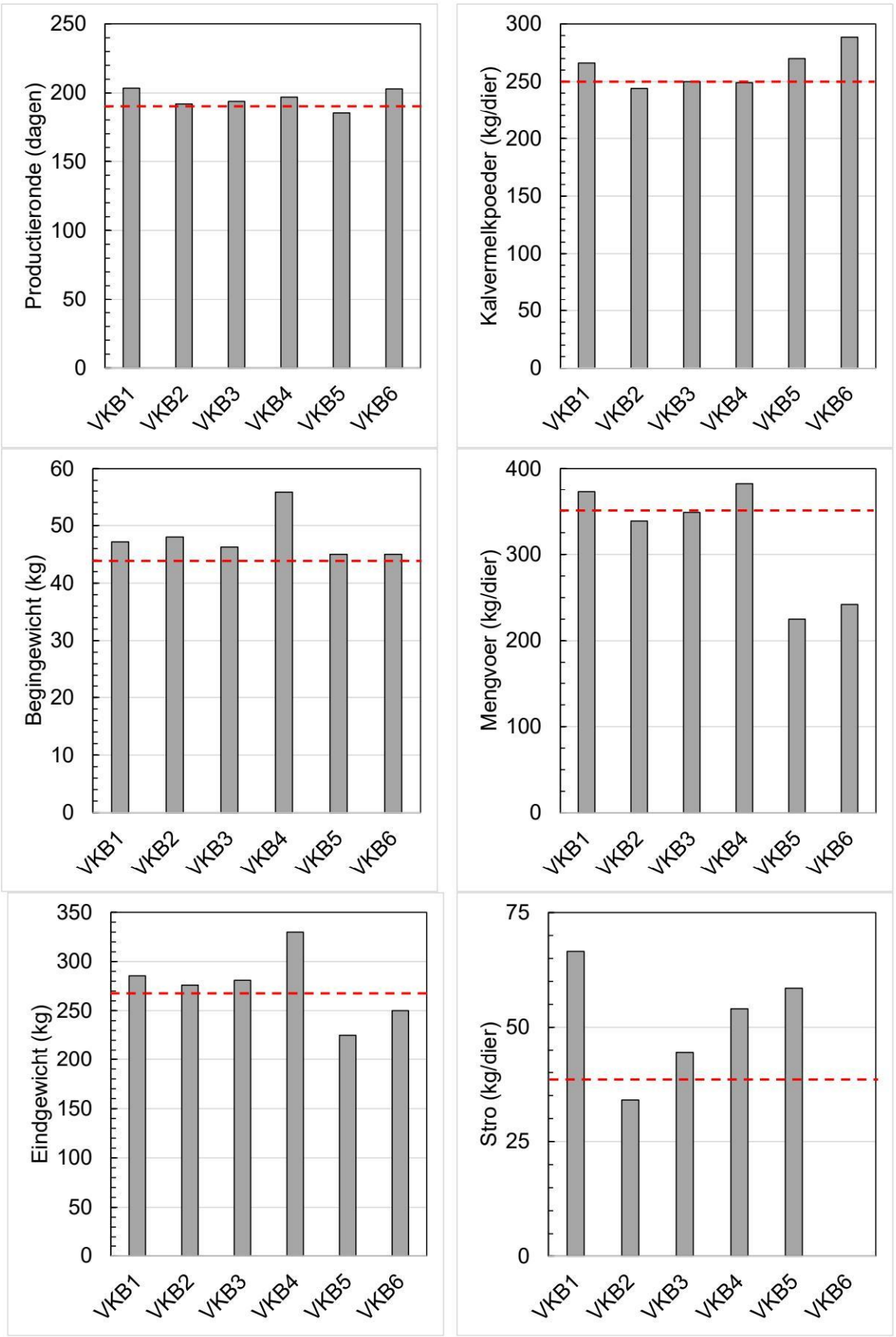
Figuur 5.1.1 *Verdeling van de metingen in blankvleeskalverstallen over de seizoenen (links) en de productieronde (rechts). Onder: daggemiddelde buitentemperatuur tijdens protocollaire metingen weergegeven met rode punten, en lange termijn gemeten waarden weergegeven als zwarte lijn (gemiddelde per dag) en stippellijnen (2 x standaarddeviatie), waargenomen door het KNMI-station De Bilt in de periode 2001-2020.*

Tabel 5.1.2a *Landbouwkundige randvoorwaarden huidig onderzoek.*

Kenmerk	Voorwaarde	Voldaan?	VKB1	VKB2	VKB3	VKB4
Leefoppervlak [m^2/dier]	≥ 1,8	Ja	1,9	2,0	1,8	1,9
Huisvesting	All-in all-out	Ja	All-in all-out	All-in all-out	All-in all-out	All-in all-out
Afdeling in gebruik	> 3 maanden	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Maximale ventilatiecapaciteit [m^3/uur/dier]	≥ 150	Ja	250	215	222	330
Dierplaatsen	≥ 40	Ja	128	446	360	242
Bezettingsgraad [%]	≥ 95	Ja	104 (100 : 106)	99 (98 : 100)	100 (99 : 101)	100 (100 : 100)
Uitval [%]	< 5	Ja	3	3	0	2
CO_2 stal [ppm]	< 3000	Ja	1340 (1167 : 1604)	1305 (781 : 1808)	1274 (1005 : 1625)	1446 (940 : 2115)

Tabel 5.1.2b *Landbouwkundige randvoorwaarden Mosquera e.a. (2017b).*

Kenmerk	Voorwaarde	Voldaan?	VKB5	VKB6
Leefoppervlak [m^2/dier]	≥ 1,8	Ja	1,8	1,8
Huisvesting	All-in all-out	Ja	All-in all-out	All-in all-out
Afdeling in gebruik	> 3 maanden	Ja	Ja	Ja
Maximale ventilatiecapaciteit [m^3/uur/dier]	≥ 150	Deels	150	118
Dierplaatsen	≥ 40	Ja	40	76
Bezettingsgraad [%]	≥ 95	Ja	101 (95 : 105)	100 (99 : 100)
Uitval [%]	< 5	Ja	4	5
CO_2 stal [ppm]	< 3000	Ja	1375 (918 : 1884)	1378 (1062 : 1581)



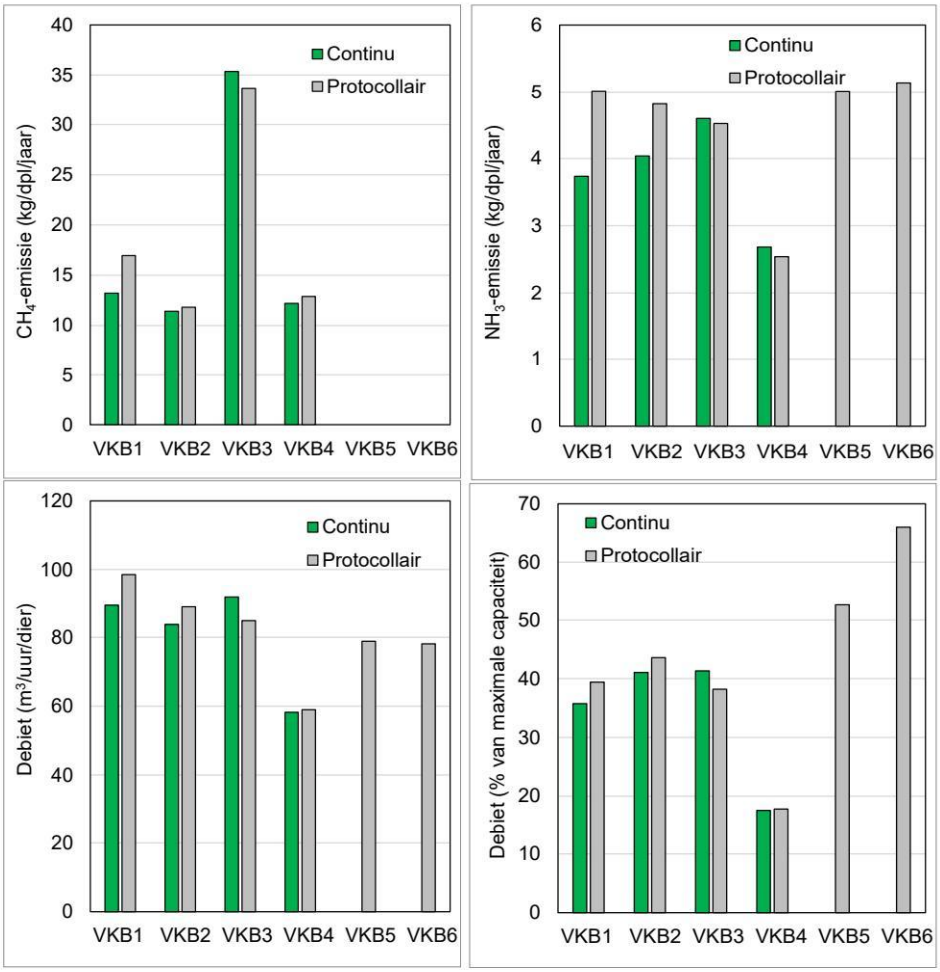
Figuur 5.1.2 *Per bedrijf, gemiddelde productiegegevens (links) en rantsoen (rechts) over twee productieronden. De landelijke gemiddelden (Blanken e.a., 2022) worden met een rode stippellijn weergegeven.*

5.1.2 Continue versus protocollaire metingen

In Tabel 5.1.3 worden de waarden (gemiddelde ± standaarddeviatie tussen bedrijven) van het ventilatiedebiet en de emissies van NH_3 en CH_4 voor zowel de continue als voor de protocollaire metingen samengevat. Gemiddelde over alle waarnemingen waren de waarden bij de protocollaire metingen hoger (20% voor de NH_3-emissie, 1% voor het ventilatiedebiet, 4% voor de CH_4-emissie) dan bij de continue metingen (zie ook Figuur 5.1.3). Hier moet opgemerkt worden dat bij twee bedrijven (VKB5 en VKB6) alleen protocollaire metingen zijn uitgevoerd. Het gemiddelde ventilatiedebiet bij VKB4 was beduidend lager dan bij de andere drie bedrijven. Wanneer het gemiddelde ventilatiedebiet wordt vergeleken met de maximale geïnstalleerde ventilatiecapaciteit (zie Tabel 5.1.2), is dit percentage bij VKB4 ook beduidend lager dan bij de andere bedrijven. Bij VKB4 werd niet alleen minder geventileerd, maar ook een veel lagere percentage van de maximale ventilatiecapaciteit gebruikt (Figuur 5.1.3).

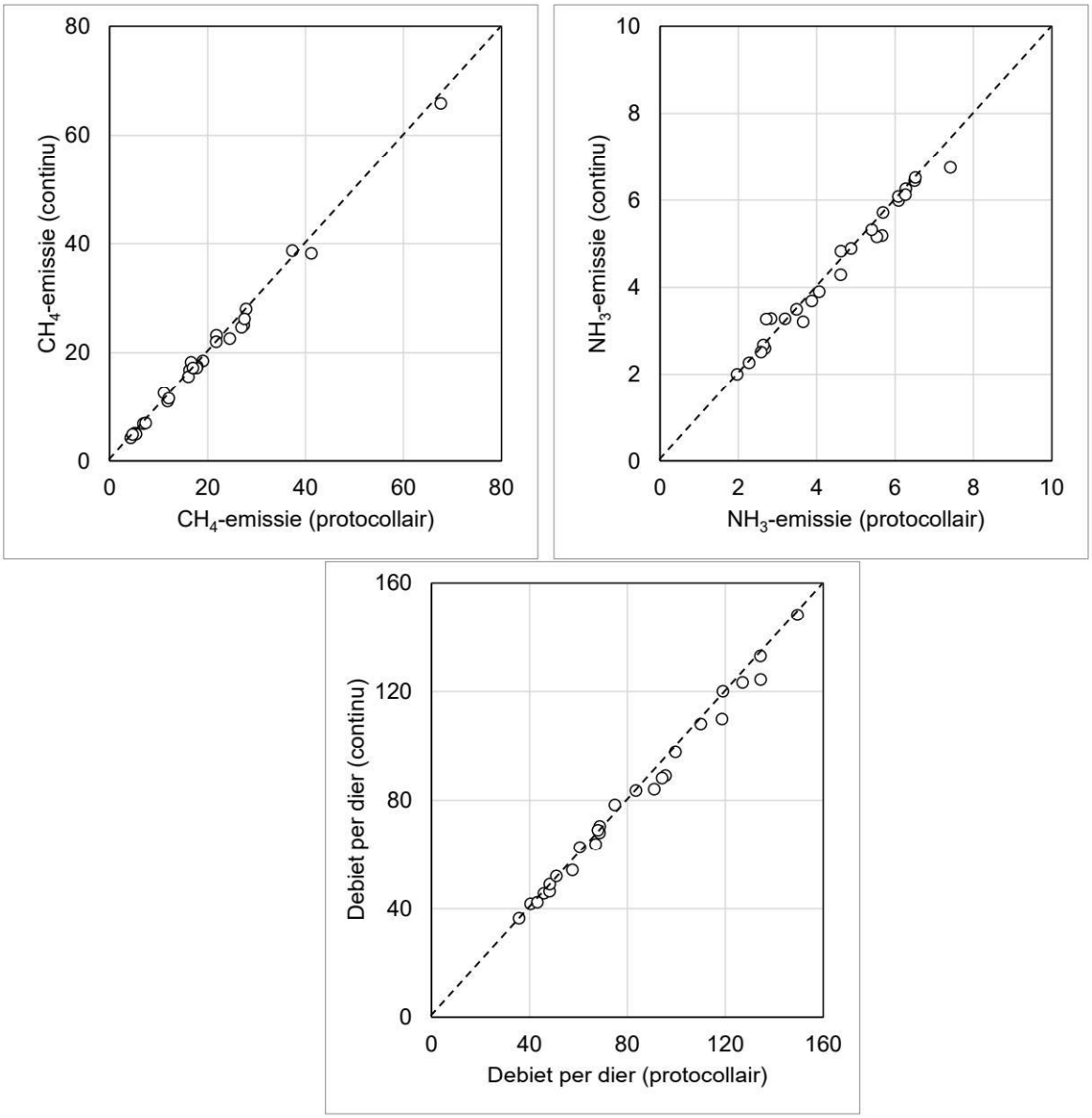
Tabel 5.1.3 *Ventilatiedebiet en emissies van CH_4 en NH_3 voor zowel de continue als de protocollaire metingen in blankvleeskalverstallen (gemiddelde ± standaarddeviatie tussen bedrijven). Voor de emissies van NH_3 en CH_4 is een leegstandsfactor van 7% (Groenestein en Aarnink, 2008) toegepast.*

Kenmerk	Continu	Protocollair
Aantal locaties	4	6
Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]	80,8 +/- 15,4	81,4 +/- 13,3
NH_3-emissie [kg/dpl/jaar]	3,8 +/- 0,8	4,5 +/- 1,0
CH_4-emissie [kg/dpl/jaar]	18,1 +/- 11,6	18,8 +/- 10,1



Figuur 5.1.3 *Per blankvleeskalverbedrijf, gemiddeld ventilatiedebiet en gemiddelde emissies van NH_3 en CH_4 voor de continue en de protocollaire metingen, wanneer gebruikt wordt gemaakt van alle beschikbare waarnemingen. Onder (rechts): per bedrijf, gemiddelde ventilatiedebiet voor de continue en de protocollaire metingen als percentage van de totale geïnstalleerde maximale ventilatiecapaciteit.*

Op basis van alleen de dagen waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd is de relatie tussen de continue en de protocollaire emissiemetingen onderzocht via een enkelvoudige lineaire regressie (zie Figuur 5.1.4) en een gepaarde dubbelzijdig t-toets. De resultaten van deze analyses worden in Tabel 5.1.4 weergegeven, en getoetst aan de criteria zoals in hoofdstuk 3.3.3. voorgesteld. Alleen de P-waarde van het snijpunt van de enkelvoudige lineaire regressie voor de NH_3-emissies voldoet (net) niet aan de criteria. Het procentueel verschil tussen de gemeten NH_3-emissiewaarden bij de continue en de protocollaire metingen is klein (<5%).



Figuur 5.1.4 *Enkelvoudige lineaire regressie tussen de continue en de protocollaire metingen in blankvleeskalverstallen, wanneer alleen gebruikt wordt gemaakt van de data die gemeten is tijdens de dagen waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd.*

Tabel 5.1.4 *Resultaten uit de enkelvoudige lineaire regressie van de relatie tussen continue en protocollaire emissiemetingen (Continu = a*Protocollair + b) en de gepaarde dubbelzijdig t-toets van de verschillen (Continu-Protocollair). Getoetst wordt of het voldaan wordt aan de criteria voor de hypothese dat continue en protocollaire metingen niet significant verschillend zijn. Voor toelichting over de parameters en criteria zie hoofdstuk 3.3.3.*

Variabelen	Analyse	Parameter	Gemeten waarde	Criteria	Voldaan aan criteria?
NH_3-emissie	Enkelvoudige lineaire regressie	Helling (a)	0,93	0,90 < a < 1,10	Ja
		Snijpunt (b) P-waarde	0,25 0,09	--- P>0,10	--- Nee
	t-toets	P-waarde	0,17	P>0,10	Ja
	Procentueel verschil	PV	-0,02	-0,10 < PV < 0,10	Ja
	Aantal metingen	n	26	≥24	Ja
CH_4-emissie	Enkelvoudige lineaire regressie	Helling (a)	0,97	0,90 < a < 1,10	Ja
		Snijpunt (b) P-waarde	0,30 0,45	--- P>0,10	--- Ja
	t-toets	P-waarde	0,11	P>0,10	Ja
	Procentueel verschil	PV	-0,02	-0,10 < PV < 0,10	Ja
	Aantal metingen	n	26	≥24	Ja

Bedrijfsmonitoring met sensoren (continue metingen) voldoet aan de criteria voor de hypothese dat continue en protocollaire metingen niet significant verschillend zijn. De enige uitzondering is de P-waarde van het snijpunt van de enkelvoudige lineaire regressie voor de NH_3-emissies. Het procentueel verschil tussen de gemeten NH_3-emissiewaarden bij de continue en de protocollaire metingen is klein (<5%).

5.1.3 Emissieniveaus op basis van protocollaire metingen

De geschatte emissieniveaus voor CH_4, NH_3, N_2O, geur en fijnstof (PM10), op basis van de protocollaire metingen, worden in Tabel 5.1.5 samengevat en in Figuur 5.1.5 grafisch weergegeven. De variatie binnen- en tussenbedrijven wordt als variatiecoëfficiënt in Tabel 5.1.6 weergegeven. In Tabel 5.1.11 worden de gemiddelde waarden per bedrijf voor zowel de continue als de protocollaire metingen gerapporteerd.

Tabel 5.1.5 *Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier] en emissies van CH_4 [kg/dpl/jaar], NH_3 [kg/dpl/jaar], N_2O [g/dpl/jaar], geur [OU_E/s/dpl] en fijnstof (PM10; [g/dpl/jaar]) in blankvleeskalverstallen tijdens de protocollaire metingen (gemiddelde ± standaarddeviatie tussen bedrijven). dpl: dierplaats. Voor de emissies van NH_3, CH_4, N_2O en PM10 is een leegstandsfactor van 7% (Groenestein en Aarnink, 2008) toegepast.*

Kenmerk	Waarde
Aantal locaties	4-6[1)]
Debiet	81,4 +/- 13,3
CH_4-emissie	18,8 +/- 10,1
NH_3-emissie	4,5 +/- 1,0
N_2O-emissie	72,6 +/- 31,2
Geuremissie	58,9 +/- 34,4
PM10-emissie	13,3 +/- 8,6

[1)] 4 locaties voor CH_4, N_2O en PM10; 6 locaties voor debiet, NH_3 en geur.

Tabel 5.1.6 *Variatiecoëfficiënten (CV) per component tussen en binnen bedrijven (%) in blankvleeskalverstallen, op basis van de protocollaire metingen. Tussen haakjes, het aantal waarnemingen voor de CV-bepalingen.*

Component	CV-tussen	CV-binnen
NH_3	25 (6)	27 (38)
CH_4	45 (4)	59 (26)
N_2O	49 (4)	68 (26)
Geur	37 (6)	58 (38)
PM10	46 (4)	58 (26)

Tabel 5.1.6 laat voor alle componenten een aanzienlijke tussenbedrijfsvariatie zien, die vergelijkbaar is met de geschatte binnenbedrijfsvariatie. Door de grootte van deze variatiecoëfficiënten is het in de meeste gevallen lastig om eventuele systematische verschillen tussen de gemeten emissiewaarden van een huisvestingssysteem en de huidige emissiefactor (statistisch significant) aan te tonen.

De gemiddelde **CH_4-emissie** (gecorrigeerd door een leegstandsfactor van 0,93 volgens Groenestein en Aarnink (2008)) was niet-significant (P>0,10) hoger dan de waarde (14,1 kg CH_4/dier/jaar) gerapporteerd in Van Bruggen e.a. (2021). Opvallend is de hoge CH_4-emissie (factor 2 hoger dan de andere bedrijven; zie Figuur 5.1.5) gemeten bij VKB3. Een mogelijke verklaring zou het verschil in mestmanagement tussen VKB3 en de andere bedrijven kunnen zijn. Bij VKB3 (met een diepere mestput en een veel hogere mestcapaciteit ten opzichte van de andere bedrijven) werd de mest 1 keer per jaar uit de stal verwijderd, bij de andere bedrijven was dit meerdere keren per jaar. Aangezien CH_4 uit mest afhankelijk is (onder andere) van 1) de hoeveelheid mest in de stal en 2) de opslagtijd (hoelang mest in de stal wordt opgeslagen) is het aannemelijk om te veronderstellen dat de CH_4-emissies bij VKB3 hoger zijn bij de andere bedrijven. Aangezien de emissies op stalniveau zijn gemeten, is het niet mogelijk om onderscheid te maken tussen emissies uit het dier (endogeen) en uit de mest en daardoor niet mogelijk om dit door middel van metingen te verifiëren. Er zijn geen literatuurgegevens gevonden van CH_4-emissiemetingen bij blankvleeskalveren om met de metingen in dit onderzoek te kunnen vergelijken.

Er is sprake van een zwak significant verschil (0,05 < P < 0,10) tussen de hogere gemiddelde **NH_3-emissies** (gecorrigeerd door een leegstandsfactor van 0,93 volgens Groenestein en Aarnink (2008)) die in dit onderzoek gemeten zijn en de huidige emissiefactor (3,5 kg NH_3/dier/jaar met 7% leegstand voor zowel Ogink e.a. (2017) en Groenestein e.a. (2008))) voor traditionele huisvestingssystemen voor vleeskalveren (www.infomil.nl) en literatuurgegevens van vóór 2005 (zie Tabel 5.1.7; Hol en Groenestein (1997), Beurskens e.a., 2004). Monteny en Hof (2020) laat ook hogere NH_3-emissiewaarden zien (5,3 kg NH_3/dierplaats/jaar) dan de huidige emissiefactor. Deze emissies zijn ook door middel van protocolaire metingen bepaald. Wanneer deze data in de analyse wordt meegenomen, is de berekende NH_3-emissie 4,6 kg NH_3/dierplaats/jaar. Opvallend is de veel lagere emissie bij VKB4 ten opzichte van de rest van de bedrijven.

Tabel 5.1.7 *Vergelijking huidig onderzoek en literatuurgegevens (NH_3) voor blankvleeskalveren.*

Literatuur	Aantal locaties	Metingen	Dagen in productieronde	Eindgewicht (kg)	Oppervlakte (m^2/dier)	NH_3-emissie (kg/dierplaats/jaar)
Hol en Groenestein (1997)	1	Continue	190	247	1,5	2,6
Beurskens en Hol (2004)	1	Continue	180	238	1,8	3,4
Monteny en Hoof (2020)	1	Aantal dagen	190	242	2,1	5,3
Dit onderzoek	6	Aantal dagen	196	275	1,9	4,5
Op basis van data na 2015	7	---	194	257	1,9	4,6

De gemiddelde **N_2O-emissie** (gecorrigeerd door een leegstandsfactor van 0,93 volgens Groenestein en Aarnink (2008)) was niet-significant (P>0,10) hoger dan de huidige emissiewaarden (36 g N_2O/dier/jaar; Van Bruggen e.a., 2021). Opvallend is hier ook de beduidend hogere emissie bij VKB3. Er zijn geen literatuurgegevens gevonden van N_2O-emissies bij blankvleeskalveren om met de metingen in dit onderzoek te kunnen vergelijken.

De gemiddelde **PM10-emissie** (gecorrigeerd door een leegstandsfactor van 0,93 volgens Groenestein en Aarnink (2008)) in dit onderzoek was significant (P<0,05) lager dan de emissiefactor (33 g PM10/dier/jaar met 7% leegstand voor zowel Ogink e.a. (2017) en Groenestein e.a. (2008)) voor traditionele huisvestingssystemen voor vleeskalveren (www.infomil.nl). Ook hier was de emissie bij VKB3 hoger dan bij de andere bedrijven. Er zijn geen literatuurgegevens gevonden van PM10-emissies bij blankvleeskalveren om met de metingen in dit onderzoek te kunnen vergelijken.

De gemiddelde **geuremissie** (geen correctie voor leegstand toegepast) was niet-significant (P>0,10) hoger dan de emissiefactor (35,6 OU_E/s/dier) voor traditionele huisvestingssystemen voor vleeskalveren (www.infomil.nl) en beschikbare literatuurgegevens (zie Tabel 5.1.8).

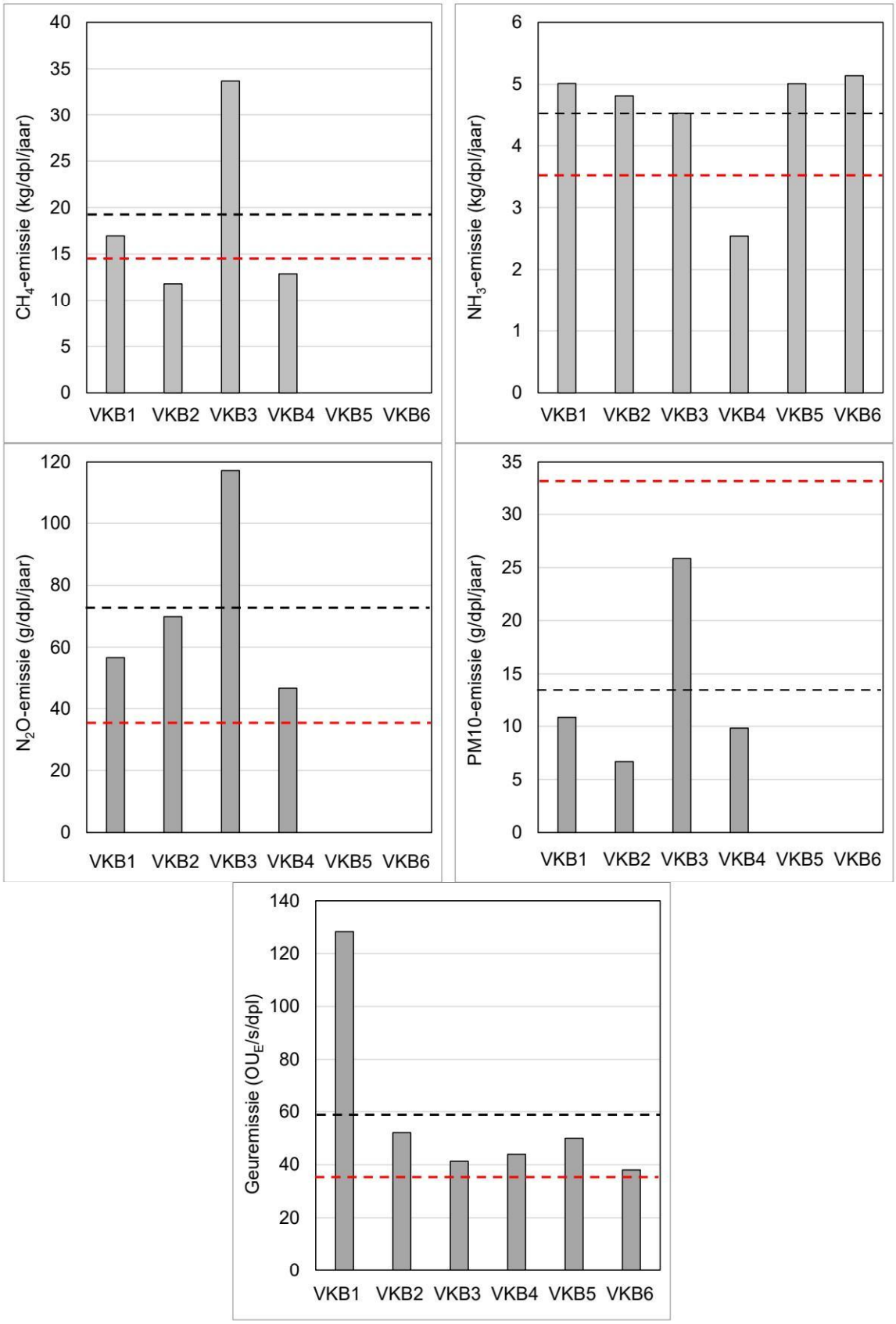
Tabel 5.1.8 *Vergelijking huidig onderzoek en literatuurgegevens (geur) voor vleeskalveren.*

Literatuur	Aantal locaties	Metingen	Dagen in productieronde	Eindgewicht (kg)	Oppervlakte (m^2/dier)	Geuremissie (OU_E/s/dierplaats)
Ogink en Lens (2001)	Onbekend	Aantal dagen	Onbekend	Onbekend	Onbekend	37,7
Beurskens en Hol (2004)	1	Aantal dagen	180	238	1,8	43,9
Dit onderzoek	6	Aantal dagen	196	275	1,9	54,8

Op basis van de in dit document gerapporteerde metingen zijn voor blankvleeskalveren de volgende emissies bepaald:

- **CH_4: 18,8 kg CH_4/dierplaats/jaar. Deze waarde is niet-significant (P>0,10) hoger dan de huidige emissiefactor (14,1 kg CH_4/dier/jaar; Van Bruggen e.a., 2021).**
- **NH_3: 4,5 kg NH_3/dierplaats/jaar. Er is sprake van een zwak significant verschil (0,05 < P < 0,10) tussen deze hogere emissiewaarde en de huidige emissiefactor (3,5 kg NH_3/dier/jaar; www.infomil.nl).**
- **N_2O: 73 g N_2O/dierplaats/jaar. Deze waarde is niet-significant (P>0,10) hoger dan de huidige emissiefactor (36 g N_2O/dier/jaar; Van Bruggen e.a., 2021).**
- **PM10: 13 g/dierplaats/jaar. Deze waarde is significant (P<0,05) lager dan de huidige emissiefactor (33 g/dier/jaar; www.infomil.nl).**
- **Geur: 58,9 OU_E/s/dierplaats. Deze waarde is niet-significant (P>0,10) hoger dan de huidige emissiefactor (35,6 OU_E/s/dierplaats; www.infomil.nl).**

Voor de emissies van NH_3, CH_4, N_2O en PM10 is een leegstandsfactor van 7% (Groenestein en Aarnink, 2008) toegepast.



Figuur 5.1.5 *Gemiddelde emissies tijdens de protocollaire metingen per bedrijf (balken) en over alle blankvleeskalverbedrijven (zwarte stippellijn). De emissiefactoren (CH_4, N_2O: Van Bruggen e.a., 2021; NH_3, geur en PM10: www.infomil.nl) worden met rode stippellijnen weergegeven. Voor de emissies van NH_3, CH_4, N_2O en PM10 is een leegstandsfactor van 7% (Groenestein en Aarnink, 2008) toegepast.*

5.1.4 Patronen en effecten van management- en omgevingsparameters

Van de onderzochte managements- en omgevingsparameters (Tabel 5.1.9) heeft alleen het ventilatiedebiet per dier (op Ln-schaal) een significante correlatie met de emissies van alle componenten. De emissie van N_2O lijkt niet (lineair) met deze parameters samen te hangen. De emissies van CH_4, geur en PM10 hebben naast het ventilatiedebiet ook een significante correlatie met de dag in het jaar en de dag in de productieronde. Voor NH_3 heeft ook de temperatuur een significante correlatie met de emissies. Figuur 5.1.6 laat een duidelijke lineaire toename van de NH_3-emissie gedurende een groot deel van de productieronde, met een daling in emissies aan het einde van de productieronde. Binnen een dag laten het ventilatiedebiet en de emissies van CH_4 en NH_3 een duidelijk patroon zien (Figuur 5.1.7). Figuur 5.1.8 laat zien (op basis van continue metingen) een (niet-lineair) jaarpatroon niet alleen voor de buitentemperatuur, maar ook voor het ventilatiedebiet, en de emissies van CH_4 en NH_3. Zowel het ventilatiedebiet als de NH_3-emissie volgen het jaarpatroon van de buitentemperatuur, met hogere waarden bij de warme maanden. Voor CH_4 is dit niet altijd het geval, met name in de winter.

Tabel 5.1.9 *Significantie (P) van de effecten van een aantal management- en omgevingsparameters op de emissies uit blankvleeskalverstallen van NH_3, CH_4, N_2O, geur en PM10 (allemaal op Ln-schaal). P≤0,001: sterk significant (groen); 0,001<P<0,05: significant (geel); 0,05≤P<0,10: zwak significant (oranje); P>0,10: niet significant (zonder kleur).*

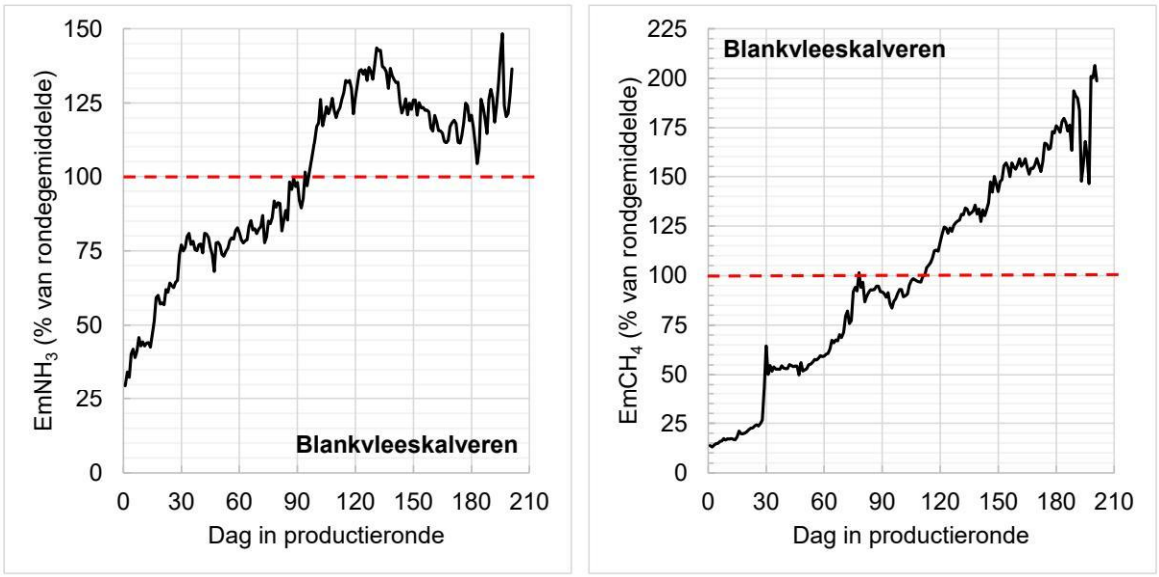
Parameter	$LnNH_3$	$LnCH_4$	LnN_2O	LnGeur	LnPM10
Tbinnen	<0,001	0,499	0,303	0,588	0,182
Tbuiten	0,020	0,622	0,111	0,741	0,211
Rvbinnen	0,860	0,335	0,531	0,631	0,491
Rvbuiten	0,812	0,973	0,599	0,856	0,683
LNDebietperdier	<0,001	<0,001	0,018	<0,001	<0,001
DagInRonde	0,009	<0,001	0,514	<0,001	<0,001
DagInJaar	0,022	0,010	0,089	0,055	0,001

Er is een significante correlatie tussen het ventilatiedebiet per dier (op Ln-schaal) en de emissie van NH_3, CH_4, N_2O, geur en PM10. De emissie van N_2O lijkt niet (lineair) met deze parameters samen te hangen. De emissies zijn ook gecorreleerd met buitentemperatuur (voor NH_3) en dag in de ronde en dag in het jaar (voor CH_4, geur en PM10).

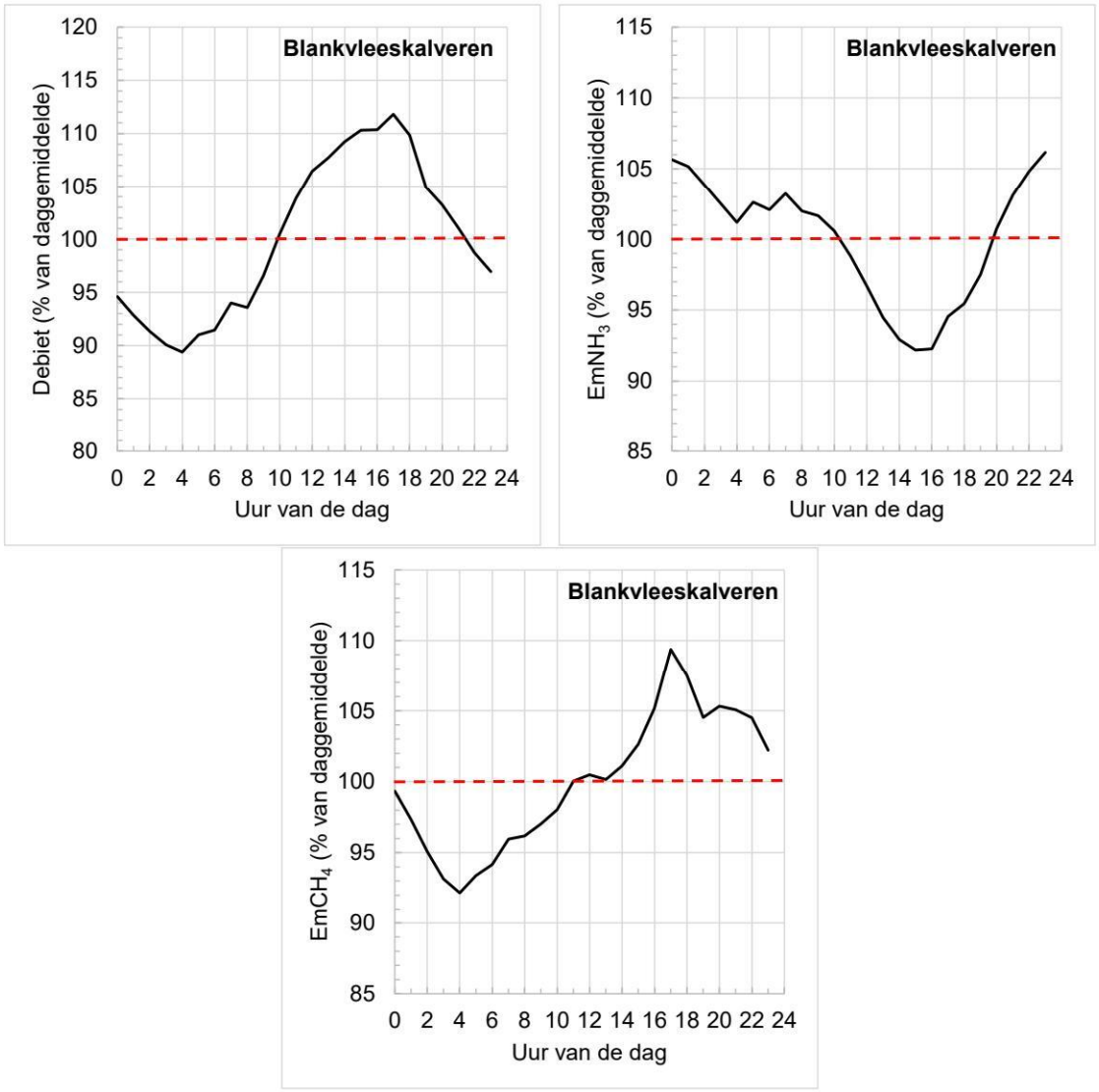
Het ventilatiedebiet en de emissies van CH_4 en NH_3 laten een duidelijk dag/nacht patroon zien.

De NH_3-emissie neemt gedurende een groot deel van de productieronde lineair toe, met een daling in emissies aan het einde van de productieronde.

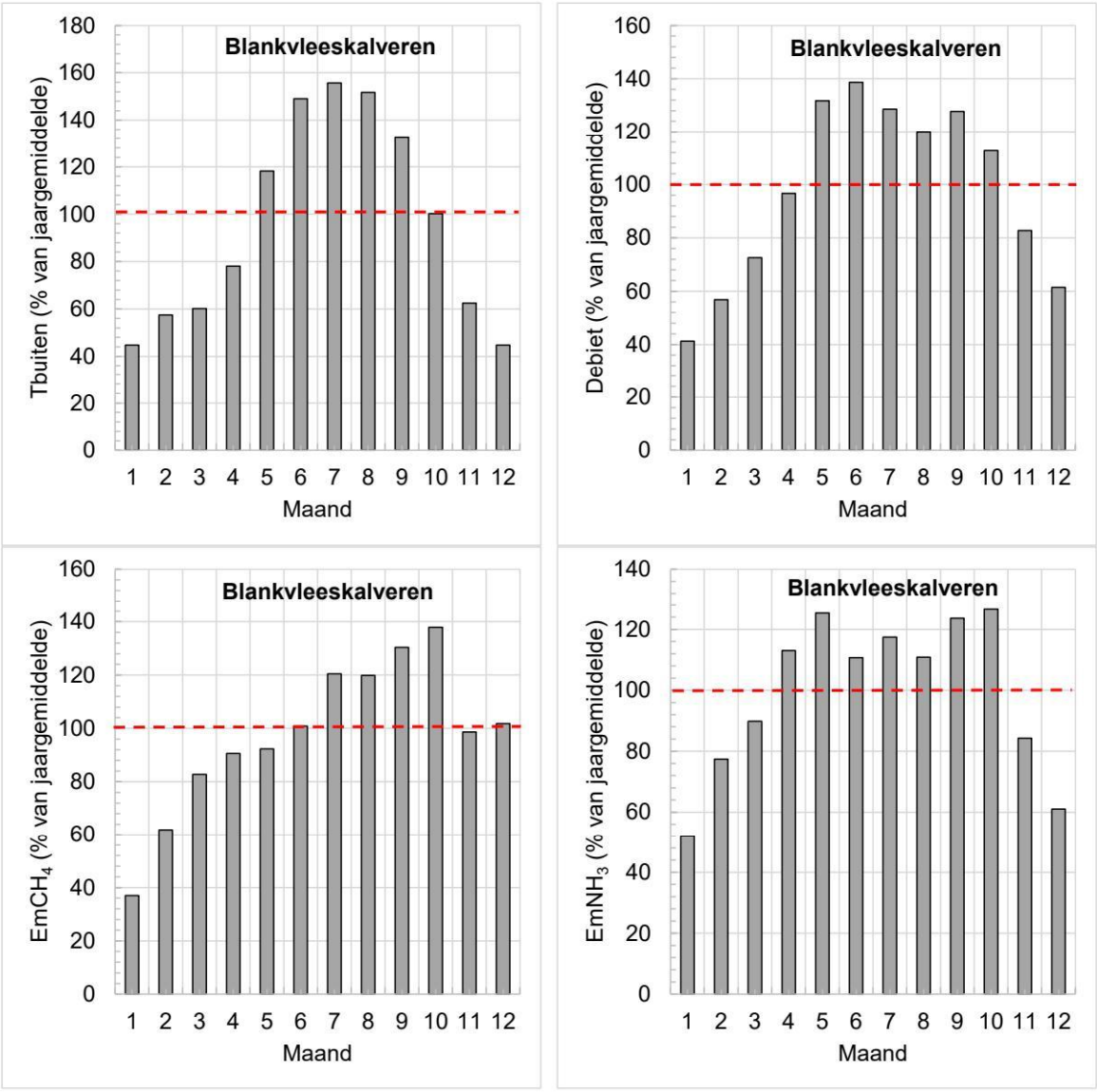
Het ventilatiedebiet en de NH_3-emissie volgen het jaarpatroon van de buitentemperatuur, met hogere waarden bij de warme maanden. De CH_4-emissie volgt in mindere mate het jaarpatroon van de buitentemperatuur.



Figuur 5.1.6 *Emissies van CH_4 en NH_3 (op basis van continue metingen) als percentage van de (gemeten) gemiddelden voor een productieronde (als rode stippellijn weergegeven).*



Figuur 5.1.7 *Dagpatroon voor het ventilatiedebiet en de emissies van CH_4 en NH_3 (op basis van continue metingen) als percentage van de (gemeten) gemiddelden per dag (als rode stippellijn weergegeven) in blankvleeskalverstallen.*



Figuur 5.1.8 *Jaarpatroon voor de buitentemperatuur, het ventilatiedebiet, en de emissies van CH_4 en NH_3, op basis van continue metingen in blankvleeskalverstallen. Alle parameters zijn weergegeven als percentage van de (gemeten) jaargemiddelden (als rode stippellijn weergegeven).*

5.1.5 Toepasbaarheid CO_2-productiemodel voor het bepalen van het ventilatiedebiet

Op alle bedrijven (VKB1 t/m VKB4) was het mogelijk om op basis van de protocollaire metingen een vergelijking te maken tussen een directe bepaling van het ventilatiedebiet met meetwaaiers (MV), en indirecte bepaling door middel van de tracergas ratiomethode (met CO_2 als door dieren en mest geproduceerde tracergas; PCO2). Voor de indirecte bepaling van het ventilatiedebiet zijn twee modellen getest:

- $P_{CO2}^{lineair}$: diergewicht op dag *i* (D_i) in de productieronde (W_i) is geschat op basis van een lineaire relatie, met uitgangspunten het gewicht aan het begin (W_o) en aan het einde (W_e) van de productieronde, en de lengte van de productieronde (L):

$$W_i = W_0 + \frac{W_e - W_0}{L} * (D_i - 1)$$

- $P_{CO2}^{lineair}$: diergewicht op dag *i* (D_i) in de productieronde (W_i) is geschat op basis van een niet-lineaire relatie (Gilbert e.a., 2023):

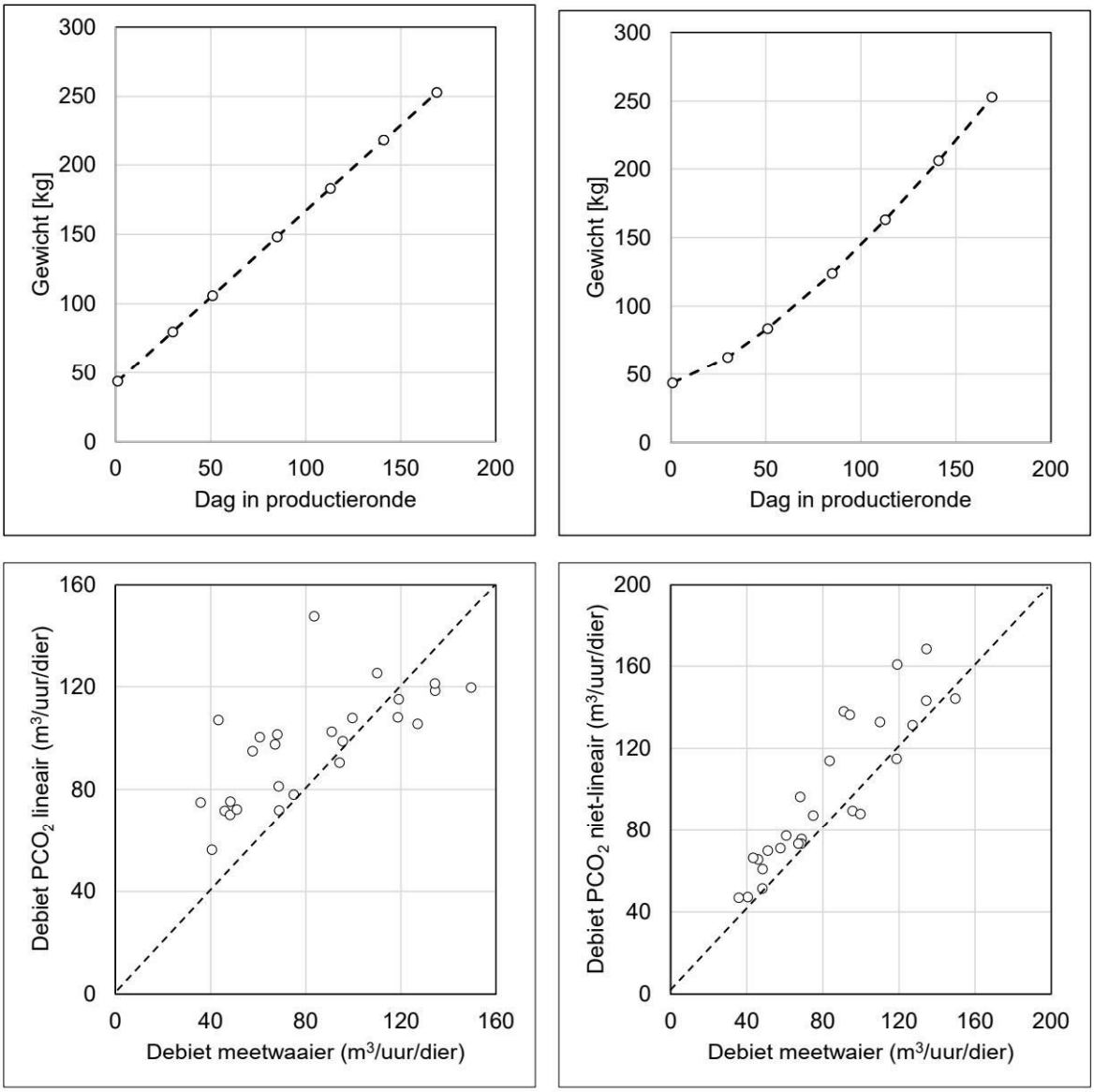
$$W_i = 0{,}0035 * D_i^2 + 0{,}67 * D_i + 41{,}29$$

De gelijkwaardigheid van directe en indirecte bepaling van het ventilatiedebiet is onderzocht via een enkelvoudige lineaire regressie (Figuur 5.1.9) en een gepaarde dubbelzijdig t-toets (zie hoofdstuk 3.3.3). De resultaten van deze analyses worden in Tabel 5.1.10 weergegeven, en getoetst aan de criteria zoals in hoofdstuk 3.3.3. voorgesteld. De resultaten in Tabel 5.1.10 laten zien dat het in de meeste gevallen niet aan de criteria wordt voldaan. Het procentueel verschil tussen beide methoden is >10%.

Tabel 5.1.10 *Resultaten uit de enkelvoudige lineaire regressie van de relatie tussen indirecte (P_{CO2}) en directe (MV) bepalingen van het ventilatiedebiet (P_{CO2} = a*MV + b) en de gepaarde dubbelzijdig t-toets van de verschillen (P_{CO2}-MV). Getoetst wordt of het voldaan wordt aan de criteria voor de hypothese dat continue en protocollaire metingen niet significant verschillend zijn. Voor toelichting over de parameters en criteria zie hoofdstuk 3.3.3.*

Variabelen	Analyse	Parameter	Gemeten waarde	Criteria	Voldaan aan criteria?
Model 1 (Lineair)	Enkelvoudige lineaire regressie	Helling (a)	0,45	0,90 < a < 1,10	Nee
		Snijpunt (b) P-waarde	59,6 <0,001	--- P>0,10	--- Nee
	t-toets	P-waarde	0,01	P>0,10	Nee
	Procentueel verschil	PV	0,18	-0,10 < PV < 0,10	Nee
	Aantal metingen	n	26	≥24	Ja
Model 2 (Niet-lineair)	Enkelvoudige lineaire regressie	Helling (a)	0,99	0,90 < a < 1,10	Ja
		Snijpunt (b) P-waarde	15,4 0,077	--- P>0,10	--- Nee
	t-toets	P-waarde	<0,001	P>0,10	Nee
	Procentueel verschil	PV	0,18	-0,10 < PV < 0,10	Nee
	Aantal metingen	n	26	≥24	Ja

De resultaten uit dit onderzoek laten zien dat het over het algemeen niet wordt voldaan aan de criteria voor gelijkwaardigheid van directe (meetwaaiers) en indirecte (P_{CO2}) bepalingen van het ventilatiedebiet. Het procentueel verschil tussen beide methoden is >10%.



Figuur 5.1.9 *Gewichtscurve (boven) en relatie tussen het ventilatiedebiet bepaald door middel van de tracergas ratiomethode (PCO2) en gemeten met meetwaaiers (MV) op basis van de protocollaire metingen in blankvleeskalverstallen (onder). Links: lineaire gewichtscurve; Rechts: niet-lineaire gewichtscurve.*

Tabel 5.1.11 *Gemiddelde waarden in blankvleeskalverstallen (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van het ventilatiedebiet, de concentraties van CO_2, NH_3, CH_4, N_2O, PM10 en geur, en de emissies van NH_3, CH_4, N_2O, PM10 en geur, voor zowel de continue als de protocollaire metingen. dpl: dierplaats; --- : niet gemeten. Voor de emissies van NH_3, CH_4, N_2O en PM10 is een leegstandsfactor van 7% (Groenestein en Aarnink, 2008) toegepast.*

	VKB1		VKB2		VKB3		VKB4	
Kenmerk	**Protocol**	**Continue**	**Protocol**	**Continue**	**Protocol**	**Continue**	**Protocol**	**Continue**
Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]	98,5 (45,9 : 149,5)	89,3 (12,2 : 181,9)	88,9 (40,5 : 127,1)	83,8 (12,4 : 176,2)	84,8 (57,6 : 134,3)	91,7 (10,0 : 194,8)	59,0 (35,7 : 99,6)	58,2 (33,5 : 112,5)
CO_2 stal [ppm]	1340 (1167 : 1604)	1354 (494 : 1891)	1305 (781 : 1808)	1269 (502 : 2125)	1274 (1005 : 1625)	1327 (835 : 2713)	1446 (940 : 2115)	1298 (417 : 2187)
CO_2 buiten [ppm]	485 (456 : 585)	500 (434 : 1123)	502 (455 : 569)	555 (450 : 989)	479 (454 : 532)	490 (420 : 580)	487 (437 : 541)	507 (468 : 574)
Meetdagen	6	380	7	399	6	375	7	330
NH_3 stal [ppm]	8,9 (6,6 : 12,0)	8,7 (4,0 : 14,9)	10,4 (7,9 : 15,5)	9,9 (3,8 : 23,3)	9,9 (5,4 : 15,0)	9,6 (4,5 : 18,7)	7,7 (6,3 : 9,6)	7,6 (1,4 : 16,9)
NH_3 buiten [ppm]	0,08 (0,05 : 0,11)	---	0,16 (0,07 : 0,40)	---	0,10 (0,06 : 0,20)	---	0,07 (0,05 : 0,11)	---
NH_3-emissie [kg/jaar per dpl]	5,0 (2,5 : 5,8)	3,7 (0,1 : 7,8)	4,8 (3,3 : 6,7)	4,0 (0,8 : 10,1)	4,5 (3,0 : 6,1)	4,6 (0,5 : 8,0)	2,5 (1,9 : 3,6)	2,7 (0,9 : 6,8)
Meetdagen	6	380	7	399	6	336	7	330
CH_4 stal [ppm]	32 (23 : 37)	30 (15 : 52)	26 (12 : 35)	28 (8 : 76)	74 (49 : 97)	71 (31 : 143)	42 (21 : 60)	38 (5 : 68)
CH_4 buiten [ppm]	2,5 (2,1 : 2,9)	---	2,8 (2,1 : 4,2)	---	2,6 (2,3 : 2,9)	---	2,9 (2,4 : 3,6)	---
CH_4-emissie [kg/jaar per dpl]	17,0 (6,4 : 25,9)	13,2 (0,3 : 30,3)	11,8 (3,9 : 22,3)	11,4 (2,0 : 35,9)	33,7 (15,5 : 62,9)	35,4 (14,2 : 69,8)	12,9 (4,4 : 20,5)	12,2 (1,1 : 31,2)
Meetdagen	6	---	7	---	6	---	7	---
N_2O stal [ppm]	0,43 (0,39 : 0,49)	---	0,45 (0,41 : 0,50)	---	0,49 (0,42 : 0,64)	---	0,43 (0,39 : 0,46)	---
N_2O buiten [ppm]	0,40 (0,36 : 0,48)	---	0,40 (0,38 : 0,41)	---	0,40 (0,37 : 0,47)	---	0,38 (0,35 : 0,41)	---
N_2O-emissie [g/jaar per dpl]	56,7 (9,2 : 219,9)	---	69,8 (43,3 : 116,0)	---	117,3 (43,2 : 172,2)	---	46,8 (29,5 : 81,2)	---
Meetdagen	6	---	7	---	6	---	7	---
PM10 stal [mg/m^3]	0,021 (0,015 : 0,027)	---	0,018 (0,013 : 0,034)	---	0,041 (0,021 : 0,069)	---	0,029 (0,020 : 0,043)	---
PM10 buiten [mg/m^3]	0,008 (0,004 : 0,013)	---	0,009 (0,002 : 0,023)	---	0,006 (0,003 : 0,009)	---	0,009 (0,004 : 0,016)	---
PM10-emissie [g/jaar per dpl]	10,8 (4,1 : 17,9)	---	6,7 (2,5 : 10,6)	---	25,8 (8,6 : 42,9)	---	9,8 (5,3 : 17,5)	---
Meetdagen	6	---	7	---	6	---	7	---
Geur stal [OU_E/m^3]	5155 (3439 : 8578)	---	2434 (1162 : 3332)	---	2074 (1048 : 4107)	---	3012 (1606 : 4737)	---
Geur-emissie [OU_E/s/dpl]	128 (53 : 320)	---	52 (16 : 101)	---	41 (17 : 79)	---	44 (21 : 71)	---

Tabel 5.1.11 (vervolg) *Gemiddelde waarden in blankvleeskalverstallen (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van het ventilatiedebiet, de concentraties van CO_2, NH_3, CH_4, N_2O, PM10 en geur, en de emissies van NH_3, CH_4, N_2O, PM10 en geur, voor zowel de continue als de protocollaire metingen. dpl: dierplaats; --- : niet gemeten. Voor de emissies van NH_3, CH_4, N_2O en PM10 is een leegstandsfactor van 7% (Groenestein en Aarnink, 2008) toegepast.*

	VKB5		VKB6	
Kenmerk	**Protocol**	**Continue**	**Protocol**	**Continue**
Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]	78,9 (56,5 : 110,1)	---	78,1 (57,8 : 114,7)	---
CO_2 stal [ppm]	1375 (918 : 1884)	---	1378 (1062 : 1581)	---
CO_2 buiten [ppm]	---	---	---	---
Meetdagen	6	---	6	---
NH_3 stal [ppm]	10,7 (7,5 : 12,9)	---	12,0 (8,5 : 15,0)	---
NH_3 buiten [ppm]	0,11 (0,06 : 0,21)	---	0,12 (0,07 : 0,16)	---
NH_3-emissie [kg/jaar per dpl]	5,0 (2,9 : 8,2)	---	5,1 (4,1 : 5,8)	---
Meetdagen	---	---	---	---
CH_4 stal [ppm]	---	---	---	---
CH_4 buiten [ppm]	---	---	---	---
CH_4-emissie [kg/jaar per dpl]	---	---	---	---
Meetdagen	---	---	---	---
N_2O stal [ppm]	---	---	---	---
N_2O buiten [ppm]	---	---	---	---
N_2O-emissie [g/jaar per dpl]	---	---	---	---
Meetdagen	---	---	---	---
PM10 stal [mg/m^3]	---	---	---	---
PM10 buiten [mg/m^3]	---	---	---	---
PM10-emissie[g/jaar per dpl]	---	---	---	---
Meetdagen	6	---	6	---
Geur stal [OU_E/m^3]	2510 (1449 : 4506)	---	1979 (665 : 2811)	---
Geur-emissie [OU_E/s/dpl]	50 (27 : 74)	---	38 (15 : 57)	---

5.2 Rosévleeskalveren

5.2.1 Meetomstandigheden

De gerapporteerde resultaten hebben betrekking op metingen die in de periode 25/02/2019 – 20/11/2022 op 4 verschillende bedrijven voor rosévleeskalveren zijn uitgevoerd. Dit betreft zowel continue metingen met sensoren (1958 meetdagen bij de opfokperiode, 2043 meetdagen bij de afmestperiode), als protocollaire metingen (in totaal 32 metingen bij de opfokperiode, en 33 metingen bij de afmestperiode) volgens geaccepteerde referentiemethoden. In Bijlage D worden voor de individuele bedrijven de data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, de gemiddelde klimaat- en managementgegevens, en de resultaten van de protocollaire metingen weergegeven. Gemiddelde over alle vier bedrijven was de gemiddelde buitentemperatuur hoger en de relatieve luchtvochtigheid lager dan de langdurige 20-jaargemiddelden (2001-2020) bij het KNMI-weerstation in De Bilt (T: 10,7 °C; RV: 81%), zowel bij de protocollaire metingen als bij de continue metingen, en zowel bij de opfok- als bij de afmestperiode (Tabel 5.2.1). De metingen passen echter in de bandbreedte van de gemeten waarden in de periode 2001-2020 (Figuur 5.2.1).

Tabel 5.2.1a *Gemiddelde waarden in rosévleeskalverstallen (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters voor zowel continue als protocollaire metingen (productiestadium: opfok).*

	Kenmerk	Overall	VKR1	VKR2	VKR3	VKR4
Protocollair	T-binnen [°C]	18,7 (10,0 : 26,3)	16,5 (10,0 : 21,3)	20,4 (16,3 : 26,3)	19,5 (16,3 : 22,3)	19,3 (15,7 : 24,1)
	RV-binnen [%]	74 (54 : 100)	75 (54 : 100)	70 (57 : 78)	74 (60 : 97)	78 (67 : 99)
	T-buiten [°C]	11,2 (2,0 : 21,9)	10,5 (5,2 : 16,3)	12,0 (5,2 : 20,7)	10,6 (3,5 : 18,9)	12,1 (2,0 : 21,9)
	RV-buiten [%]	79 (57 : 94)	78 (57 : 86)	79 (64 : 89)	79 (63 : 92)	83 (74 : 94)
Continu	T-binnen [°C]	19,1 (5,6 : 31,5)	18,3 (5,6 : 30,0)	20,4 (6,6 : 31,5)	19,4 (11,4 : 27,3)	18,2 (9,1 : 27,1)
	RV-binnen [%]	74 (42 : 102)	73 (42 : 102)	70 (45 : 98)	78 (51 : 101)	78 (47 : 100)
	T-buiten [°C]	12,1 (-3,6 : 30,9)	12,8 (-1,0 : 30,9)	12,6 (-1,7 : 30,4)	11,1 (-3,6 : 24,7)	11,4 (-3,0 : 27,4)
	RV-buiten [%]	78 (34 : 99)	74 (34 : 98)	78 (38 : 99)	83 (52 : 99)	80 (47 : 99)

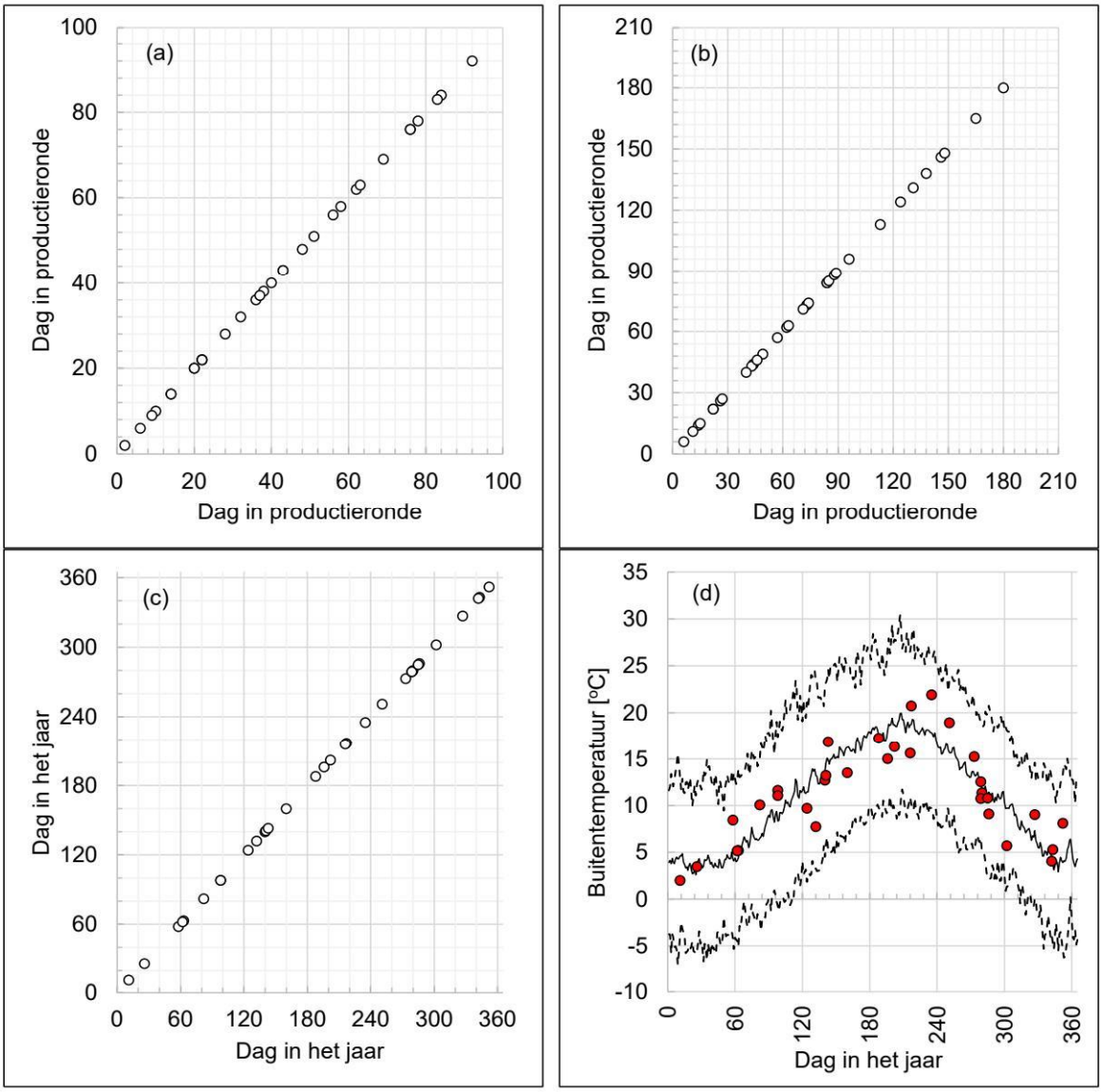
Tabel 5.2.1b *Gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters voor zowel continue als protocollaire metingen (productiestadium: afmest).*

	Kenmerk	Overall	VKR1	VKR2	VKR3	VKR4
Protocollair	T-binnen [°C]	19,5 (12,1 : 28,8)	18,1 (12,1 : 23,1)	21,6 (15,9 : 28,8)	18,2 (14,3 : 24,9)	19,7 (15,8 : 25,0)
	RV-binnen [%]	79 (55 : 98)	77 (61 : 95)	80 (57 : 98)	78 (55 : 92)	79 (73 : 87)
	T-buiten [°C]	11,6 (2,0 : 27,4)	10,5 (5,2 : 16,3)	13,5 (5,2 : 27,4)	9,0 (3,5 : 17,2)	12,4 (2,0 : 21,9)
	RV-buiten [%]	79 (51 : 94)	78 (57 : 86)	76 (51 : 89)	84 (65 : 92)	83 (74 : 94)
Continu	T-binnen [°C]	19,5 (7,1 : 31,1)	19,1 (7,1 : 30,8)	20,3 (9,6 : 31,1)	19,8 (9,5 : 30,9)	18,8 (11,4 : 28,5)
	RV-binnen [%]	78 (44 : 102)	76 (46 : 102)	81 (44 : 100)	77 (48 : 98)	78 (57 : 91)
	T-buiten [°C]	12,2 (-3,6 : 30,9)	12,8 (-1,0 : 30,9)	12,5 (-1,7 : 30,4)	11,8 (-3,6 : 25,9)	11,4 (-3,0 : 27,4)
	RV-buiten [%]	78 (34 : 99)	74 (34 : 98)	77 (38 : 99)	82 (52 : 99)	80 (47 : 99)

De protocollaire metingen (Figuur 5.2.1) zijn over de seizoenen verdeeld, met een gemiddelde dag in het jaar van 193 (opfok) en van 190 (afmest). In overeenstemming met het meetprotocol voor NH_3 (Ogink e.a., 2017) zijn de protocollaire metingen ook over de productiestadia verdeeld. Gemiddelde over de vier bedrijven was de lengte van de opfokperiode 83 dagen (met een variatie tussen 66-99 dagen). De gemiddelde dag in de productieronde bij de protocollaire metingen was 42 dagen. Er zijn 17 metingen in de eerste helft van de productieronde, en 15 metingen in de tweede helft van de productieronde. Voor de afmestperiode moet onderscheid worden gemaakt tussen jong-rosé (bedrijven VKR1, VKR3 en VKR4) en oud-rosé (VKR2). De gemiddelde lengte van de afmestperiode was 139 dagen voor jong-rosé (op basis van drie bedrijven, en met een variatie tussen bedrijven van 118-150 dagen), en van 199 dagen voor oud-rosé. De gemiddelde dag in de productieronde bij de protocollaire metingen was 63 dagen voor jong-rosé, en 99

dagen voor oud-rosé. Er zijn 17 metingen in de eerste helft van de productieronde, en 16 metingen in de tweede helft van de productieronde.

Tijdens de metingen dient aan een aantal landbouwkundige randvoorwaarden (huisvesting, klimaat, rantsoen, productie) te worden voldaan (Ogink e.a., 2017). Tabel 5.2.2 laat zien dat de metingen grotendeels aan deze voorwaarden hebben voldaan. Bij VKR1 was bij één meting tijdens de afmestperiode de bezetting<95%. De geïnstalleerde maximale ventilatiecapaciteit was bij VKR1 lager dan in Ogink e.a. (2017) voorgesteld. In Figuur 5.2.2 worden de productiegegevens met de gemiddelde waarden in Blanken e.a. (2022) grafisch vergeleken.



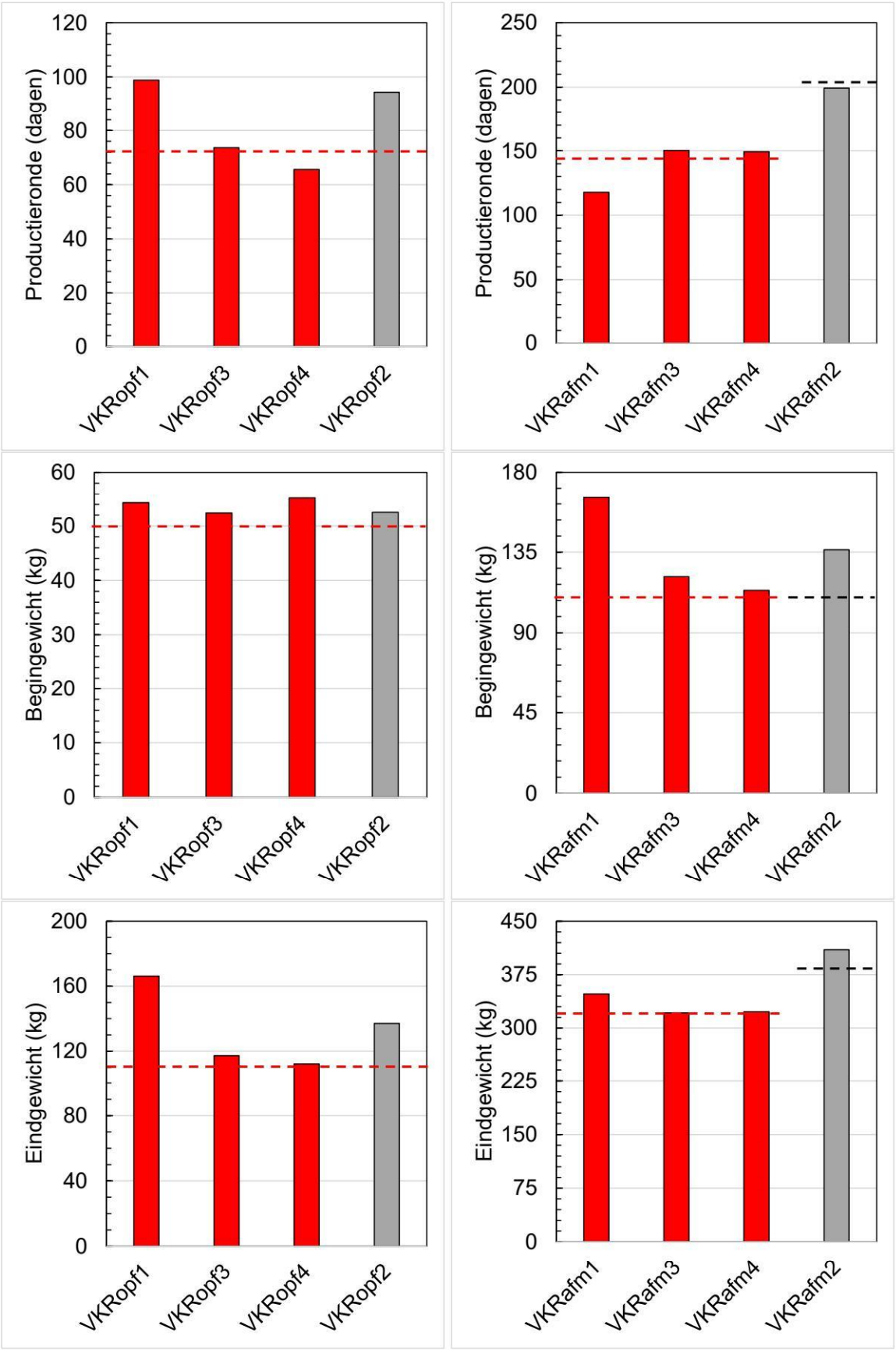
Figuur 5.2.1 *Verdeling van de metingen in rosévleeskalverstallen over de productieronde (a: opfok; b: afmest) en de seizoenen (c). d) daggemiddelde buitentemperatuur tijdens de protocollaire metingen weergegeven met rode punten, en lange termijn gemeten waarden weergegeven als zwarte lijn (gemiddelde per dag) en stippellijnen (2 x standaarddeviatie), waargenomen door het KNMI-station De Bilt in de periode 2001-2020.*

Tabel 5.2.2a *Landbouwkundige randvoorwaarden (opfok).*

Kenmerk	Voorwaarde	Voldaan?	VKR1	VKR2	VKR3	VKR4
Leefoppervlak [m^2/dier]	≥ 1,5	Ja	1,8	1,5	1,5	1,6
Huisvesting	All-in all-out	Ja	All-in all-out	All-in all-out	All-in all-out	All-in all-out
Afdeling in gebruik	> 3 maanden	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Dierplaatsen	≥ 40	Ja	156	274	505	272
Bezettingsgraad [%]	≥ 95	Ja	100 (100 : 100)	102 (101 : 102)	101 (100 : 101)	100 (100 : 101)
Uitval [%]	< 5	Ja	0	3	2	3
CO_2 stal [ppm]	< 3000	Ja	1124 (621 : 1416)	1654 (1135 : 2067)	1671 (999 : 2613)	1409 (939 : 2304)

Tabel 5.2.2b *Landbouwkundige randvoorwaarden (afmest).*

Kenmerk	Voorwaarde	Voldaan?	VKR1	VKR2	VKR3	VKR4
Leefoppervlak [m^2/dier]	≥ 1,8	Ja	1,9	2,0	1,8	1,9
Huisvesting	All-in all-out	Ja	All-in all-out	All-in all-out	All-in all-out	All-in all-out
Afdeling in gebruik	> 3 maanden	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Maximale ventilatiecapaciteit [m^3/uur/dier]	≥ 200	Deels	126	224	200	237
Dierplaatsen	≥ 40	Ja	82	286	240	270
Bezettingsgraad [%]	≥ 95	Deels	97 (91 : 98)	97 (95 : 98)	106 (106 : 106)	100 (99 : 101)
Uitval [%]	< 5	Ja	0	3	1	2
CO_2 stal [ppm]	< 3000	Ja	1078 (767 : 1297)	1582 (996 : 2016)	1741 (1452 : 2004)	1315 (1152 : 1598)



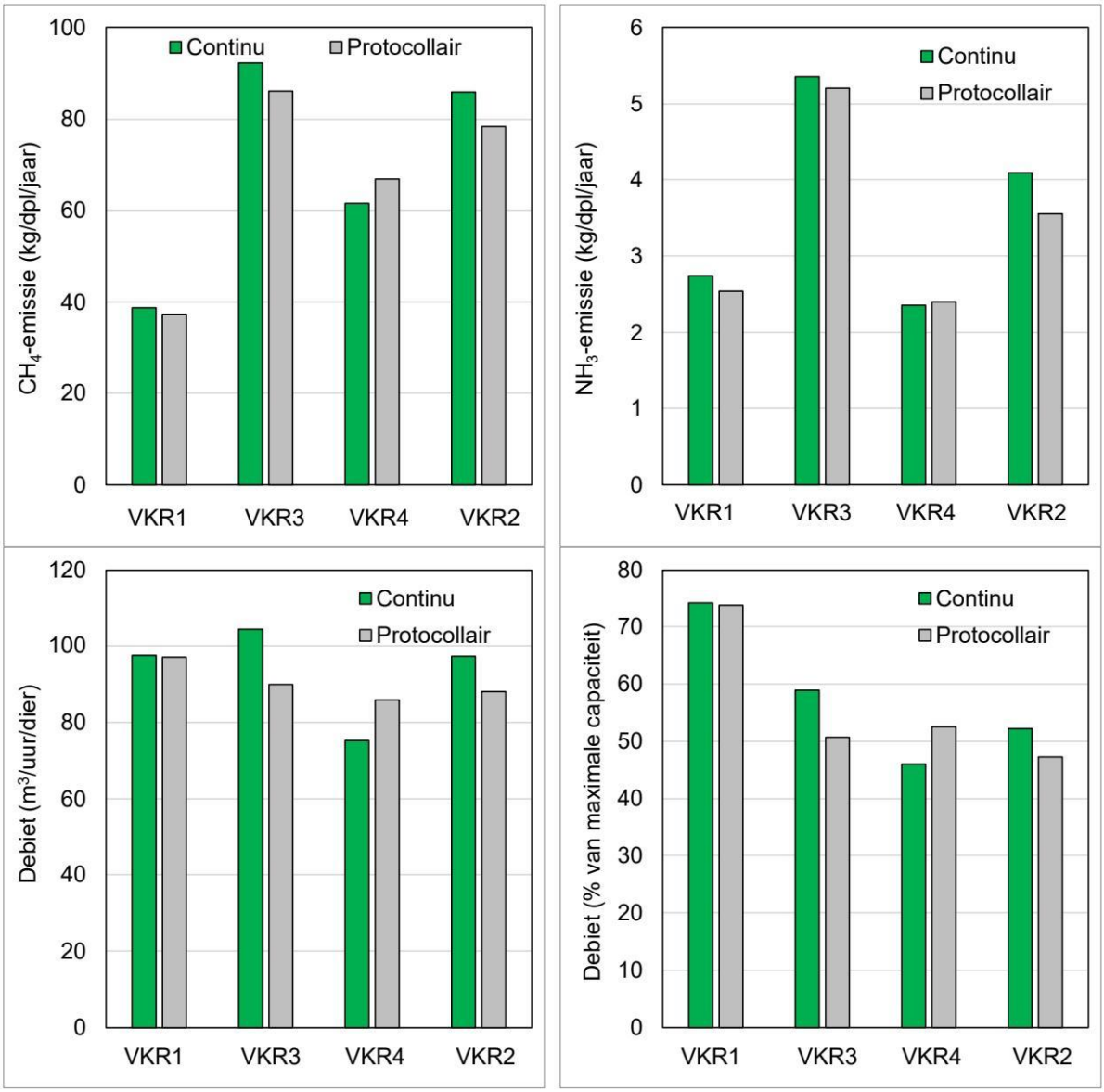
Figuur 5.1.2 *Per rosévleeskalverbedrijf, gemiddelde productiegegevens tijdens de opfok- (links) en de afmestperiode (rechts). De landelijke gemiddelden (Blanken e.a., 2022) worden met een stippellijn weergegeven. Kleurcode: Rood is voor jong-rosé, grijs/zwart is voor oud-rosé.*

5.2.2 Continue versus protocollaire metingen

In Tabel 5.2.3 worden de waarden (gemiddelde ± standaarddeviatie tussen bedrijven) van het ventilatiedebiet en de emissies van NH_3 en CH_4 voor zowel de continue als voor de protocollaire metingen samengevat. Er wordt onderscheid gemaakt tussen de twee productiestadia (opfok en afmest), en bij afmest tussen jong- en oud-rosé. De waarden op jaarbasis zijn gebaseerd op de gemeten gemiddelde emissies (in g/dag/dier), de gemiddelde lengte van een ronde voor de verschillende bedrijven, en een leegstandspercentage van 4% (zoals vermeld in Groenestein en Aarnink (2008)). Gemiddelde over alle waarnemingen waren de waarden bij de protocollaire metingen lager (3% voor de CH_4-emissie en het ventilatiedebiet, 6% voor de NH_3-emissie) dan bij de continue metingen (zie ook Figuur 5.2.3). Dit verschil wordt voornamelijk door de metingen bij VKR2 (oud-rosé).

Tabel 5.2.3 *Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier] en emissies van CH_4 en NH_3 (g/dag/dier voor opfok- en afmestperiode; kg/dierplaats per jaar voor totaal (opfok+afmest)) voor zowel de continue als de protocollaire metingen (gemiddelde ± standaarddeviatie tussen bedrijven) in rosévleeskalverstallen. Emissies op jaarbasis bepaald op basis van gemiddelde gemeten waarden (in g/dag/dier) en lengte (in dagen) van een productieronde (voor zowel opfok als afmest) voor elke afzonderlijke bedrijf.*

	Kenmerk	Aantal locaties	Ventilatiedebiet	NH_3-emissie	CH_4-emissie
Opfok	Continu	4	53,0 +/- 10,8	7,8 +/- 0,9	100,2 +/- 21,2
	Protocollair	4	52,6 +/- 11,8	7,8 +/- 1,2	94,9 +/- 20,9
Afmest (jong)	Continu	3	113,4 +/- 23,6	10,8 +/- 6,6	230,4 +/- 98,8
	Protocollair	3	110,4 +/- 9,8	10,4 +/- 6,1	229,8 +/- 87,7
Afmest (oud)	Continu	1	121,7	14,0	305,2
	Protocollair	1	110,7	11,5	275,5
Totaal (jong)	Continu	3	92,4 +/- 15,2	3,5 +/- 1,6	64,2 +/- 26,9
	Protocollair	3	90,9 +/- 5,6	3,4 +/- 1,6	63,4 +/- 24,5
Totaal (oud)	Continu	1	97,2	4,1	85,9
	Protocollair	1	88,0	3,6	78,4

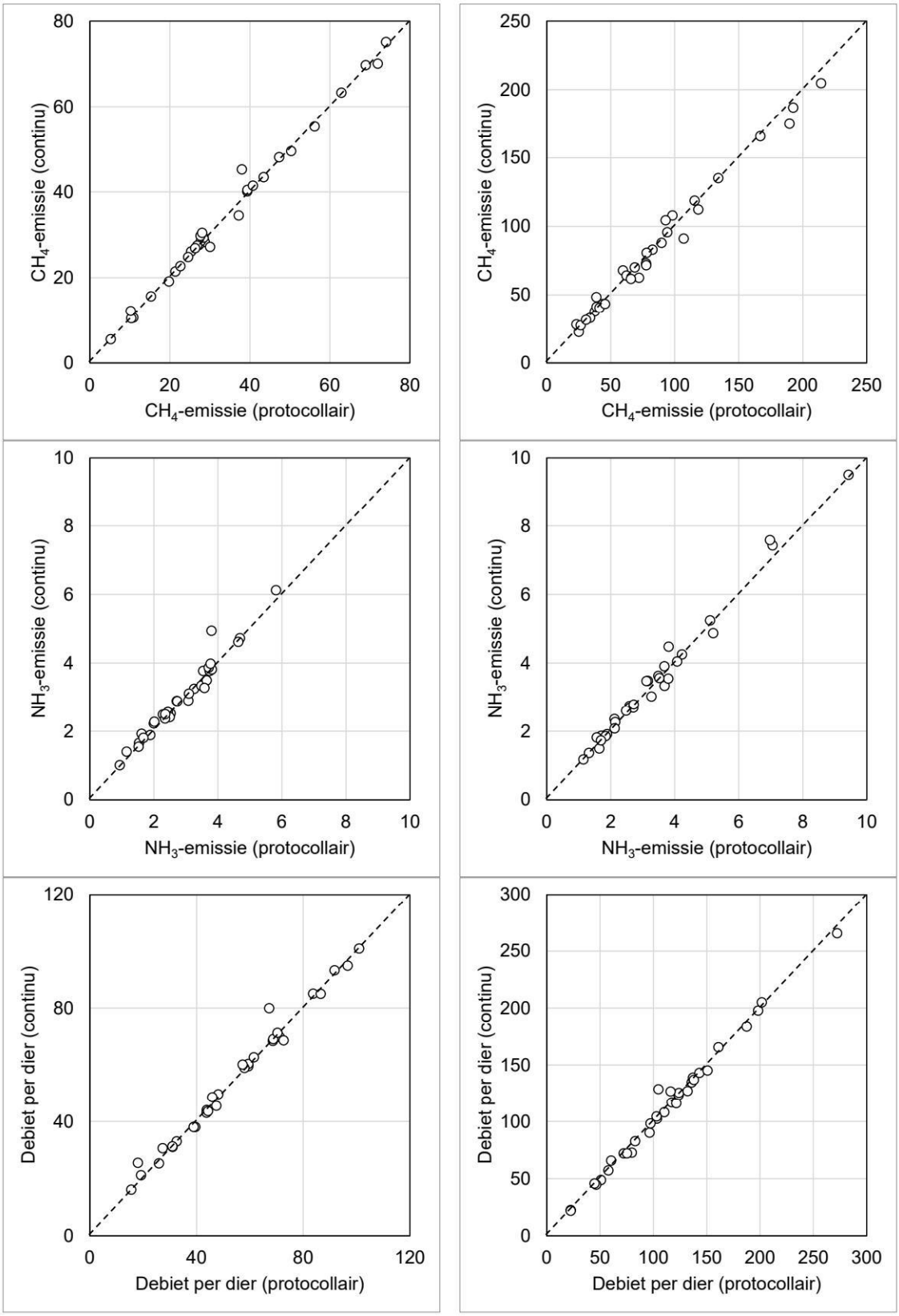


Figuur 5.2.3 *Per rosévleeskalverbedrijf, gemiddeld ventilatiedebiet en gemiddelde emissies van NH_3 en CH_4 over de volledige productieronde (opfok+afmest), voor de continue en de protocollaire metingen, wanneer gebruikt wordt gemaakt van alle beschikbare waarnemingen. Onder (rechts): per bedrijf, gemiddelde ventilatiedebiet voor de continue en de protocollaire metingen als percentage van de totale geïnstalleerde maximale ventilatiecapaciteit.*

Op basis van alleen de dagen waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd is de relatie tussen de continue en de protocollaire emissiemetingen onderzocht via een enkelvoudige lineaire regressie (zie Figuur 5.2.4) en een gepaarde dubbelzijdig t-toets. De resultaten van deze analyses worden in Tabel 5.2.4 weergegeven, en getoetst aan de criteria zoals in hoofdstuk 3.3.3. voorgesteld. Bij de opfokfase wordt voor de CH_4-emissies aan alle criteria voldaan. Voor de NH_3-emissies is dit ook het geval, met de uitzondering van de P-waarde van de t-toets. Het procentueel verschil tussen de gemeten CH_4- en NH_3-emissiewaarden bij de continue en de protocollaire metingen is klein (<5%). Bij de afmestfase wordt voor zowel de CH_4- als voor de NH_3-emissies aan alle criteria voldaan, met de uitzondering van de P-waarde van het snijpunt. Het procentueel verschil tussen de gemeten CH_4- en NH_3-emissiewaarden bij de continue en de protocollaire metingen is klein (<5%).

Tabel 5.2.4 *Resultaten uit de enkelvoudige lineaire regressie van de relatie tussen continue en protocollaire emissiemetingen (Continu = a*Protocollair + b) en de gepaarde dubbelzijdig t-toets van de verschillen (Continu-Protocollair). Getoetst wordt of het voldaan wordt aan de criteria voor de hypothese dat continue en protocollaire metingen niet significant verschillend zijn. Voor toelichting over de parameters en criteria zie hoofdstuk 3.3.3.*

Variabelen		Analyse	Parameter	Gemeten waarde	Criteria	Voldaan aan criteria?
Opfok	NH_3-emissie	Enkelvoudige lineaire regressie	Helling (a)	1,00	0,90 < a < 1,10	Ja
			Snijpunt (b) P-waarde	0,11 0,39	--- P>0,10	--- Ja
		t-toets	P-waarde	0,01	P>0,10	Nee
		Procentueel verschil	PV	0,04	-0,10 < PV < 0,10	Ja
		Aantal metingen	n	32	≥24	Ja
	CH_4-emissie	Enkelvoudige lineaire regressie	Helling (a)	0,99	0,90 < a < 1,10	Ja
			Snijpunt (b) P-waarde	0,72 0,28	--- P>0,10	--- Ja
		t-toets	P-waarde	0,13	P>0,10	Ja
		Procentueel verschil	PV	0,01	-0,10 < PV < 0,10	Ja
		Aantal metingen	n	32	≥24	Ja
Afmest	NH_3-emissie	Enkelvoudige lineaire regressie	Helling (a)	0,96	0,90 < a < 1,10	Ja
			Snijpunt (b) P-waarde	0,21 0,03	--- P>0,10	--- Nee
		t-toets	P-waarde	0,23	P>0,10	Ja
		Procentueel verschil	PV	0,02	-0,10 < PV < 0,10	Ja
		Aantal metingen	n	33	≥24	Ja
	CH_4-emissie	Enkelvoudige lineaire regressie	Helling (a)	0,95	0,90 < a < 1,10	Ja
			Snijpunt (b) P-waarde	3,65 0,07	--- P>0,10	--- Nee
		t-toets	P-waarde	0,47	P>0,10	Ja
		Procentueel verschil	PV	-0,01	-0,10 < PV < 0,10	Ja
		Aantal metingen	n	32	≥24	Ja



Figuur 5.2.4 *Enkelvoudige lineaire regressie tussen de continue en de protocollaire metingen in rosévleeskalverstallen, wanneer alleen gebruikt wordt gemaakt van de data die gemeten is tijdens de dagen waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd. Links: opfokfase; Rechts: afmestfase.*

Bedrijfsmonitoring met sensoren (continue metingen) voldoet over het algemeen aan de criteria voor de hypothese dat continue en protocollaire metingen niet significant verschillend zijn. Bij de opfokfase wordt voor de CH_4-emissies aan alle criteria voldaan. Voor de NH_3-emissies is dit ook het geval, met de uitzondering van de P-waarde van de t-toets. Het procentueel verschil tussen de gemeten CH_4- en NH_3-emissiewaarden bij de continue en de protocollaire metingen is klein (<5%). Bij de afmestfase wordt voor zowel de CH_4- als voor de NH_3-emissies aan alle criteria voldaan, met de uitzondering van de P-waarde van het snijpunt. Het procentueel verschil tussen de gemeten CH_4- en NH_3-emissiewaarden bij de continue en de protocollaire metingen is klein (<5%).

5.2.3 Emissieniveaus op basis van protocollaire metingen

De geschatte emissieniveaus voor CH_4, NH_3, N_2O, geur en fijnstof (PM10), op basis van de protocollaire metingen, worden in Tabel 5.2.5 samengevat en in Figuur 5.2.5 grafisch weergegeven. De variatie binnen- en tussenbedrijven wordt als variatiecoëfficiënt in Tabel 5.2.6 weergegeven. In Tabel 5.2.10 worden de gemiddelde waarden per bedrijf voor zowel de continue als de protocollaire metingen gerapporteerd.

Tabel 5.2.5 *Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier] en emissies van CH_4 [kg/dpl/jaar], NH_3 [kg/dpl/jaar], N_2O [g/dpl/jaar], geur [OU_E/s/dpl] en fijnstof (PM10; [g/dpl/jaar]) in rosévleeskalverstallen tijdens de protocollaire metingen (gemiddelde ± standaarddeviatie tussen bedrijven). dpl: dierplaats. ---: niet gemeten. Voor de emissies van NH_3, CH_4 en N_2O is een leegstandsfactor van 4% (Groenestein en Aarnink, 2008) toegepast.*

Kenmerk	Jong-rosé[1]	Oud-rosé[1]	Alle data[1]
Aantal locaties	3	1	4
Debiet	90,9 +/- 5,6	88,0	90,2 +/- 4,8
CH_4-emissie	63,4 +/- 24,5	78,4	67,2 +/- 21,4
NH_3-emissie	3,4 +/- 1,6	3,6	3,4 +/- 1,3
N_2O-emissie	84 +/- 30	220	119 +/- 71
Geuremissie	40,6 +/- 7,7	---	40,6 +/- 7,7
PM10-emissie	14,2 +/- 0,1	---	14,2 +/- 0,1

[1)] Emissies op jaarbasis bepaald op basis van gemiddelde gemeten waarden in dit onderzoek (in g/dag/dier), en de gemiddelde lengte (in dagen) van een productieronde (voor zowel opfok als afmest; praktijkdata uit dit onderzoek).

Tabel 5.2.6 *Variatiecoëfficiënten (CV) per component tussen en binnen bedrijven (%) in rosévleeskalverstallen, op basis van de protocollaire metingen. ---: te weinig bedrijven (n=2) om variatiecomponent te bepalen. Tussen haakjes, het aantal waarnemingen voor de CV-bepalingen.*

	Opfok		Afmest	
Component	CV-tussen	CV-binnen	CV-tussen	CV-binnen
NH_3	16 (4)	43 (32)	38 (4)	52 (34)
CH_4	24 (4)	56 (32)	32 (4)	55 (33)
N_2O	13 (4)	39 (32)	63 (4)	72 (33)
Geur	--- (2)	47 (12)	--- (2)	75 (12)
PM10	--- (2)	69 (12)	--- (2)	89 (13)

Tabel 5.2.5 laat voor alle componenten een aanzienlijke tussenbedrijfsvariatie zien, die vergelijkbaar is met de geschatte binnenbedrijfsvariatie. Door de grootte van deze variatiecoëfficiënten is het in de meeste gevallen lastig om eventuele systematische verschillen tussen de gemeten emissiewaarden van een huisvestingssysteem en de huidige emissiefactor (statistisch significant) aan te tonen.

De gemiddelde **CH_4-emissie** bij oud-rosé (op basis van metingen op één locatie) was hoger dan de gemiddelde waarde voor jong-rosé (op basis van metingen op drie meetlocaties). De waarde voor oud-rosé ligt echter in de bandbreedte van de emissies die bij de jong-rosélocaties is gemeten. Gemiddelde over alle vier bedrijven was de CH_4-emissie (gecorrigeerd door een leegstandsfactor van 0,96 volgens Groenestein en Aarnink (2008)) niet-significant (P>0,10) hoger dan de waarde (43,7 kg CH_4/dier/jaar) gerapporteerd in Van

Bruggen e.a. (2021). De berekende emissie in dit onderzoek is gebaseerd op de gemeten gemiddelde emissies (in g/dag/dier), de gemiddelde lengte van een productieronde (per bedrijf en productiestadia), en een leegstandspercentage van 4% (zoals vermeld in Groenestein en Aarnink (2008)). Opvallend is de relatief lage CH_4-emissie (factor 2 lager dan de andere bedrijven; zie Figuur 5.2.5) gemeten bij VKR1. Er zijn geen literatuurgegevens gevonden van CH_4-emissiemetingen bij rosévleeskalveren om met de metingen in dit onderzoek te kunnen vergelijken.

De gemiddelde **NH_3-emissie** bij oud-rosé was hoger dan (maar in de bandbreedte van) de gemiddelde waarde voor jong rosé. Gemiddelde over alle vier bedrijven was de NH_3-emissie (gecorrigeerd door een leegstandsfactor van 0,96 volgens Groenestein en Aarnink (2008)) niet significant (P>0,10) lager dan de emissiefactor (3,5 kg NH_3/dier/jaar (www.infomil.nl) voor 7% leegstand (Ogink e.a., 2017); 3,6 kg NH_3/dier/jaar voor 4% leegstand (Groenestein e.a., 2008)). Tabel 5.2.7 laat zien dat deze waarden iets lager zijn dan de metingen gerapporteerd in Beurskens e.a. (2004).

Tabel 5.2.7 *Vergelijking huidig onderzoek en literatuurgegevens (NH_3) voor rosévleeskalveren. NH_3-emissie over de volledige productieronde (opfok + afmest) in kg/dierplaats/jaar. Voor deze emissies is een leegstandsfactor van 4% toegepast.*

Productie	Literatuur	Aantal locaties	Dagen in productieronde (opfok + afmest)	NH_3-emissie (continue)	NH_3-emissie (protocol)
Jong rosé	Beurskens e.a. (2004)	1	224 (70 + 154)	3,7	---
	Dit onderzoek	3	219 (80 + 139)	3,5	3,4
Oud rosé	Dit onderzoek	1	293 (94 + 199)	4,1	3,6

De gemiddelde **N_2O-emissie** bij oud-rosé was significant (P<0,05) hoger dan voor jong-rosé. Over alle drie bedrijven voor jong-rosé was de N_2O-emissie (gecorrigeerd door een leegstandsfactor van 0,96 volgens Groenestein en Aarnink (2008)) niet-significant (P>0,10) hoger dan de huidige emissiewaarden (68 g N_2O/dier/jaar; Van Bruggen e.a., 2021). Er zijn geen literatuurgegevens gevonden van N_2O-emissies bij rosévleeskalveren om met de metingen in dit onderzoek te kunnen vergelijken.

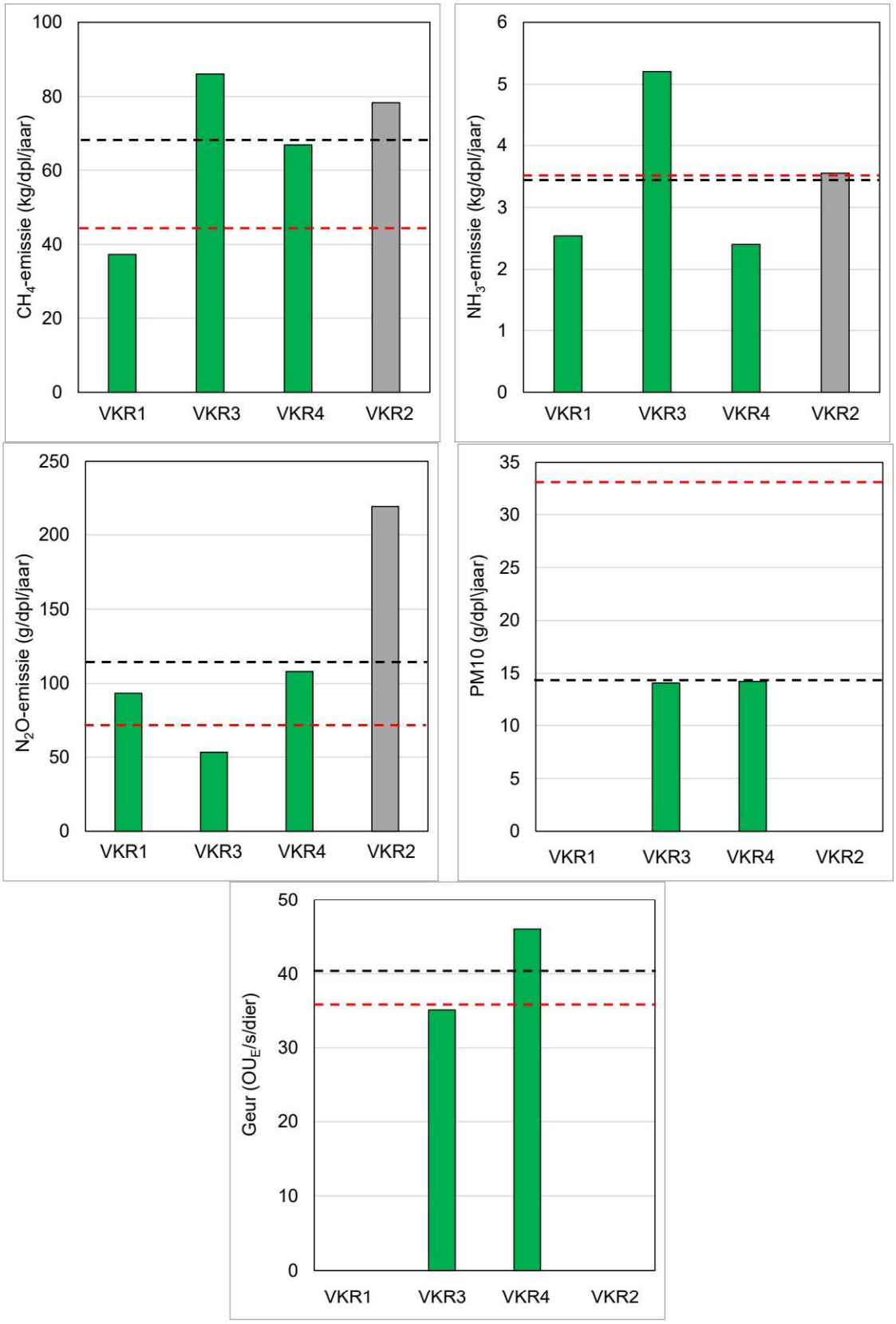
De gemiddelde **PM10-emissie** (gecorrigeerd door een leegstandsfactor van 0,96 volgens Groenestein en Aarnink (2008)) in dit onderzoek was significant (P<0,05) lager dan de emissiefactor (33 g PM10/dier/jaar (www.infomil.nl) voor 7% leegstand (Ogink e.a., 2017); 34 g PM10/dier/jaar voor 4% leegstand (Groenestein e.a., 2008)). Er zijn geen literatuurgegevens gevonden van PM10-emissies bij blankvleeskalveren om met de metingen in dit onderzoek te kunnen vergelijken.

De gemiddelde **geuremissie** (geen correctie voor leegstand toegepast) was niet-significant (P>0,10) hoger dan de emissiefactor (35,6 OU_E/s/dier) voor traditionele huisvestingssystemen voor vleeskalveren (www.infomil.nl), en iets lager dan de waarden (47,0 OU_E/s/dier) gerapporteerd in Beurskens e.a. (2004).

Op basis van de in dit document gerapporteerde metingen zijn voor rosévleeskalveren de volgende emissies bepaald:

- **CH_4: 67,2 kg CH_4/dierplaats/jaar. Deze waarde is niet-significant (P>0,10) hoger dan de huidige emissiefactor (43,7 kg CH_4/dier/jaar; Van Bruggen e.a., 2021).**
- **NH_3: 3,4 kg NH_3/dierplaats/jaar. Deze waarde is niet-significant (P>0,10) lager dan de huidige emissiefactor (3,5 kg NH_3/dier/jaar; www.infomil.nl).**
- **N_2O: 119 g N_2O/dierplaats/jaar. Deze waarde is niet-significant (P>0,10) hoger dan de huidige emissiefactor (68 g N_2O/dier/jaar; Van Bruggen e.a., 2021).**
- **PM10: 14 g/dierplaats/jaar. Deze waarde is significant (P<0,05) lager dan de huidige emissiefactor (33 g/dier/jaar; www.infomil.nl).**
- **Geur: 40,6 OU_E/s/dierplaats. Deze waarde is niet-significant (P>0,10) hoger dan de huidige emissiefactor (35,6 OU_E/s/dierplaats; www.infomil.nl).**

Voor de emissies van NH_3, CH_4, N_2O en PM10 is een leegstandsfactor van 4% (Groenestein en Aarnink, 2008) toegepast.



Figuur 5.2.5 *Gemiddelde emissies tijdens de protocollaire metingen per bedrijf (groene balken: jong rosé; grijze balken: oud rosé) en over alle rosévleeskalverbedrijven (zwarte stippellijn). De emissiefactoren (CH_4, N_2O: Van Bruggen e.a., 2021; NH_3, geur en PM10: www.infomil.nl) worden met rode stippellijnen weergegeven. Voor de emissies van NH_3, CH_4, N_2O en PM10 is een leegstandsfactor van 4% (Groenestein en Aarnink, 2008) toegepast.*

5.2.4 Patronen en effecten van management- en omgevingsparameters

Temperatuur en het ventilatiedebiet (op Ln-schaal) hadden een significante correlatie met de emissies van NH_3 en PM10, zowel bij de opfok als bij de afmestfase (Tabel 5.2.8). Bij de afmestfase had ook dag in de ronde een significante correlatie met deze emissies (zie ook Figuur 5.2.6). Het ventilatiedebiet (op Ln-schaal) had ook een significante correlatie met de emissies van CH_4 en N_2O. Temperatuur (afmestfase) had ook een significante correlatie met de emissies van CH_4 en N_2O. Voor CH_4 had daarnaast ook dag in de ronde een significante correlatie (zie ook Figuur 5.2.6). Voor geur zijn alleen bij de afmestfase parameters gevonden (temperatuur en ventilatiedebiet) die een significante correlatie hadden met de emissies. Binnen een dag laten het ventilatiedebiet en de emissies van CH_4 en NH_3 een duidelijk patroon zien (Figuur 5.2.7). Figuur 5.2.8 laat zien (op basis van continue metingen) een (niet-lineair) jaarpatroon niet alleen voor de buitentemperatuur, maar ook voor het ventilatiedebiet, en de emissies van CH_4 en NH_3. Zowel het ventilatiedebiet als de NH_3-emissie volgen het jaarpatroon van de buitentemperatuur, met hogere waarden bij de warme maanden. Voor CH_4 is dit niet altijd het geval.

Tabel 5.2.8 *Significantie (P) van de effecten van een aantal management- en omgevingsparameters op de emissies uit rosévleeskalverstallen van NH_3, CH_4, N_2O, geur en PM10 (allemaal op Ln-schaal). P≤0,001: sterk significant (groen); 0,001<P<0,05: significant (geel); 0,05≤P<0,10: zwak significant (oranje); P>0,10: niet significant (geen kleur).*

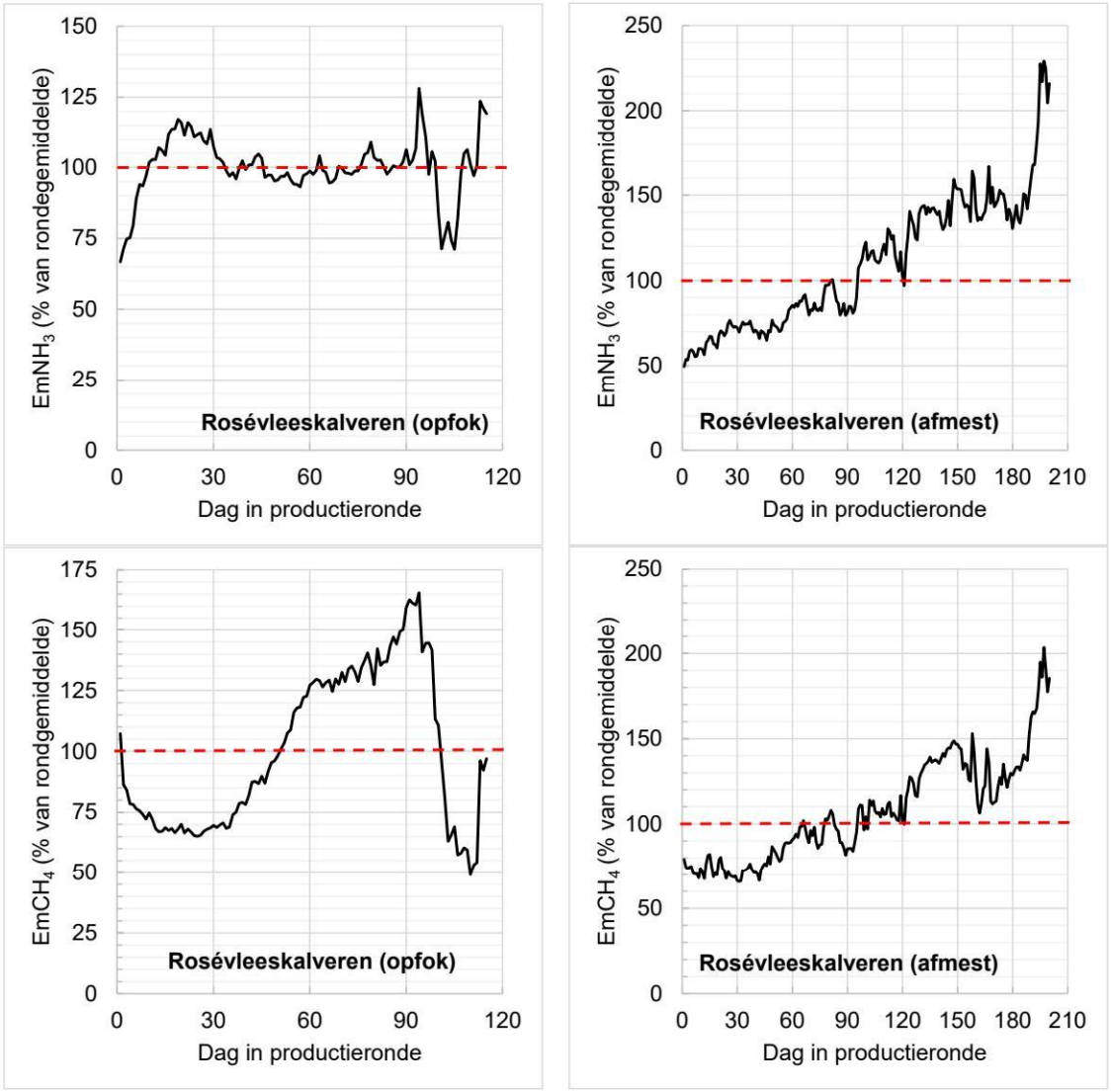
	Parameter	$LnNH_3$	$LnCH_4$	LnN_2O	LnGeur	LnPM10
Opfok	Tbinnen	0,020	0,214	0,228	0,566	0,052
	Tbuiten	0,003	0,413	0,523	0,645	0,006
	LNDebietperdier	0,002	0,033	0,075	0,817	<0,001
	DagInRonde	0,523	<0,001	0,245	0,174	0,725
	DagInJaar	0,697	0,577	0,221	0,675	0,633
Afmest	Tbinnen	0,001	0,031	0,083	0,004	0,004
	Tbuiten	<0,001	0,016	0,041	0,014	0,007
	LNDebietperdier	<0,001	<0,001	0,003	<0,001	<0,001
	DagInRonde	0,011	0,074	0,111	0,187	0,011
	DagInJaar	0,751	0,403	0,846	0,812	0,917

Het ventilatiedebiet per dier (op Ln-schaal) heeft een significante correlatie met de emissie van NH_3, CH_4, N_2O, PM10 en geur (met uitzondering van opfokfase). Buitentemperatuur (voor NH_3 en PM10 in de opfokfase, en voor alle componenten in de afmestfase) en dag in de ronde (voor CH_4 in de opfok- en afmestfase, voor NH_3 en PM10) hebben ook een significante correlatie met de emissies.

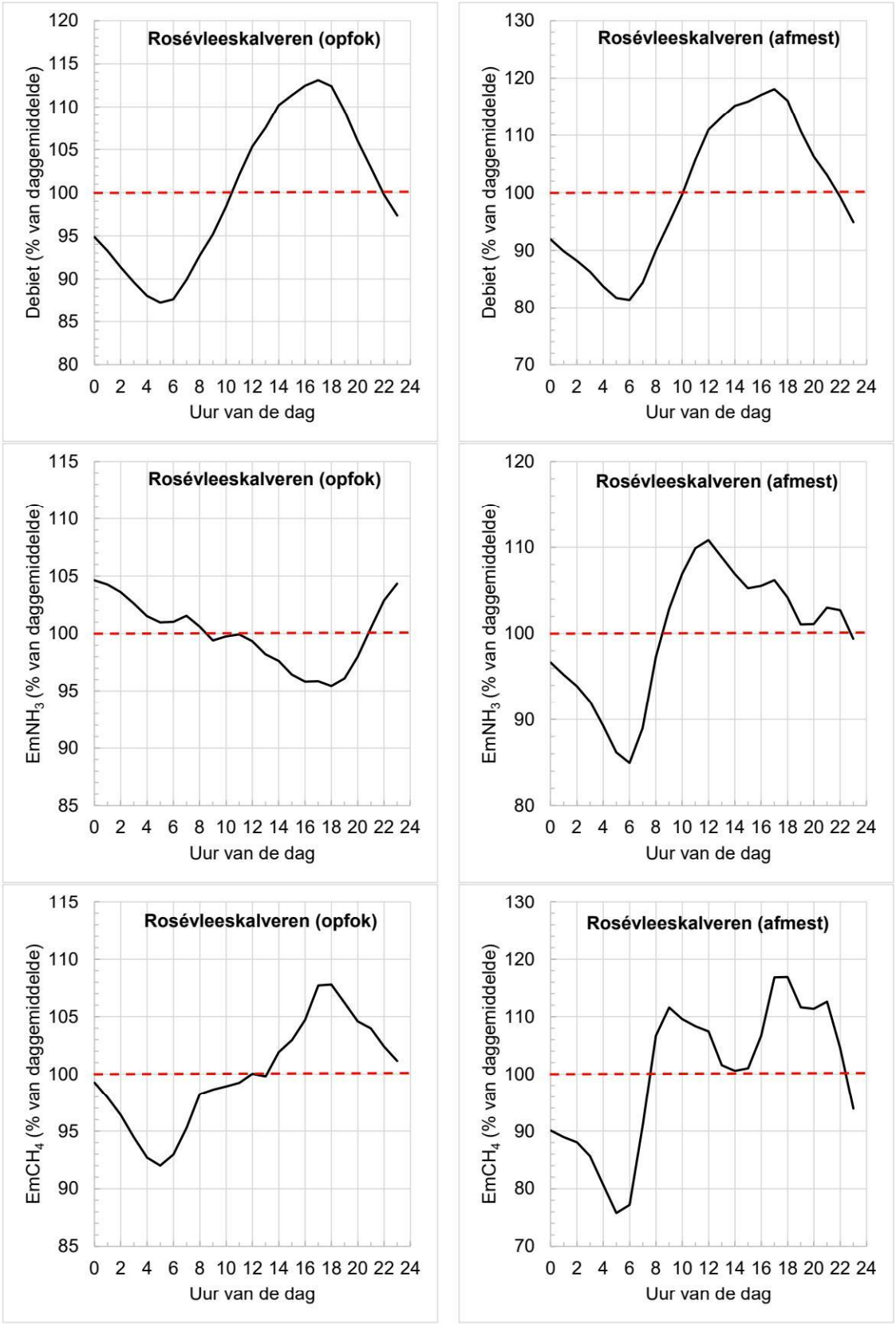
Het ventilatiedebiet en de emissies van CH_4 en NH_3 laten een duidelijk dag/nacht patroon zien.

De NH_3-emissie neemt gedurende een groot deel van de productieronde lineair toe, met een daling in emissies aan het einde van de productieronde.

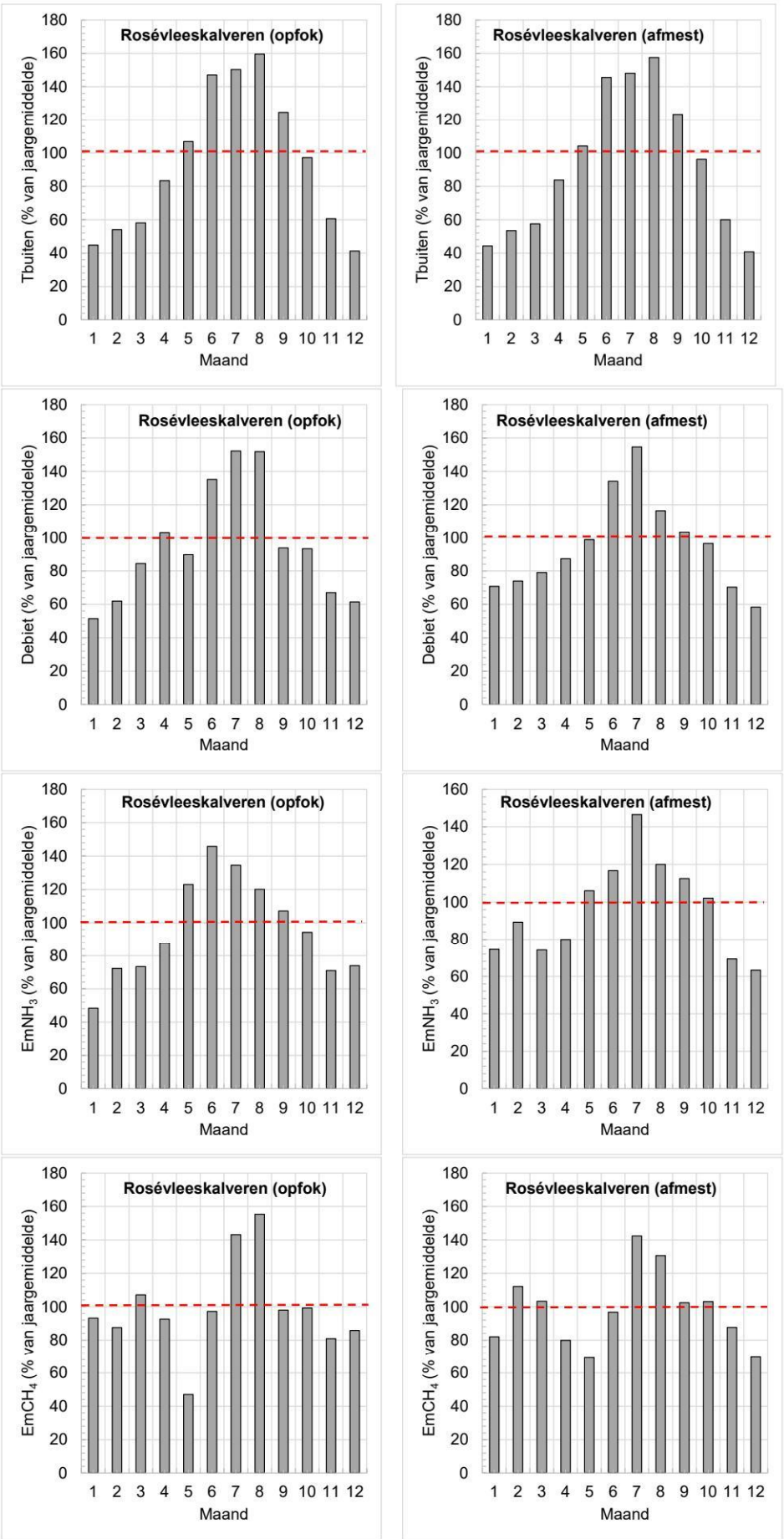
Het ventilatiedebiet en de NH_3-emissie volgen het jaarpatroon van de buitentemperatuur, met hogere waarden bij de warme maanden. De CH_4-emissie volgt in mindere mate het jaarpatroon van de buitentemperatuur.



Figuur 5.2.6 *Emissies van CH_4 en NH_3 (op basis van continue metingen) als percentage van de (gemeten) gemiddelden voor een productieronde (als rode stippellijn weergegeven) in rosévleeskalverstallen.*



Figuur 5.2.7 *Dagpatroon voor het ventilatiedebiet en de emissies van CH_4 en NH_3 in rosévleeskalverstallen (op basis van continue metingen) als percentage van de (gemeten) gemiddelden per dag (als rode stippellijn weergegeven).*



Figuur 5.2.8 *Jaarpatroon voor de buitentemperatuur, het ventilatiedebiet, en de emissies van CH_4 en NH_3, op basis van continue metingen in rosévleeskalverstallen. Alle parameters zijn weergegeven als percentage van de (gemeten) jaargemiddelden (als rode stippellijn weergegeven).*

5.2.5 Toepasbaarheid CO_2-productiemodel voor het bepalen van het ventilatiedebiet

Op alle bedrijven (VKR1 t/m VKR4) was het mogelijk om op basis van de protocollaire metingen een vergelijking te maken tussen een directe bepaling van het ventilatiedebiet met meetwaaiers (MV), en indirecte bepaling door middel van de tracergas ratiomethode (met CO_2 als door dieren en mest geproduceerde tracergas; PCO2). Voor de indirecte bepaling van het ventilatiedebiet is het gewicht van de dieren geschat op basis van een lineair model, aangezien in de literatuur geen non-lineair model is gevonden. Bij dit lineair model wordt het diergewicht op dag *i* (D_i) in de productieronde (W_i) geschat op basis van een lineaire relatie, met uitgangspunten het gewicht aan het begin (W_o) en aan het einde (W_e) van de productieronde, en de lengte van de productieronde (L):

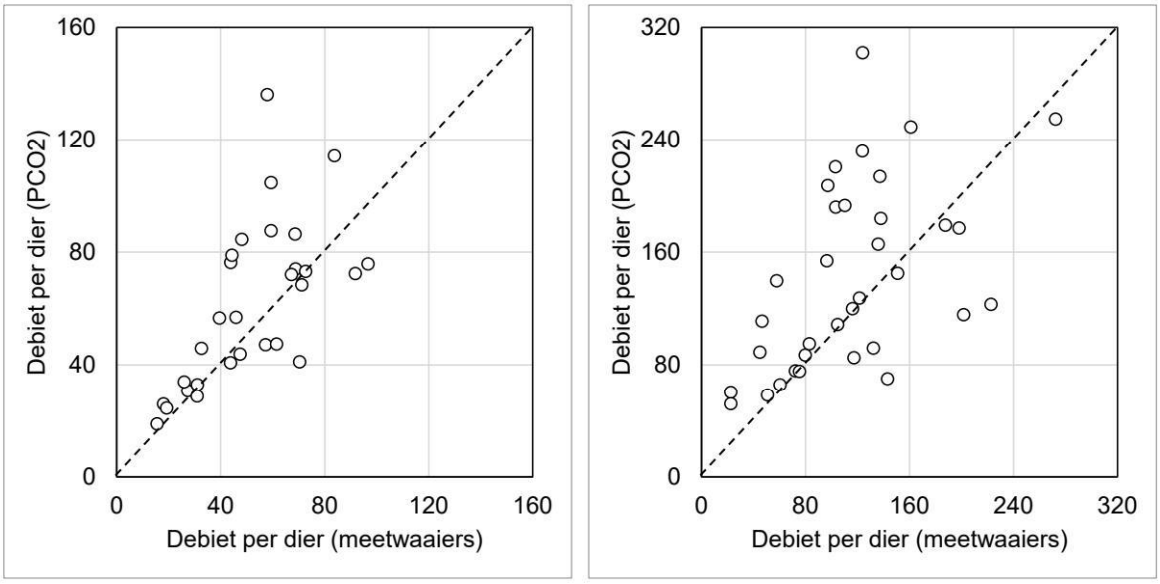
$$W_i = W_0 + \frac{W_e - W_0}{L} * (D_i - 1)$$

De gelijkwaardigheid van directe en indirecte bepaling van het ventilatiedebiet is onderzocht via een enkelvoudige lineaire regressie (Figuur 5.2.9) en een gepaarde dubbelzijdig t-toets (zie hoofdstuk 3.3.3). De resultaten van deze analyses worden in Tabel 5.2.9 weergegeven, en getoetst aan de criteria zoals in hoofdstuk 3.3.3. voorgesteld. De resultaten in Tabel 5.2.9 laten zien dat het in de meeste gevallen niet aan de criteria wordt voldaan. Het procentueel verschil tussen beide methoden is >10%.

Tabel 5.2.9 *Resultaten uit de enkelvoudige lineaire regressie van de relatie tussen indirecte (P_{CO2}) en directe (MV) bepalingen van het ventilatiedebiet (P_{CO2} = a*MV + b) en de gepaarde dubbelzijdig t-toets van de verschillen (P_{CO2}-MV). Getoetst wordt of het voldaan wordt aan de criteria voor de hypothese dat continue en protocollaire metingen niet significant verschillend zijn. Voor toelichting over de parameters en criteria zie hoofdstuk 3.3.3.*

Fase	Analyse	Parameter	Gemeten waarde	Criteria	Voldaan aan criteria?
Opfok	Enkelvoudige lineaire regressie	Helling (a)	0,84	0,90 < a < 1,10	Nee
		Snijpunt (b) P-waarde	18,3 0,085	--- P>0,10	--- Nee
	t-toets	P-waarde	0,008	P>0,10	Nee
	Procentueel verschil	PV	0,19	-0,10 < PV < 0,10	Nee
	Aantal metingen	n	31	≥24	Ja
Afmest	Enkelvoudige lineaire regressie	Helling (a)	0,60	0,90 < a < 1,10	Nee
		Snijpunt (b) P-waarde	72,6 0,003	--- P>0,10	--- Nee
	t-toets	P-waarde	0,008	P>0,10	Nee
	Procentueel verschil	PV	0,23	-0,10 < PV < 0,10	Nee
	Aantal metingen	n	34	≥24	Ja

De resultaten uit dit onderzoek laten zien dat het over het algemeen niet wordt voldaan aan de criteria voor gelijkwaardigheid van directe (meetwaaiers) en indirecte (P_{CO2}) bepalingen van het ventilatiedebiet. Het procentueel verschil tussen beide methoden is >10%.



Figuur 5.2.9 *Relatie tussen het ventilatiedebiet bepaald door middel van de tracergas ratiomethode (PCO2) en gemeten met meetwaaiers (MV) op basis van de protocollaire metingen in rosévleeskalverstallen. Links: opfokfase; Rechts: afmestfase.*

Tabel 5.2.10a *Gemiddelde waarden in rosévleeskalverstallen (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van het ventilatiedebiet, de concentraties van CO_2, NH_3, CH_4, N_2O, PM10 en geur, en de emissies van NH_3, CH_4, N_2O, PM10 en geur, voor zowel de continue als de protocollaire metingen bij de opfokfase. dpl: dierplaats; ---: niet gemeten. Voor de emissies van NH_3, CH_4, N_2O en PM10 is een leegstandsfactor van 4% (Groenestein en Aarnink, 2008) toegepast.*

	VKR1		VKR2		VKR3		VKR4	
Kenmerk	**Protocollair**	**Continu**	**Protocollair**	**Continu**	**Protocollair**	**Continu**	**Protocollair**	**Continu**
Ventilatiedebiet	68,5	69,0	40,1	45,4	51,0	48,5	51,0	49,1
[m^3/uur/dier]	(43,8 : 101,0)	(8,4 : 138,8)	(18,0 : 61,5)	(7,2 : 115,6)	(15,5 : 96,6)	(13,2 : 119,3)	(25,9 : 86,5)	(8,4 : 106,7)
CO_2 stal [ppm]	1124 (621 : 1416)	1160 (659 : 1514)	1654 (1135 : 2067)	1536 (567 : 2563)	1671 (999 : 2613)	1571 (511 : 3533)	1409 (939 : 2304)	1281 (556 : 2298)
CO_2 buiten [ppm]	476 (454 : 506)	611 (541 : 714)	485 (457 : 551)	551 (508 : 644)	515 (456 : 566)	485 (419 : 690)	473 (432 : 540)	483 (450 : 556)
Meetdagen	11	618	9	543	7	322	5	312
NH_3 stal [ppm]	6,7 (3,1 : 9,6)	7,2 (3,0 : 12,6)	10,7 (5,1 : 17,9)	8,9 (2,1 : 21,8)	13,8 (4,6 : 22,3)	11,4 (3,1 : 33,5)	8,7 (4,4 : 12,6)	9,6 (1,7 : 19,3)
NH_3 buiten [ppm]	0,08 (0,03 : 0,11)	---	0,11 (0,06 : 0,22)	---	0,08 (0,05 : 0,11)	---	0,11 (0,06 : 0,20)	---
NH_3-emissie	7,6	8,1	7,3	6,7	9,5	8,9	6,8	7,4
[g/dag per dier]	(4,4 : 10,3)	(1,1 : 13,8)	(2,5 : 12,7)	(1,0 : 18,4)	(5,1 : 15,9)	(1,1 : 22,8)	(4,2 : 10,3)	(1,0 : 13,9)
Meetdagen	11	618	9	552	7	322	5	313
CH_4 stal [ppm]	60 (19 : 99)	64 (18 : 122)	186 (101 : 257)	179 (44 : 469)	153 (41 : 271)	193 (36 : 574)	155 (64 : 341)	167 (21 : 606)
CH_4 buiten [ppm]	2,7 (2,0 : 3,7)	---	4,0 (2,4 : 5,5)	---	3,0 (2,5 : 3,8)	---	3,0 (2,2 : 4,3)	---
CH_4-emissie	65,3	70,0	114,0	118,2	101,8	110,9	98,7	101,6
[g/dag per dier]	(14,3 : 129,6)	(4,5 : 226,7)	(57,3 : 192,9)	(32,0 : 324,0)	(27,9 : 201,2)	(31,2 : 273,5)	(61,3 : 172,2)	(21,6 : 248,3)
Meetdagen	11	---	9	---	7	---	5	---
N_2O stal [ppm]	0,49 (0,36 : 0,65)	---	0,51 (0,37 : 0,71)	---	0,54 (0,40 : 0,76)	---	0,54 (0,44 : 0,75)	---
N_2O buiten [ppm]	0,38 (0,29 : 0,52)	---	0,36 (0,29 : 0,49)	---	0,40 (0,37 : 0,46)	---	0,38 (0,36 : 0,40)	---
N_2O-emissie	0,31	---	0,23	---	0,20	---	0,27	---
[g/dag per dier]	(0,15 : 0,50)		(0,13 : 0,38)		(0,08 : 0,33)		(0,19 : 0,43)	
Meetdagen	---		---		7		5	
PM10 stal [mg/m^3]	---	---	---	---	0,026	---	0,025	---
					(0,012 : 0,041)		(0,013 : 0,033)	
PM10 buiten [mg/m^3]	---	---	---	---	0,010	---	0,009	---
					(0,002 : 0,018)		(0,001 : 0,020)	
PM10-emissie	---	---	---	---	20,5 (4,4 : 33,2)	---	17,7 (11,8 : 28,8)	---
[mg/dag per dier]								
Meetdagen	---	---	---	---	7	---	5	---
Geur stal [OU_E/m^3]	---	---	---	---	2561 (1333 : 4926)	---	3409 (851 : 8112)	---
Geuremissie [OU_E/s/dier]	---	---	---	---	26,7 (17,5 : 61,3)	---	29,5 (20,1 : 69,8)	---

Tabel 5.2.8b *Gemiddelde waarden in rosévleeskalverstallen (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van het ventilatiedebiet, de concentraties van CO_2, NH_3, CH_4, N_2O, PM10 en geur, en de emissies van NH_3, CH_4, N_2O, PM10 en geur, voor zowel de continue als de protocollaire metingen bij de afmestfase. ---: niet gemeten. Voor de emissies van NH_3, CH_4, N_2O en PM10 is een leegstandsfactor van 4% (Groenestein en Aarnink, 2008) toegepast.*

	VKR1		VKR2		VKR3		VKR4	
Kenmerk	**Protocollair**	**Continu**	**Protocollair**	**Continu**	**Protocollair**	**Continu**	**Protocollair**	**Continu**
Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]	120,9 (96,4 : 161,0)	121,4 (9,4 : 219,2)	110,7 (22,6 : 272,3)	121,7 (14,4 : 286,6)	109,0 (22,6 : 201,7)	131,9 (11,8 : 235,3)	101,3 (44,9 : 187,5)	86,8 (28,9 : 187,6)
CO_2 stal [ppm]	1078 (767 : 1297)	1064 (499 : 1742)	1582 (996 : 2016)	1570 (647 : 2496)	1741 (1452 : 2004)	1549 (855 : 2677)	1315 (1152 : 1598)	1395 (582 : 2212)
CO_2 buiten [ppm]	476 (454 : 506)	487 (400 : 616)	482 (455 : 551)	465 (421 : 540)	503 (456 : 559)	508 (458 : 611)	491 (442 : 562)	478 (404 : 562)
Meetdagen	11	617	10	562	5	369	7	376
NH_3 stal [ppm]	3,4 (2,2 : 5,1)	3,8 (1,7 : 8,8)	7,4 (3,3 : 11,7)	7,6 (3,2 : 18,8)	8,9 (7,6 : 10,1)	8,5 (4,7 : 19,6)	4,8 (3,3 : 7,6)	4,9 (2,2 : 9,5)
NH_3 buiten [ppm]	0,08 (0,03 : 0,11)	---	0,11 (0,06 : 0,23)	---	0,09 (0,06 : 0,11)	---	0,22 (0,13 : 0,31)	---
NH_3-emissie [g/dag per dier]	6,9 (4,4 : 9,8)	7,6 (0,6 : 16,1)	11,5 (3,7 : 20,1)	14,0 (2,2 : 30,3)	17,5 (3,0 : 34,1)	18,5 (1,1 : 43,0)	6,9 (4,6 : 10,4)	6,4 (2,3 : 11,5)
Meetdagen	11	616	10	562	5	369	6	376
CH_4 stal [ppm]	74 (41 : 122)	80 (25 : 189)	199 (64 : 321)	193 (66 : 445)	199 (115 : 246)	181 (50 : 630)	144 (96 : 178)	165 (41 : 406)
CH_4 buiten [ppm]	2,7 (2,0 : 3,7)	---	3,8 (1,9 : 5,5)	---	3,0 (2,5 : 3,8)	---	7,5 (4,5 : 10,1)	---
CH_4-emissie [g/dag per dier]	141,3 (65,3 : 218,2)	144,6 (8,1 : 374,6)	275,5 (110,2 : 542,9)	305,2 (66,0 : 584,9)	316,8 (87,7 : 552,5)	338,4 (68,6 : 629,5)	231,4 (84,9 : 457,4)	208,1 (53,2 : 469,7)
Meetdagen	11	---	10	---	5	---	6	---
N_2O stal [ppm]	0,42 (0,30 : 0,58)	---	0,54 (0,41 : 0,67)	---	0,44 (0,39 : 0,50)	---	0,46 (0,43 : 0,49)	---
N_2O buiten [ppm]	0,38 (0,29 : 0,52)	---	0,36 (0,29 : 0,49)	---	0,40 (0,37 : 0,46)	---	0,38 (0,36 : 0,41)	---
N_2O-emissie [g/dag per dier]	0,23 (0,04 : 0,48)	---	0,81 (0,23 : 1,70)	---	0,13 (0,05 : 0,20)	---	0,33 (0,17 : 0,69)	---
Meetdagen	---		---		5		7	
PM10 stal [mg/m^3]	---	---	---	---	0,026 (0,020 : 0,030)	---	0,030 (0,009 : 0,046)	---
PM10 buiten [mg/m^3]	---	---	---	---	0,008 (0,002 : 0,018)	---	0,011 (0,001 : 0,020)	---
PM10-emissie [mg/dag per dier]	---	---	---	---	49,9 (6,9 : 97,9)	---	50,8 (17,9 : 127,9)	---
Meetdagen	---	---	---	---	5	---	6	---
Geur stal [OU_E/m^3]	---	---	---	---	1897 (1007 : 4123)	---	2346 (1537 : 3333)	---
Geuremissie [OU_E/s/dier]	---	---	---	---	39,3 (9,2 : 163,9)	---	53,3 (33,0 : 80,0)	---

6 Resultaten en discussie: geiten

6.1 Meetomstandigheden

De gerapporteerde resultaten hebben betrekking op metingen die in de periode 27/11/2018 – 26/09/2023 op vijf verschillende geitenbedrijven (G1 en G2: natuurlijk geventileerd; G3 t/m G5: mechanisch geventileerd) zijn uitgevoerd. Dit betreft zowel continue metingen met sensoren (2416 meetdagen), als protocollaire metingen (in totaal 40 metingen) volgens geaccepteerde referentiemethoden. In Bijlage F worden voor de individuele bedrijven de data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, de gemiddelde klimaat- en managementgegevens, en de resultaten van de protocollaire metingen weergegeven. Gemiddelde over alle vijf bedrijven was de gemiddelde buitentemperatuur hoger en de relatieve luchtvochtigheid lager dan de langdurige 20-jaargemiddelden (2001-2020) bij het KNMI-weerstation in De Bilt (T: 10,7 °C; RV: 81%), zowel bij de protocollaire metingen als bij de continue metingen (Tabel 6.1). De metingen passen echter in de bandbreedte van de gemeten waarden in de periode 2001-2020 (Figuur 6.1).

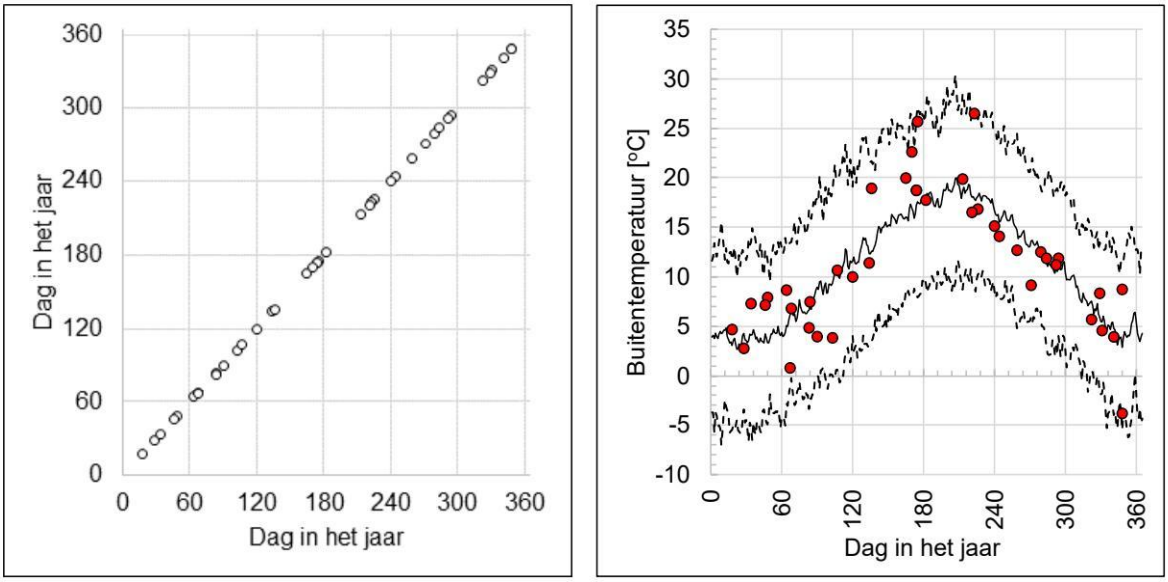
Tabel 6.1 *Gemiddelde waarden in geitenstallen (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters voor zowel continue als protocollaire metingen.*

	Kenmerk	Overall	G1	G2	G3	G4	G5
Protocollair	T-binnen [°C]	17,4 (7,5 : 29,5)	14,0 (7,5 : 23,4)	18,7 (11,8 : 29,5)	19,0 (17,2 : 22,7)	19,9 (16,6 : 24,0)	18,5 (13,0 : 25,3)
	RV-binnen [%]	66 (41 : 80)	66 (41 : 78)	65 (50 : 80)	69 (59 : 75)	64 (52 : 72)	66 (58 : 72)
	T-buiten [°C]	11,0 (-3,8 : 26,5)	9,8 (2,8 : 18,7)	13,7 (4,0 : 26,5)	11,3 (3,9 : 19,9)	10,6 (4,0 : 19,8)	9,4 (-3,8 : 22,6)
	RV-buiten [%]	76 (43 : 95)	73 (43 : 88)	76 (57 : 93)	80 (63 : 95)	76 (48 : 92)	78 (59 : 93)
Continu	T-binnen [°C]	18,0 (4,4 : 32,9)	16,0 (4,4 : 31,0)	17,8 (6,9 : 32,9)	18,6 (14,2 : 27,0)	20,1 (13,2 : 27,4)	19,4 (11,9 : 27,5)
	RV-binnen [%]	67 (32 : 88)	69 (38 : 88)	65 (32 : 87)	69 (47 : 85)	64 (42 : 79)	66 (40 : 81)
	T-buiten [°C]	11,7 (-4,4 : 29,3)	11,6 (-2,5 : 29,0)	12,5 (-0,1 : 29,0)	10,2 (-2,8 : 24,9)	12,0 (-4,4 : 29,3)	11,9 (-4,4 : 26,1)
	RV-buiten [%]	77 (36 : 99)	77 (38 : 99)	76 (38 : 99)	82 (50 : 99)	75 (37 : 99)	77 (36 : 98)

De protocollaire metingen (Figuur 6.1) zijn over de seizoenen verdeeld, met een gemiddelde dag in het jaar van 183. Voor geiten zijn in het meetprotocol (Ogink e.a., 2017) geen landbouwkundige randvoorwaarden (huisvesting, klimaat, rantsoen, productie) opgenomen. Voor geiten geldt een adviesnorm van 1,3 m^2 ingestrooide ruimte per geit. Tabel 6.2 laat zien dat op drie locaties aan dit adviesnorm is voldaan, op de andere twee locaties was dit net onder het adviesnorm. De CO_2-concentratie in de stal lag altijd onder de 3000 ppm (dit geldt in het meetprotocol als randvoorwaarde voor een aantal diercategorieën).

Tabel 6.2 *Productiekenmerken in geitenstallen.*

Kenmerk	G1	G2	G3	G4	G5
Ingestrooide ruimte [m^2/dier]	1,3	1,3	1,2	1,2	1,3
Bezettingsgraad [%]	103 (90 : 116)	98 (87 : 105)	96 (90 : 102)	124 (106 : 146)	95 (92 : 100)
Melkproductie [kg/dier/dag]	3,2 (2,5 : 3,5)	3,2 (2,6 : 3,7)	3,2 (2,8 : 3,7)	3,3 (2,4 : 3,8)	3,8 (3,4 : 4,1)
Melkeiwit [%]	3,5 (3,3 : 3,8)	3,5 (3,3 : 3,9)	3,4 (2,7 : 3,6)	3,8 (3,8 : 3,9)	3,5 (3,3 : 3,5)
Melkvet [%]	4,0 (3,5 : 4,5)	4,2 (3,3 : 4,8)	3,9 (3,2 : 4,3)	3,5 (3,4 : 3,6)	3,9 (3,7 : 4,1)
Melkureumgehalte [mg/100g]	29 (18 : 36)	27 (18 : 32)	40 (38 : 41)	48 (40 : 52)	33 (26 : 40)
CO_2 stal [ppm]	814 (660 : 960)	973 (537 : 1401)	1334 (846 : 1972)	1681 (1194 : 2179)	1604 (1009 : 2292)



Figuur 6.1 *Links: Verdeling van de metingen in geitenstallen over de seizoenen Rechts: daggemiddelde buitentemperatuur tijdens protocollaire metingen weergegeven met rode punten, en lange termijn gemeten waarden weergegeven als zwarte lijn (gemiddelde per dag) en stippellijnen (2 x standaarddeviatie), waargenomen door het KNMI-station De Bilt in de periode 2001-2020.*

Bij twee bedrijven (G3 en G5) zijn tijdens de boxmetingen mestmonsters (potmonsters) genomen. In Tabel 6.3 wordt de mestsamenstelling (op bedrijfsniveau en gemiddeld over beide bedrijven) weergegeven, naast de landelijke gemiddelden (Blanken e.a., 2022). Gemiddeld over beide bedrijven was totaal-N en totaal-P lager dan, ammonium-N hoger dan, en as en droge stof vergelijkbaar met de landelijke gemiddelden.

Tabel 6.3 *Mestsamenstelling en landelijke gemiddelden in geitenstallen (Blanken e.a., 2022).*

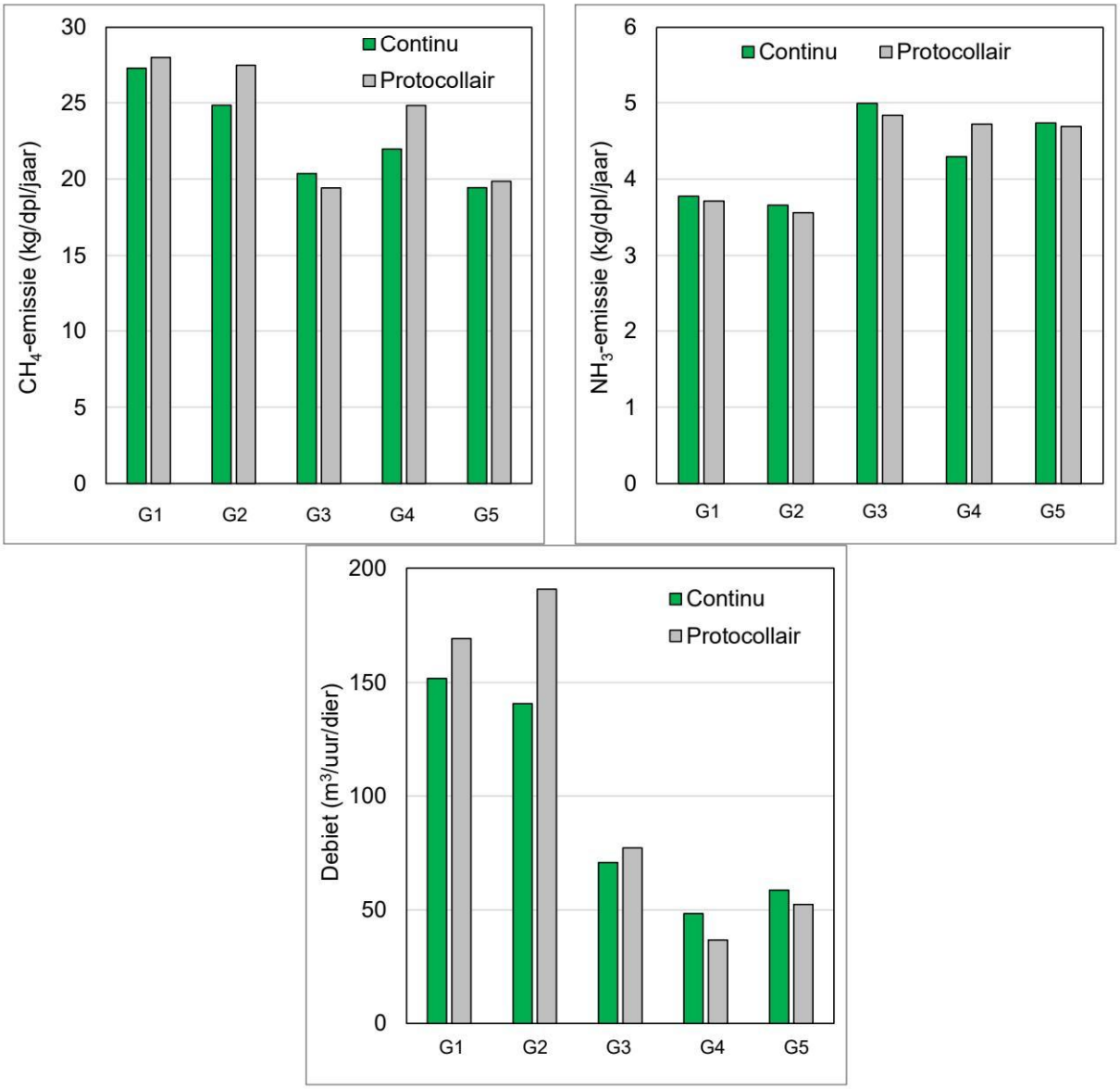
Kenmerk	G3	G5	Gemiddelde	Landelijk gemiddelden
Aantal metingen	7	11	18	---
Totaal-N [g/kg]	8,9	9,5	9,3 +/- 1,0	9,9
Ammonium-N [g/kg]	3,8	3,2	3,4 +/- 0,8	2,4
Totaal-P [g/kg]	1,6	1,8	1,7 +/- 0,3	2,3
Kalium [g/kg]	7,9	10,3	9,4 +/- 1,5	10,6
Droge stof [g/kg]	278	289	285 +/- 22	291
As [g/kg]	44,1	46,6	45,7 +/- 4,0	---
pH [-]	9,0	8,8	8,9 +/- 0,3	---

6.2 Continue versus protocollaire metingen

In Tabel 6.4 worden de waarden (gemiddelde ± standaarddeviatie tussen bedrijven) van het ventilatiedebiet en de emissies van NH_3 en CH_4 voor zowel de continue als voor de protocollaire metingen samengevat. Gemiddelde over alle waarnemingen (over alle vijf locaties) waren bij de protocollaire metingen de gemiddelde waarden van het ventilatiedebiet en de CH_4-emissie hoger dan (12% voor het ventilatiedebiet, 5% voor de CH_4-emissie) en van de NH_3-emissie vergelijkbaar met de gemiddelde waarden bij de continue metingen (zie ook Figuur 6.2).

Tabel 6.4 *Ventilatiedebiet en emissies van CH_4 en NH_3 voor zowel de continue als de protocollaire metingen in geitenstallen (gemiddelde ± standaarddeviatie tussen bedrijven). Voor melkgeiten wordt geen leegstandscorrectie toegepast (Groenestein en Aarnink, 2008).*

Kenmerk	Continu	Protocollair
Aantal locaties	5	5
Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]	94,1 +/- 48,5	105,3 +/- 70,1
NH_3-emissie [kg/dpl/jaar]	4,3 +/- 0,6	4,3 +/- 0,6
CH_4-emissie [kg/dpl/jaar]	22,8 +/- 3,2	23,9 +/- 4,1

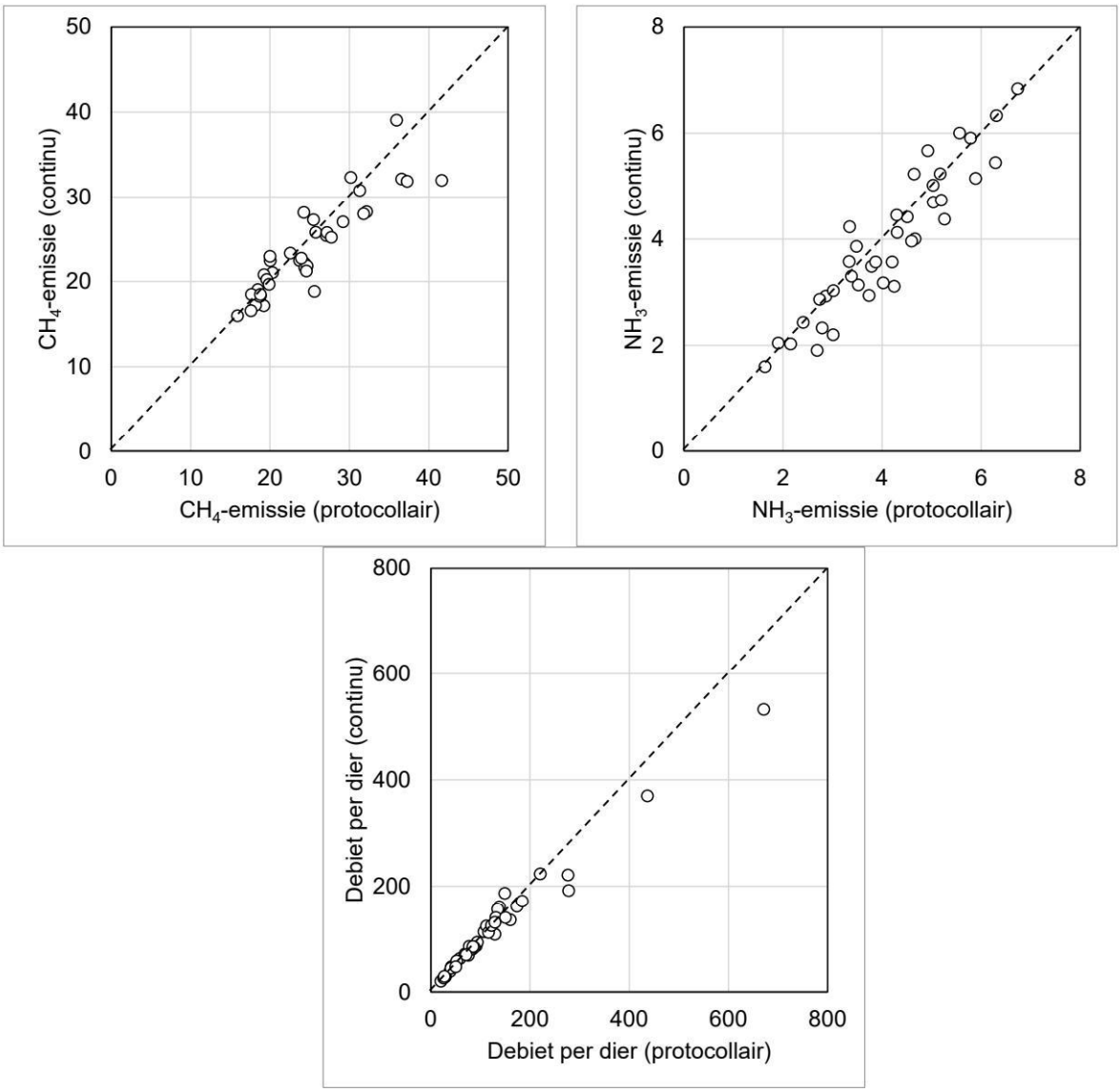


Figuur 6.2 *Per geitenbedrijf, gemiddeld ventilatiedebiet en gemiddelde emissies van NH_3 en CH_4 voor de continue en de protocollaire metingen, wanneer gebruikt wordt gemaakt van alle beschikbare waarnemingen.*

Op basis van alleen de dagen waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd is de relatie tussen de continue en de protocollaire emissiemetingen onderzocht via een enkelvoudige lineaire regressie (zie Figuur 6.3) en een gepaarde dubbelzijdig t-toets. De resultaten van deze analyses worden in Tabel 6.5 weergegeven, en getoetst aan de criteria zoals in hoofdstuk 3.3.3. voorgesteld. Voor de NH_3-emissies voldoet alleen de P-waarde van de t-toets niet aan de criteria. Voor de CH_4-emissies wordt bij de lineaire regressie niet aan de criteria voldaan. Het procentueel verschil tussen de gemeten CH_4- en NH_3-emissiewaarden bij de continue en de protocollaire metingen is klein (<5%).

Tabel 6.5 *Resultaten uit de enkelvoudige lineaire regressie van de relatie tussen continue en protocollaire emissiemetingen (Continu = a*Protocollair + b) en de gepaarde dubbelzijdig t-toets van de verschillen (Continu-Protocollair). Getoetst wordt of het voldaan wordt aan de criteria voor de hypothese dat continue en protocollaire metingen niet significant verschillend zijn. Voor toelichting over de parameters en criteria zie hoofdstuk 3.3.3.*

Variabelen	Analyse	Parameter	Gemeten waarde	Criteria	Voldaan aan criteria?
NH_3-emissie	Enkelvoudige lineaire regressie	Helling (a)	0,97	0,90 < a < 1,10	Ja
		Snijpunt (b) P-waarde	-0,08 0,78	--- P>0,10	--- Ja
	t-toets	P-waarde	0,02	P>0,10	Nee
	Procentueel verschil	PV	-0,05	-0,10 < PV < 0,10	Ja
	Aantal metingen	n	39	≥24	Ja
CH_4-emissie	Enkelvoudige lineaire regressie	Helling (a)	0,77	0,90 < a < 1,10	Nee
		Snijpunt (b) P-waarde	4,64 0,01	--- P>0,10	--- Nee
	t-toets	P-waarde	0,03	P>0,10	Nee
	Procentueel verschil	PV	-0,04	-0,10 < PV < 0,10	Ja
	Aantal metingen	n	39	≥24	Ja



Figuur 6.3 *Enkelvoudige lineaire regressie tussen de continue en de protocollaire metingen in geitenstallen, wanneer alleen gebruikt wordt gemaakt van de data die gemeten is tijdens de dagen waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd.*

Bedrijfsmonitoring met sensoren (continue metingen) voldoet aan de criteria voor de hypothese dat continue en protocollaire metingen niet significant verschillend zijn. De enige uitzondering is de helling van de enkelvoudige lineaire regressie voor de NH_3-emissies. Het procentueel verschil tussen de gemeten NH_3-emissiewaarden bij de continue en de protocollaire metingen is klein (<5%).

6.3 Emissieniveaus op basis van protocollaire metingen

De geschatte emissieniveaus voor CH_4, NH_3, N_2O, geur en fijnstof (PM10), op basis van de protocollaire metingen, worden in Tabel 6.6 samengevat en in Figuur 6.4 grafisch weergegeven. De variatie binnen- en tussenbedrijven wordt als variatiecoëfficiënt in Tabel 6.7 weergegeven. In Tabel 6.10 worden de gemiddelde waarden per bedrijf voor zowel de continue als de protocollaire metingen gerapporteerd.

Tabel 6.6 *Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier] en emissies van CH_4 [kg/dpl/jaar], NH_3 [kg/dpl/jaar], N_2O [g/dpl/jaar], geur [OU_E/s/dpl] en PM10 [g/dpl/jaar] in geitenstallen tijdens de protocollaire metingen (gemiddelde ± standaarddeviatie tussen bedrijven). dpl: dierplaats. NV: natuurlijk geventileerde stallen (G1 en G2); MV: mechanisch geventileerde stallen (G3 t/m G5). Voor melkgeiten wordt geen leegstandscorrectie toegepast (Groenestein en Aarnink, 2008).*

Kenmerk	Alle bedrijven	NV	MV
Aantal locaties	5	2	3
Debiet	105,3 +/- 70,1	146,4 +/- 7,8	59,3 +/- 11,2
CH_4-emissie	23,9 +/- 4,1	26,1 +/- 1,7	20,6 +/- 1,3
NH_3-emissie	4,3 +/- 0,6	3,7 +/- 0,1	4,7 +/- 0,4
N_2O-emissie	45,1 +/- 19,5	---	---
Geuremissie	16,1 +/- 3,0	---	---
PM10-emissie	170,2 +/- 41,8	---	---

Tabel 6.7 *Variatiecoëfficiënten (CV) per component tussen en binnen bedrijven (%) in geitenstallen, op basis van de protocollaire metingen. Tussen haakjes, het aantal waarnemingen voor de CV-bepalingen.*

Component	CV-tussen	CV-binnen
NH_3	12 (5)	32 (39)
CH_4	14 (5)	22 (40)
N_2O	28 (5)	104 (40)
Geur	31 (2)	43 (12)
PM10	13 (2)	40 (12)

Tabel 6.7 laat zien dat de tussenbedrijfsvariatie bij de geiten over het algemeen kleiner is dan de binnenbedrijfsvariatie. De variatiecoëfficiënten zijn over het algemeen ook minder groot dan wat andere diercategorieën te zien is. Dit maakt het makkelijker om eventuele systematische verschillen tussen de gemeten emissiewaarden van een huisvestingssysteem en de huidige emissiefactor (statistisch significant) aan te tonen.

De gemiddelde ventilatiedebiet en de emissies van **CH_4** en **N_2O** waren bij de natuurlijk geventileerde stallen significant (P<0,05) hoger en de **NH_3-emissie** significant lager dan bij de mechanisch geventileerde stallen. Over alle bedrijven (n=5) was de **CH_4-emissie** significant (P<0,05) hoger en de **N_2O-emissie** significant (P<0,05) lager dan de waarden (5,13 kg CH_4/dier/jaar; 148 g N_2O/dier/jaar) gerapporteerd in Van Bruggen e.a. (2021). De gemiddelde **NH_3-emissie** was significant (P<0,05) hoger, de **PM10-emissie** significant (P<0,05) hoger en de **geuremissie** niet-significant (P>0,10) lager dan de emissiefactor voor traditionele huisvestingssystemen voor melkgeiten (1,9 kg NH_3/dier/jaar; 19 g PM10/dierplaats/jaar; 18,8 OU_E/s/dierplaats; www.infomil.nl), zie ook Figuur 6.4.

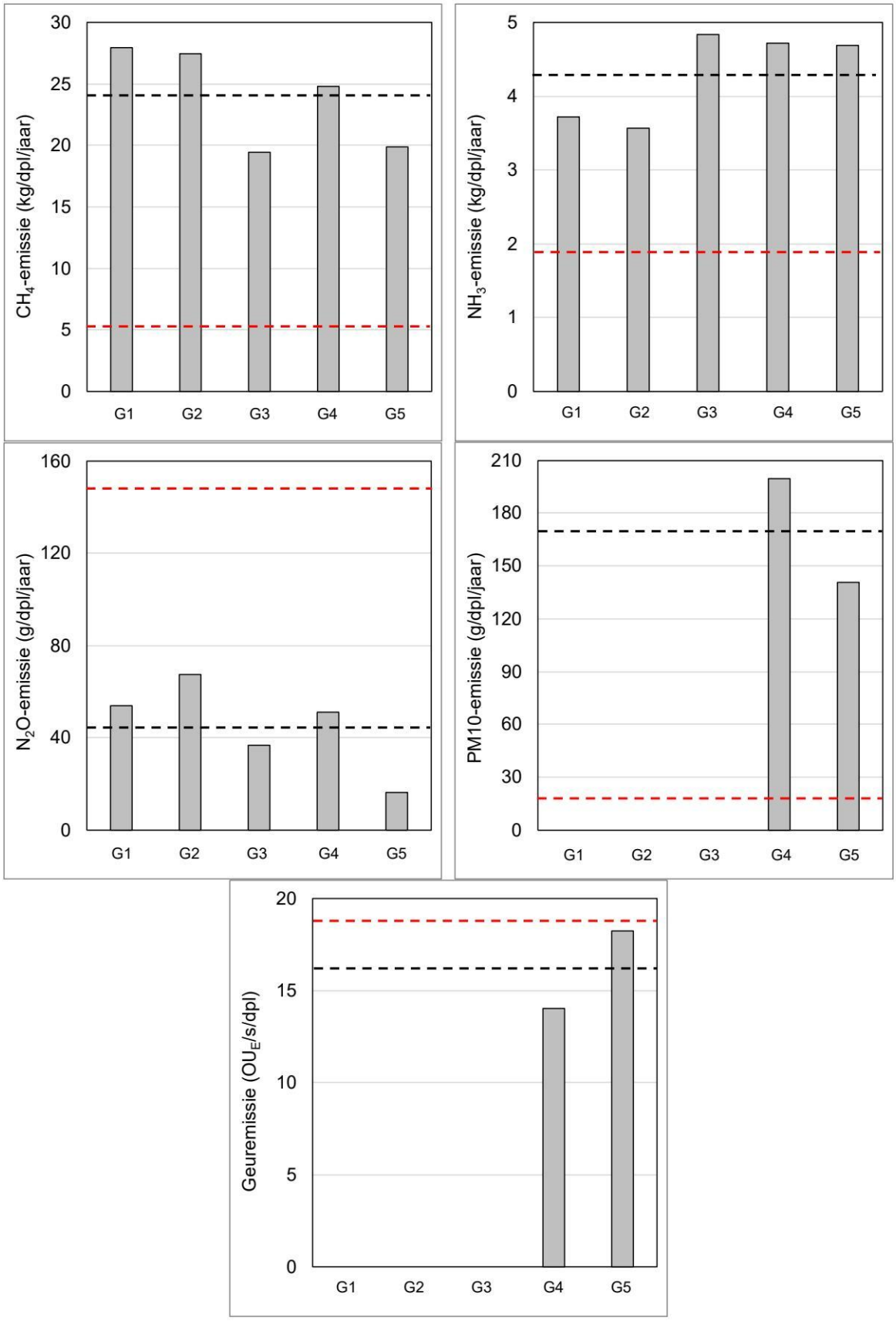
Er zijn weinig literatuurgegevens om met de resultaten van dit onderzoek te vergelijken:

- Huis in 't Veld e.a. (2002): continue metingen aan één natuurlijk geventileerde geitenstal gedurende twee perioden (93 dagen in de zomer, 147 dagen in de winter). Het ventilatiedebiet (221 m^3/uur/dier) was iets hoger en de NH_3-emissie (3,8 kg NH_3/dierplaats/jaar) vergelijkbaar met de waarden in onderhavig onderzoek voor de natuurlijk geventileerde stallen. In beide onderzoeken is het tracergas ratiomethode toegepast. In Huis in 't Veld e.a. (2002) is SF_6 als tracergas toegepast (kunstmatig in de stal geïnjecteerd), in tegenstelling met dit onderzoek waar CO_2 (in de stal natuurlijk (door dieren en mest) geproduceerd) is gebruikt.
- Beurskens e.a. (2004): tien protocollaire metingen in het najaar (oktober-december) bij één natuurlijk geventileerde geitenstal. Hier is ook het tracergas ratiomethode (met SF_6 als tracergas) toegepast. Het ventilatiedebiet (145 m^3/uur/dier) en de NH_3-emissie (2,8 kg NH_3/dierplaats/jaar) waren lager dan bij onderhavig onderzoek. Aangezien de metingen alleen in het najaar zijn uitgevoerd, zal de stal in die periode (lagere temperaturen dan op jaarbasis) minder worden geventileerd, met over het algemeen een lagere NH_3-emissie als gevolg.
- Aarnink e.a. (2014): metingen op twee natuurlijk geventileerde stallen, zes protocollaire metingen per stal. In dit onderzoek is de tracergas ratiomethode (met CO_2 als tracergas) toegepast. Echter, en in tegenstelling tot de metingen in onderhavig onderzoek, is de bijdrage van de pot aan de CO_2-productie in de stal niet gemeten, waardoor het ventilatiedebiet is onderschat (gemiddeld over alle vier bedrijven in dit onderzoek waar boxmetingen zijn uitgevoerd, is de CO_2-productie uit de pot geschat op gemiddeld 39% van de CO_2-productie uit de dieren (zie hoofdstuk 6.1.4)). Het ventilatiedebiet (85 m^3/uur/dier) en de emissies van NH_3 (2,3 kg NH_3/dierplaats/jaar) en CH_4 (9,6 kg CH_4/dierplaats/jaar) waren in Aarnink e.a. (2014) lager dan de in dit rapport gemeten waarden. Opvallend is de hogere N_2O-emissie (126 g N_2O/dierplaats/jaar) bij Aarnink e.a. (2014), zelfs met een onderschatting van het ventilatiedebiet.

Op basis van de in dit document gerapporteerde metingen zijn voor geiten de volgende emissies bepaald:

- **CH_4: 23,9 kg CH_4/dierplaats/jaar. Deze waarde is significant (P<0,05) hoger dan de huidige emissiefactor (5,13 kg CH_4/dier/jaar; Van Bruggen e.a., 2021).**
- **NH_3: 4,3 kg NH_3/dierplaats/jaar. Deze waarde is significant (P<0,05) hoger dan de huidige emissiefactor (1,9 kg NH_3/dier/jaar; www.infomil.nl).**
- **N_2O: 45 g N_2O/dierplaats/jaar. Deze waarde is significant (P<0,05) lager dan de huidige emissiefactor (148 g N_2O/dier/jaar; Van Bruggen e.a., 2021).**
- **PM10: 170 g/dierplaats/jaar. Deze waarde is significant (P<0,05) hoger dan de huidige emissiefactor (19 g/dier/jaar; www.infomil.nl).**
- **Geur: 16,1 OU_E/s/dierplaats. Deze waarde is niet-significant (P>0,10) lager dan de huidige emissiefactor (18,8 OU_E/s/dier; www.infomil.nl).**

Voor geiten wordt voor deze emissies geen leegstandsfactor toegepast (Groenestein en Aarnink, 2008).



Figuur 6.4 *Gemiddelde emissies tijdens de protocollaire metingen per bedrijf (balken) en over alle geitenbedrijven (zwarte stippellijn). De emissiefactoren (CH_4, N_2O: Van Bruggen e.a., 2021; NH_3, geur en PM10: www.infomil.nl) worden met rode stippellijnen weergegeven. Voor geiten wordt geen leegstandscorrectie toegepast (Groenestein en Aarnink, 2008).*

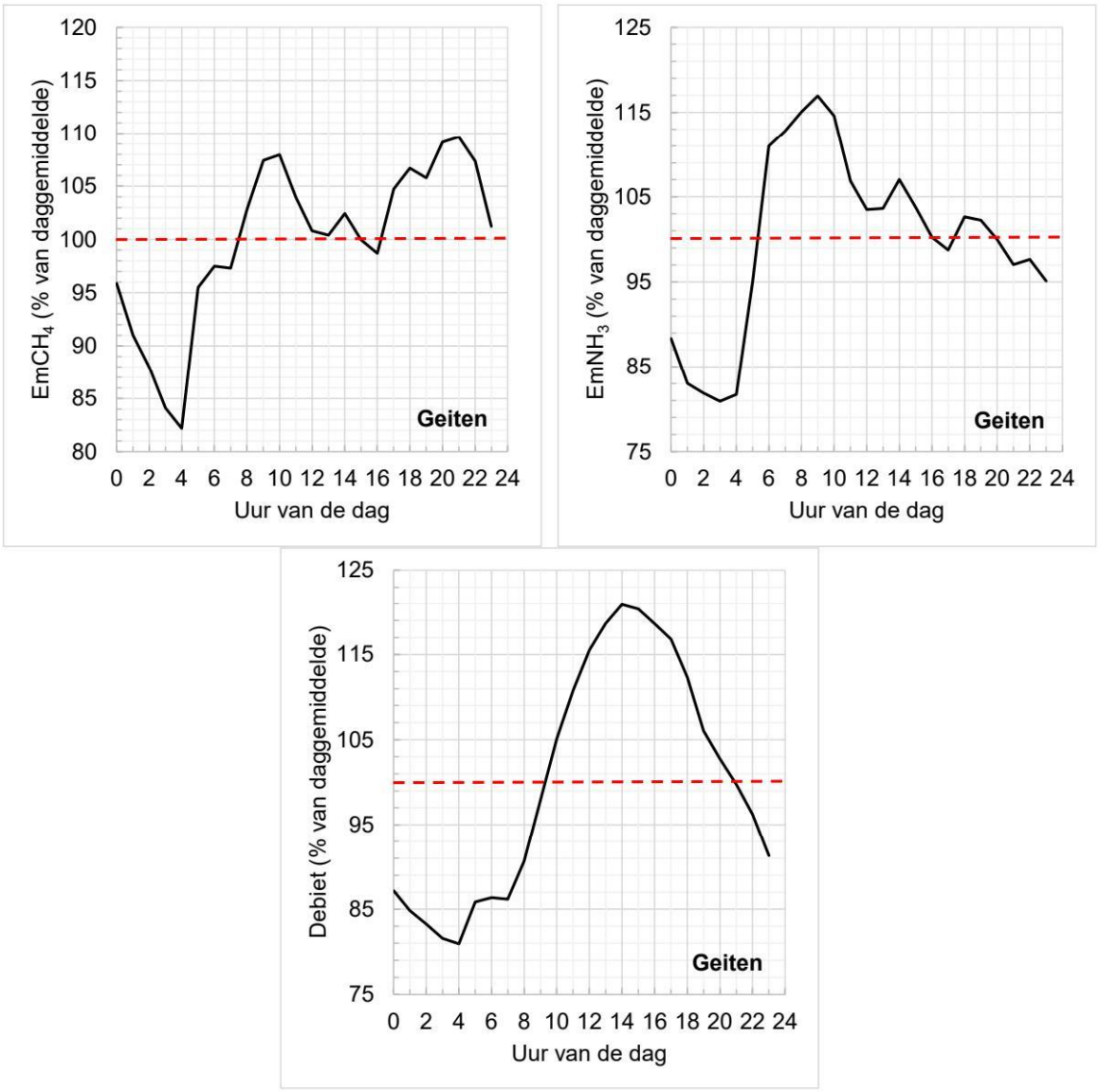
6.4 Patronen en effecten van management- en omgevingsparameters

Van de onderzochte management- en omgevingsparameters (Tabel 6.8) hebben temperatuur en het ventilatiedebiet per dier (op Ln-schaal) een significante correlatie met de NH_3-en PM10-emissies. Het ventilatiedebiet heeft ook een significante correlatie met de N_2O-emissies. Voor NH_3 heeft melkureum een sterk significante en melkproductie een zwak significante correlatie met de emissies. De CH_4- en geuremissies lijken niet (lineair) met de onderzochte parameters samen te hangen.

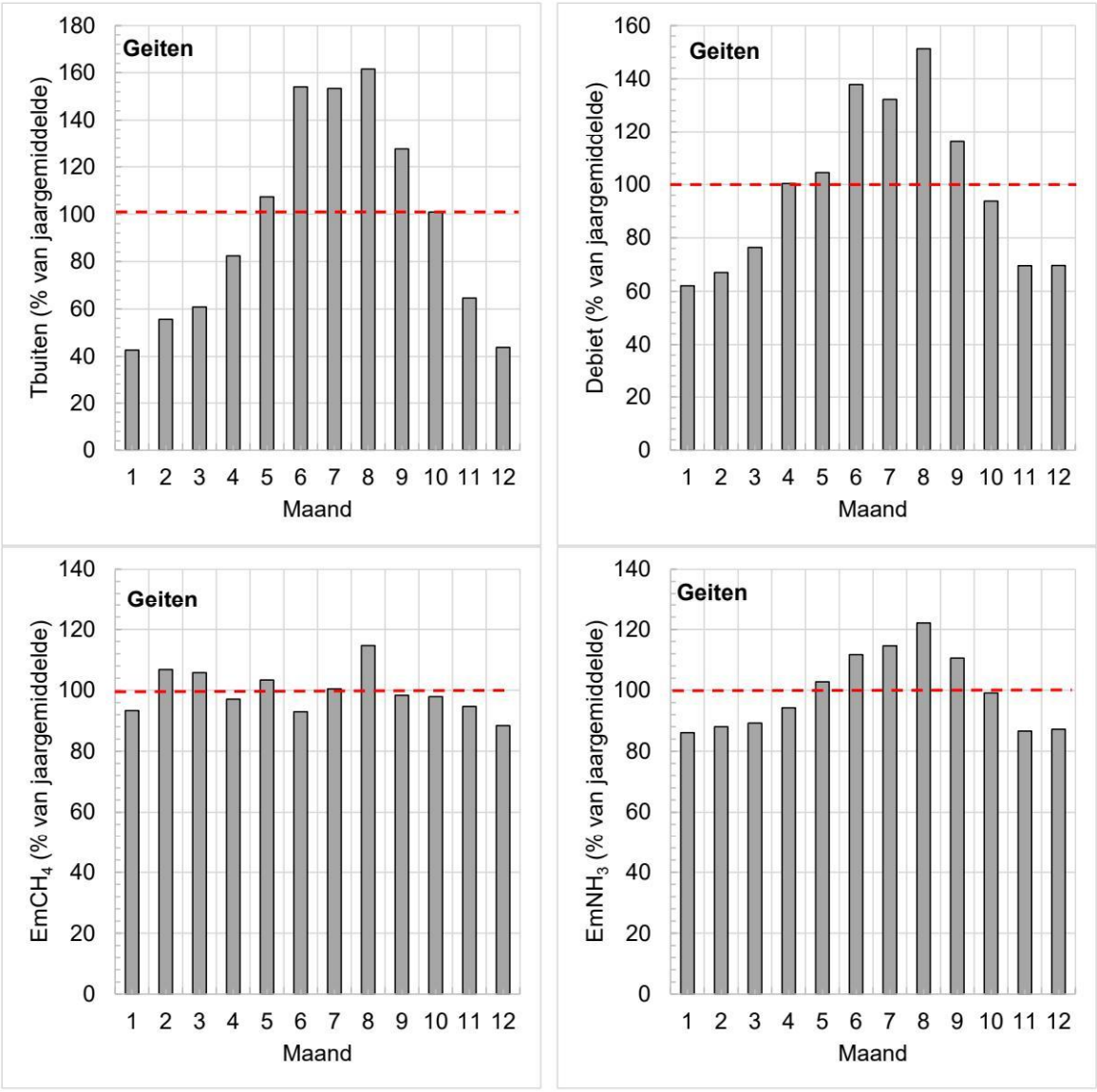
Binnen een dag laten het ventilatiedebiet en de emissies van CH_4 en NH_3 een duidelijk patroon zien (Figuur 6.5). Opvallend is de daling in emissies overdag met een minimum waarde rond 16:00 voor CH_4. Figuur 6.6 laat zien (op basis van continue metingen) een (niet-lineair) jaarpatroon niet alleen voor de buitentemperatuur, maar ook voor het ventilatiedebiet, en de emissies van CH_4 en NH_3. Zowel het ventilatiedebiet als de NH_3-emissie volgen het jaarpatroon van de buitentemperatuur, met hogere waarden bij de warme maanden. Voor CH_4 is dit minder duidelijk te zien.

Tabel 6.8 *Significantie (P) van de effecten van een aantal management- en omgevingsparameters op de emissies uit geitenstallen van NH_3, CH_4, N_2O, geur en PM10 (allemaal op Ln-schaal). P≤0,001: sterk significant (groen); 0,001<P<0,05: significant (geel); 0,05≤P<0,10: zwak significant (oranje); P>0,10: niet significant (geen kleur). Voor geur en PM10 zijn geen metingen uitgevoerd.*

Parameter	$LnNH_3$	$LnCH_4$	LnN_2O	LnGeur	LnPM10
Tbinnen	0,005	0,716	0,237	0,950	0,004
Tbuiten	0,002	0,522	0,206	0,969	0,003
Rvbinnen	0,984	0,723	0,661	0,051	0,203
Rvbuiten	0,440	0,645	0,488	0,188	0,068
LNDebietperdier	0,069	0,189	0,019	0,890	0,019
DagInJaar	0,729	0,259	0,937	0,512	0,526
Melkproductie	0,016	0,669	0,806	0,603	0,619
Melkeiwit	0,071	0,727	0,292	0,304	0,674
Melkvet	0,172	0,373	0,083	0,560	0,448
Melkureum	<0,001	0,067	0,867	0,329	0,839



Figuur 6.5 *Dagpatroon voor het ventilatiedebiet en de emissies van CH_4 en NH_3 (op basis van continue metingen) als percentage van de (gemeten) gemiddelden per dag (als rode stippellijn weergegeven) in geitenstallen. Voor deze patronen is alleen data van de mechanisch geventileerde stallen (G3 t/m G5) gebruikt.*



Figuur 6.6 *Jaarpatroon voor de buitentemperatuur, het ventilatiedebiet, en de emissies van CH_4 en NH_3, op basis van continue metingen in geitenstallen. Alle parameters zijn weergegeven als percentage van de (gemeten) jaargemiddelden (als rode stippellijn weergegeven).*

Van de onderzochte management- en omgevingsparameters hebben temperatuur en het ventilatiedebiet per dier (op Ln-schaal) een significante correlatie met de NH_3-en PM10-emissies. Het ventilatiedebiet heeft ook een significante correlatie met de N_2O-emissies. Voor NH_3 heeft melkureum een sterk significante correlatie en melkproductie een zwak significante correlatie met de emissies. De CH_4- en geuremissies lijken niet (lineair) met de onderzochte parameters samen te hangen.

Het ventilatiedebiet en de emissies van CH_4 en NH_3 laten een duidelijk dag/nacht patroon zien. Opvallend is de daling in emissies overdag met een minimum waarde rond 16:00 voor CH_4.

Het ventilatiedebiet en de NH_3-emissie volgen het jaarpatroon van de buitentemperatuur, met hogere waarden bij de warme maanden. Voor de emissie van CH_4 is het jaarpatroon minder duidelijk te zien.

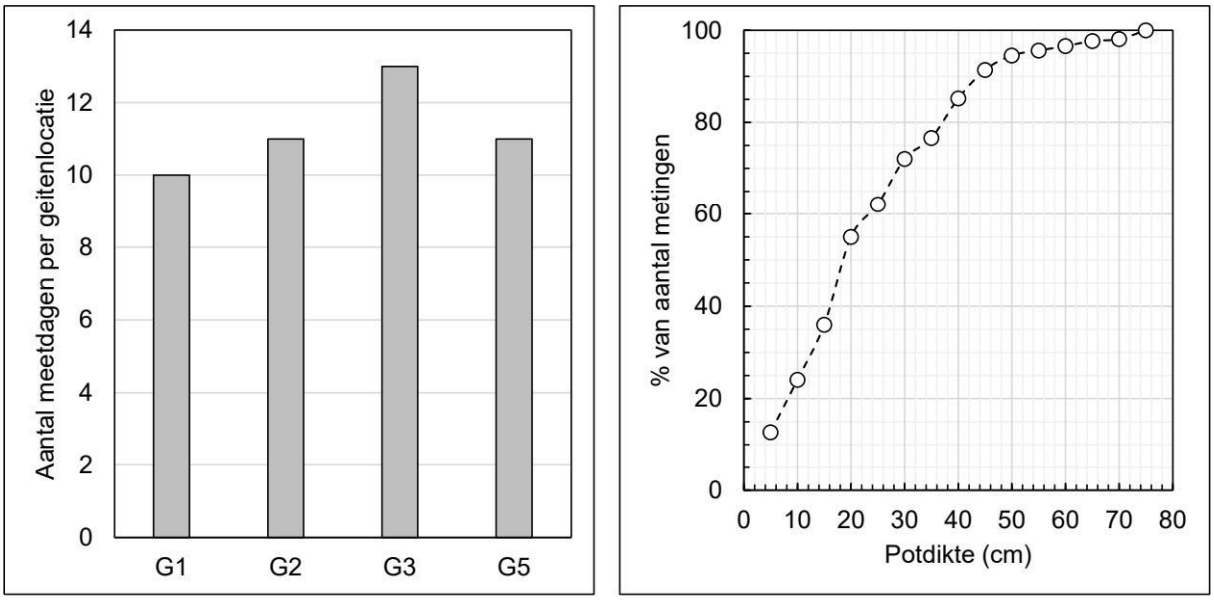
6.5 Boxmetingen

Verdeeld over 4 geitenlocaties en bij verschillende potdiktes zijn er 45 meetdagen waar boxmetingen zijn uitgevoerd (Figuur 6.7). Per locatie zijn minimaal op 10 meetdagen metingen uitgevoerd met een frequentie van eens per twee maanden (G1 en G2) of per maand (G3 en G5). Elke meetdag zijn gemiddeld op 16 plekken in de stal verdeeld over de verschillende potdelen metingen uitgevoerd (3-6 herhalingen binnen een potdeel per meetdag). Rond 95% van deze metingen zijn uitgevoerd bij een potdiepte van minder dan 50 cm. De variatiecoëfficiënt tussen herhalingen was gemiddeld 28% voor PCO_2, en 66% voor PCH_4.

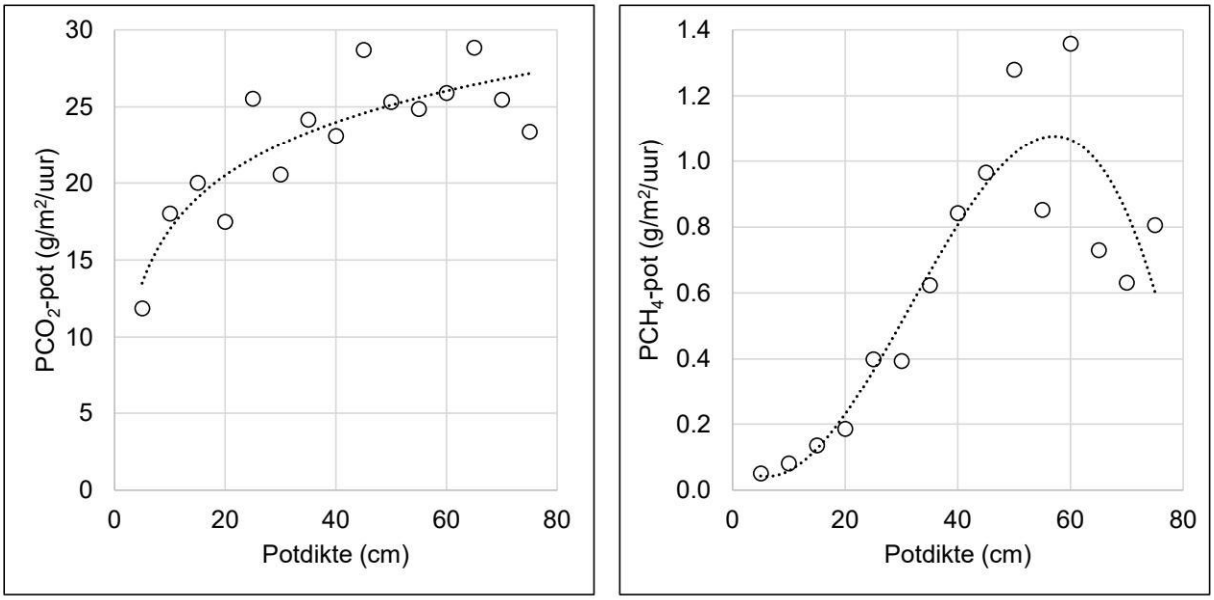
In Figuur 6.8 wordt de productie van CO_2 (PCO_2) en CH_4 (PCH_4) uit de pot op basis van de boxmetingen ten opzichte van de gemeten potdikte weergegeven. Er is een direct (niet-lineair) verband tussen de potdikte en de productie van CO_2 en CH_4 uit de pot, met hogere waarden naarmate de potdikte toeneemt (tot een dikte van 50-60 cm). Wanneer de potdikte onder de 30 cm blijft kan de CO_2-productie uit de pot (gemiddelde waarden tussen 5-30 cm potdikte) met 12% omlaag en de CH_4-productie met 58% omlaag ten opzichte van de waarden wanneer de pot tot een dikte van 50 cm kan groeien (gemiddelde waarden tussen 5-50 cm potdikte). De CO_2-productie uit de pot is met een gemiddeld waarde (over alle 4 bedrijven waar boxmetingen zijn uitgevoerd) van 40% van de CO_2-productie uit de dieren (Figuur 6. 9), een belangrijke bron van CO_2 in de stal. Wanneer in de CO_2-tracergas ratiomethode de bijdrage uit de pot niet wordt meegenomen in de bepaling van het ventilatiedebiet, resulteert dit in een significant (systematisch) onderschatting van zowel het ventilatiedebiet als de stalemissies. Figuur 6.9 laat ook zien dat, hoe dikker de pot, hoe groter de bijdrage is van de pot op de CO_2-productie in de stal.

De productie van CO_2 en CH_4 uit de pot neemt met de potdikte toe (tot een dikte van 50-60 cm). Een dunnere pot (maximaal 30 cm) kan de CO_2-productie uit de pot met 12% en de CH_4-productie met 58% omlaag brengen ten opzichte van een dikkere pot (50 cm).

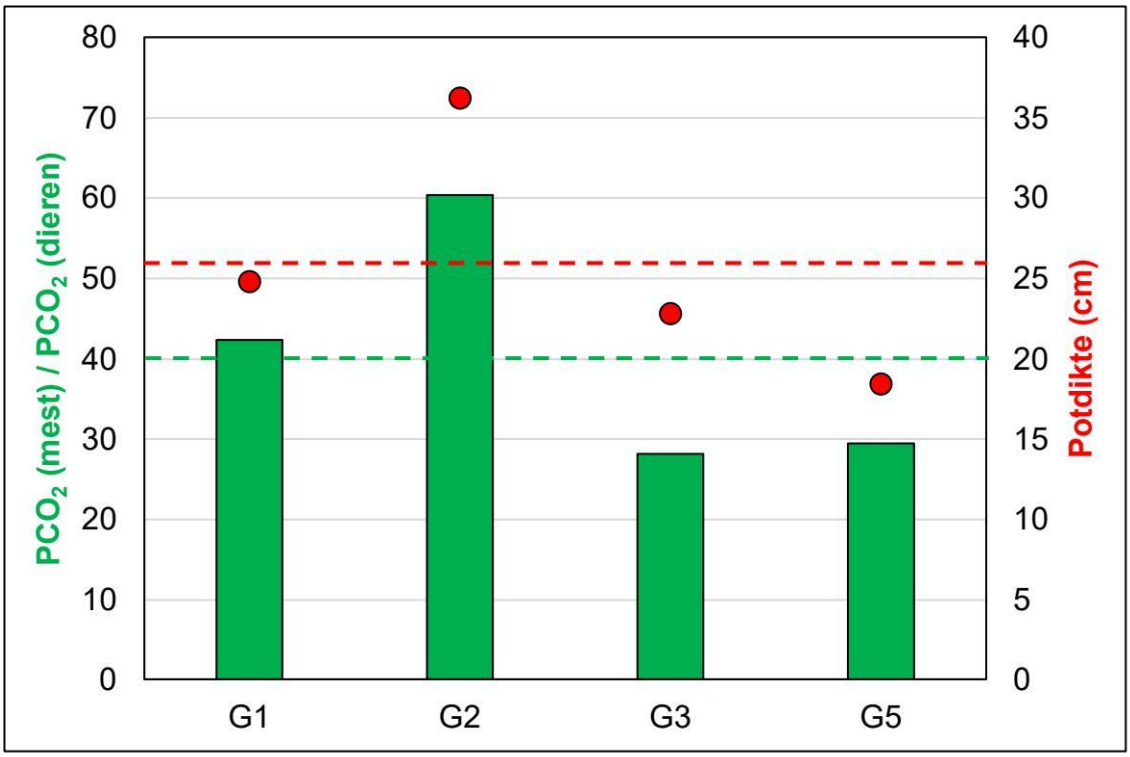
De CO_2-productie uit de pot (gemiddeld: 40% van de CO_2-productie uit de dieren) is een belangrijke bron van CO_2 in de stal (hoe dikker de pot, hoe groter de bijdrage van de pot op de CO_2-productie in de stal). Het is van belang om de bijdrage uit de pot op de CO_2-productie in de stal door middel van boxmetingen te bepalen, om het ventilatiedebiet en de stalemissies niet (systematisch) te onderschatten.



Figuur 6.7 *Aantal meetdagen met boxmetingen per geitenlocatie (links), en verdeling van de boxmetingen in relatie tot de potdikte.*



Figuur 6.8 *Productie van CO_2 (PCO_2, links) en CH_4 (PCH_4, rechts) uit de pot in geitenstallen tijdens de boxmetingen in relatie tot de potdikte.*



Figuur 6.9 *In groen, de gemiddelde productie van CO_2 uit de pot ten opzichte van de CO_2-productie uit de dieren, en in rood de gemiddelde potdikte, bij de boxmetingen. Balken en ronde punten: gemiddelden per bedrijf. Stippellijnen: gemiddelden over alle vier geitenbedrijven.*

6.6 Toepasbaarheid CO_2-productiemodel voor het bepalen van het ventilatiedebiet

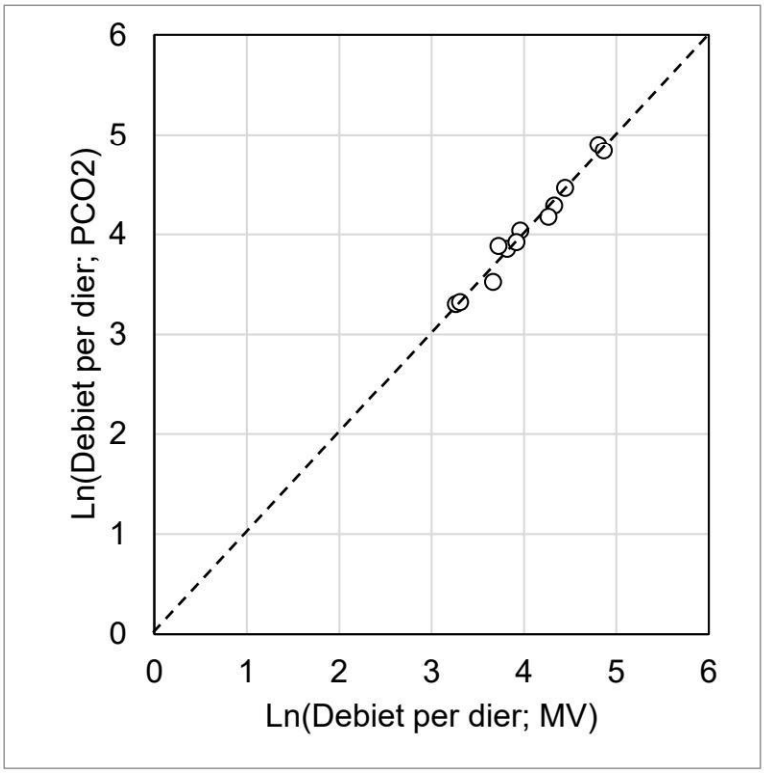
Twee van de vier bedrijven waar boxmetingen zijn uitgevoerd (G3 en G5) werden mechanisch geventileerd. Op deze twee bedrijven was het daardoor mogelijk om een vergelijking te maken tussen een directe bepaling van het ventilatiedebiet met *meetwaaiers* (MV), en een indirecte bepaling door middel van de tracergas ratiomethode (met CO_2 als door dieren en mest geproduceerde tracergas; PCO2).

De gelijkwaardigheid van directe en indirecte bepaling van het ventilatiedebiet is onderzocht via een enkelvoudige lineaire regressie (Figuur 6.10) en een gepaarde dubbelzijdig t-toets (zie hoofdstuk 3.3.3). De resultaten van deze analyses worden in Tabel 6.9 weergegeven, en getoetst aan de criteria zoals in hoofdstuk 3.3.3. voorgesteld. De resultaten in Tabel 6.9 laten zien dat het aan alle criteria wordt voldaan, met uitzondering van het aantal metingen dat voor de analyse beschikbaar waren. Het procentueel verschil tussen beide methoden is <5%.

Tabel 6.9 *Resultaten uit de enkelvoudige lineaire regressie van de relatie tussen indirecte (P_{CO2}) en directe (MV) bepalingen van het ventilatiedebiet (P_{CO2} = a*MV + b) en de gepaarde dubbelzijdig t-toets van de verschillen (P_{CO2}-MV). Getoetst wordt of het voldaan wordt aan de criteria voor de hypothese dat continue en protocollaire metingen niet significant verschillend zijn. Voor toelichting over de parameters en criteria zie hoofdstuk 3.3.3.*

Analyse	Parameter	Gemeten waarde	Criteria	Voldaan aan criteria?
Enkelvoudige lineaire regressie	Helling (a)	1,03	0,90 < a < 1,10	Ja
	Snijpunt (b)	-0,73	---	---
	P-waarde	0,84	P>0,10	Ja
t-toets	P-waarde	0,43	P>0,10	Ja
Procentueel verschil	PV	0,02	-0,10 < PV < 0,10	Ja
Aantal metingen	n	12	≥24	Nee

De resultaten uit dit onderzoek laten zien dat het over het algemeen aan de criteria voor gelijkwaardigheid van directe (meetwaaiers) en indirecte (P_{CO2}) bepalingen van het ventilatiedebiet wordt voldaan. Voorwaarde is een nauwkeurige bepaling van de benodigde inputparameters (inclusief het schatten van de CO_2-productie uit de pot). Het procentueel verschil tussen beide methoden is <5%.



Figuur 6.10 *Relatie tussen het ventilatiedebiet bepaald door middel van de tracergas ratiomethode (PCO2) en gemeten met meetwaaiers (MV) op basis van de protocollaire metingen in geitenstallen.*

Tabel 6.10 *Gemiddelde waarden in geitenstallen (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van het ventilatiedebiet, de concentraties van CO_2, NH_3, CH_4, N_2O, PM10 en geur, en de emissies van NH_3, CH_4, N_2O, PM10 en geur, voor zowel de continue als de protocollaire metingen. dpl: dierplaats. Voor geiten wordt geen leegstandscorrectie toegepast (Groenestein en Aarnink, 2008).*

	G1		G2		G3		G4		G5	
Kenmerk	**Protocollair**	**Continu**	**Protocollair**	**Continu**	**Protocollair**	**Continu**	**Protocollair**	**Continu**	**Protocollair**	**Continu**
Ventilatiedebiet	169	152	191	141	77	73	48	50	52	57
[m^3/uur/dier]	(107 : 278)	(58 : 427)	(59 : 671)	(41 : 816)	(34 : 134)	(28 : 144)	(21 : 87)	(20 : 99)	(26 : 85)	(24 : 87)
CO_2 stal	814	829	973	974	1334	1392	1681	1486	1604	1447
[ppm]	(660 : 960)	(549 : 1302)	(537 : 1401)	(529 : 1717)	(846 : 1972)	(798 : 2633)	(1194 : 2179)	(742 : 2490)	(1009 : 2292)	(926 : 2455)
CO_2 buiten [ppm]	478	447	495	473	509	504	483	474	504	512
	(431 : 543)	(395 : 650)	(450 : 531)	(422 : 574)	(456 : 553)	(421 : 656)	(451 : 540)	(412 : 661)	(428 : 584)	(435 : 778)
Meetdagen	11	707	11	609	5	359	6	368	6	372
NH_3 stal	4,2	4,5	5,0	5,4	12,3	14,0	14,3	12,6	17,4	15,7
[ppm]	(2,0 : 7,8)	(0,9 : 8,8)	(1,2 : 9,5)	(0,6 : 13,0)	(6,7 : 22,1)	(1,3 : 30,4)	(10,5 : 17,4)	(6,0 : 27,7)	(11,1 : 26,5)	(7,1 : 28,2)
NH_3 buiten [ppm]	0,43	0,44	0,30	0,29	0,19	0,18	0,09	0,09	0,52	---
	(0,13 : 0,86)	(0,14 : 0,75)	(0,06 : 0,51)	(0,13 : 0,41)	(0,09 : 0,49)	(0,09 : 0,49)	(0,08 : 0,10)	(0,08 : 0,10)	(0,28 : 1,26)	
NH_3-emissie	3,7	3,8	3,6	3,7	4,8	5,0	4,7	4,3	4,7	4,7
[kg/jaar per dpl]	(1,6 : 6,7)	(1,3 : 8,8)	(1,9 : 5,3)	(1,0 : 7,9)	(4,3 : 5,3)	(0,2 : 9,3)	(2,4 : 6,3)	(2,2 : 7,2)	(3,3 : 6,3)	(2,9 : 7,4)
NH_3-emissie	3,6	3,6	3,6	3,8	5,0	5,2	4,0	3,6	4,9	5,0
[kg/jaar per dier]	(1,7 : 6,3)	(1,3 : 8,7)	(1,9 : 5,7)	(0,9 : 8,6)	(4,4 : 5,6)	(0,2 : 9,8)	(1,8 : 5,9)	(1,6 : 6,7)	(3,6 : 6,8)	(3,2 : 7,9)
Meetdagen	11	645	11	585	6	359	6	368	6	372
CH_4 stal	32,6	34,8	44,8	43,2	62,0	66,9	86,8	73,7	86,6	75,2
[ppm]	(17,4 : 50,4)	(12,9 : 67,6)	(10,7 : 109,2)	(7,1 : 115,6)	(27,6 : 104,9)	(27,7 : 150,9)	(48,7 : 121,8)	(32,1 : 161,6)	(42,8 : 135,7)	(36,8 : 143,2)
CH_4 buiten	3,7	3,8	4,5	4,3	3,6	3,7	2,9	2,9	5,7	---
[ppm]	(2,2 : 6,9)	(2,7 : 5,4)	(2,2 : 6,5)	(2,9 : 5,7)	(1,7 : 6,6)	(2,3 : 4,5)	(2,5 : 3,6)	(2,6 : 3,2)	(2,9 : 9,6)	
CH_4-emissie	28	27	27	25	19	20	25	22	20	19
[kg/jaar per dpl]	(19 : 38)	(15 : 56)	(19 : 42)	(12 : 51)	(17 : 23)	(15 : 42)	(16 : 36)	(12 : 40)	(18 : 24)	(15 : 26)
CH_4-emissie	27	26	28	26	20	21	21	18	21	20
[kg/jaar per dier]	(19 : 42)	(15 : 56)	(20 : 40)	(13 : 55)	(18 : 23)	(16 : 45)	(12 : 29)	(8 : 32)	(19 : 24)	(16 : 27)

Tabel 6.10 (vervolg) *Gemiddelde waarden in geitenstallen (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van het ventilatiedebiet, de concentraties van CO_2, NH_3, CH_4, N_2O, PM10 en geur, en de emissies van NH_3, CH_4, N_2O, PM10 en geur, voor zowel de continue als de protocollaire metingen. dpl: dierplaats; --- : niet gemeten. Voor geiten wordt geen leegstandscorrectie toegepast (Groenestein en Aarnink, 2008).*

	G1		G2		G3		G4		G5	
Kenmerk	**Protocollair**	**Continu**	**Protocollair**	**Continu**	**Protocollair**	**Continu**	**Protocollair**	**Continu**	**Protocollair**	**Continu**
Meetdagen	11	---	11	---	6	---	6	---	6	---
N_2O stal [ppm]	0,36 (0,28 : 0,48)	---	0,43 (0,28 : 0,65)	---	0,41 (0,38 : 0,47)	---	0,44 (0,36 : 0,58)	---	0,40 (0,37 : 0,42)	---
N_2O buiten [ppm]	0,35 (0,28 : 0,46)	---	0,40 (0,28 : 0,63)	---	0,38 (0,36 : 0,40)	---	0,37 (0,34 : 0,39)	---	0,38 (0,37 : 0,39)	---
N_2O-emissie [g/jaar per dpl]	53,8 (6,5 : 185,1)	---	67,6 (5,2 : 217,4)	---	38,7 (6,1 : 150,7)	---	38,7 (2,5 : 125,7)	---	16,3 (5,2 : 32,4)	---
N_2O-emissie [g/jaar per dier]	53,8 (6,4 : 187,2)	---	68,5 (5,7 : 234,9)	---	40,6 (6,3 : 160,0)	---	31,2 (2,3 : 102,6)	---	16,9 (5,7 : 32,4)	---
Aantal meetdagen	---	---	---	---	---	---	6	---	6	---
PM10 stal [mg/m^3]	---	---	---	---	---	---	0,423 (0,323 : 0,493)	---	0,348 (0,188 : 0,417)	---
PM10 buiten [mg/m^3]	---	---	---	---	---	---	0,014 (0,008 : 0,021)	---	0,015 (0,008 : 0,023)	---
PM10-emissie [g/jaar per dpl]	---	---	---	---	---	---	151 (95 : 213)	---	141 (77 : 285)	---
PM10-emissie [g/jaar per dier]	---	---	---	---	---	---	125 (70 : 201)	---	147 (84 : 298)	---
Aantal meetdagen	---	---	---	---	---	---	6	---	6	---
Geur stal [OU_E/m^3]	---	---	---	---	---	---	998 (365 : 1476)	---	1568 (644 : 2774)	---
Geur-emissie [OU_E/s/dpl]	---	---	---	---	---	---	11 (6 : 16)	---	18 (11 : 27)	---
Geur-emissie [OU_E/s/dier]	---	---	---	---	---	---	9 (5 : 15)	---	19 (11 : 28)	---

7 Resultaten en discussie: varkens

7.1 Biggen

7.1.1 Meetomstandigheden

De gerapporteerde resultaten hebben betrekking op metingen die in de periode 12/12/2018 – 26/10/2021 op 4 verschillende bedrijven voor biggen zijn uitgevoerd (huidig onderzoek), en om de metingen die in Winkel e.a. (2011) zijn gerapporteerd. Dit betreft zowel continue metingen met sensoren (1884 meetdagen; huidig onderzoek), als protocollaire metingen (in totaal 54 metingen, waarvan 32 metingen in het huidige onderzoek) volgens geaccepteerde referentiemethoden (Ogink e.a., 2017). In Bijlage G worden voor de individuele bedrijven de data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, de gemiddelde klimaat- en managementgegevens, en de resultaten van de protocollaire metingen weergegeven. Hieronder worden de resultaten van de continue en protocollaire metingen samengevat. Gemiddelde over alle bedrijven was de buitentemperatuur hoger dan en de relatieve luchtvochtigheid vergelijkbaar met de langdurige 20-jaargemiddelden (2001-2020) bij het KNMI-weerstation in De Bilt (T: 10,7 °C; RV: 81%), zowel bij de protocollaire metingen als bij de continue metingen (Tabel 7.1.1). De metingen passen in de bandbreedte van de gemeten waarden in de periode 2001-2020 (Figuur 7.1.1).

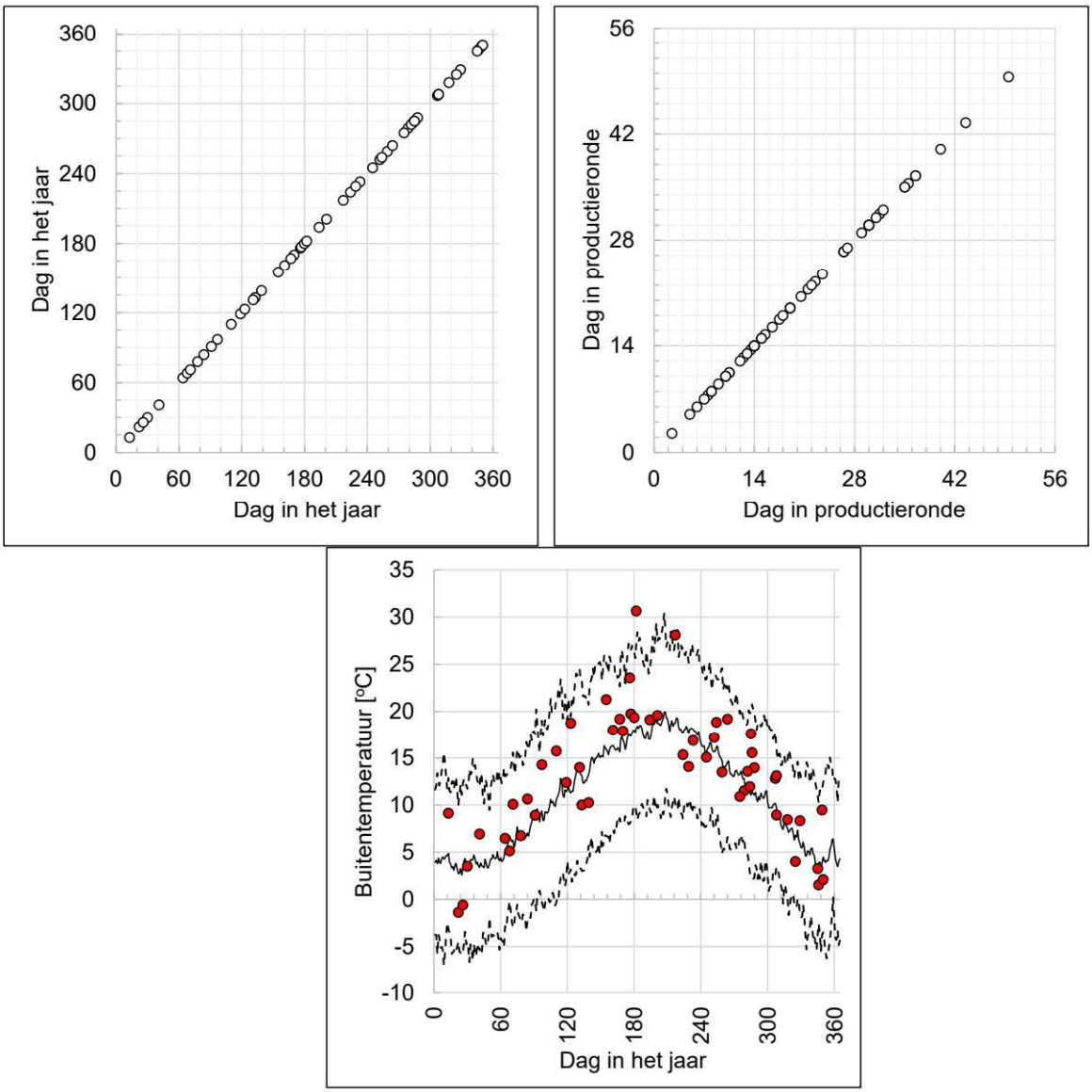
Tabel 7.1.1 *Gemiddelde waarden in biggenstallen (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters voor zowel continue als protocollaire metingen.*

	Kenmerk	T-binnen [°C]	RV-binnen [%]	T-buiten [°C]	RV-buiten [%]
Protocollair	BG1	27,6 (26,2 : 30,4)	54 (43 : 61)	10,9 (-1,4 : 23,6)	81 (54 : 93)
	BG2	27,4 (25,1 : 29,0)	51 (42 : 56)	13,6 (4,0 : 19,7)	75 (58 : 91)
	BG3	27,4 (25,9 : 29,4)	61 (57 : 65)	11,4 (5,1 : 19,3)	85 (78 : 93)
	BG4	26,4 (25,7 : 26,9)	70 (65 : 75)	13,8 (10,2 : 19,1)	89 (86 : 92)
	BG5	27,2 (25,6 : 28,5)	53 (42 : 65)	7,7 (-0,6 : 18,8)	86 (75 : 93)
	BG6	24,7 (24,2 : 25,8)	57 (52 : 61)	9,0 (3,2 : 13,6)	84 (74 : 90)
	BG7	26,2 (25,7 : 27,1)	60 (56 : 69)	16,0 (10,6 : 19,6)	64 (53 : 69)
	BG8	27,0 (25,0 : 29,5)	47 (41 : 55)	23,3 (17,6 : 30,6)	42 (34 : 50)
	Overall	26,9 (24,2 : 30,4)	55 (41 : 75)	12,9 (-1,4 : 30,6)	76 (34 : 93)
Continu	BG1	27,1 (10,2 : 31,7)	52 (37 : 93)	11,7 (-2,5 : 29,0)	77 (38 : 99)
	BG2	26,6 (14,8 : 32,2)	53 (36 : 89)	12,9 (-0,7 : 29,9)	75 (39 : 99)
	BG3	26,3 (15,8 : 30,9)	62 (44 : 81)	10,8 (-6,2 : 25,6)	80 (41 : 98)
	BG4	25,9 (16,4 : 29,2)	66 (50 : 79)	10,7 (-7,3 : 25,5)	80 (47 : 97)
	Overall	26,6 (10,2 : 32,2)	57 (36 : 93)	11,6 (-7,3 : 29,9)	78 (38 : 99)

De protocollaire metingen (Figuur 7.1.1) zijn over de seizoenen verdeeld, met een gemiddelde dag in het jaar van 197. In overeenstemming met het meetprotocol voor NH_3 (Ogink e.a., 2017) zijn de protocollaire metingen ook over de productiestadia verdeeld. Gemiddelde over de acht bedrijven was de lengte van een productieronde 41 dagen. De gemiddelde dag in de productieronde bij de protocollaire metingen was 21 dagen. Er zijn 30 protocollaire metingen in de eerste helft van de productieronde, en 24 protocollaire metingen in de tweede helft van de productieronde uitgevoerd.

Tijdens de metingen dient aan een aantal landbouwkundige randvoorwaarden (huisvesting, klimaat, rantsoen, productie) te worden voldaan (Ogink e.a., 2017). Tabel 7.1.2 laat zien dat de metingen grotendeels aan deze voorwaarden hebben voldaan. Uitzondering zijn de CO_2-concentratie in de stal (die in sommige gevallen boven de grens van de 3000 ppm is geweest) en het RE-gehalte van het voer bij bedrijf BG3. De lengte van de productieronden en de begin- en eindgewichten van de dieren waren over het

algemeen lager dan de landelijke gemiddelden, de groei per dag juist hoger. Dit wordt in Figuur 7.1.2 grafisch weergegeven.



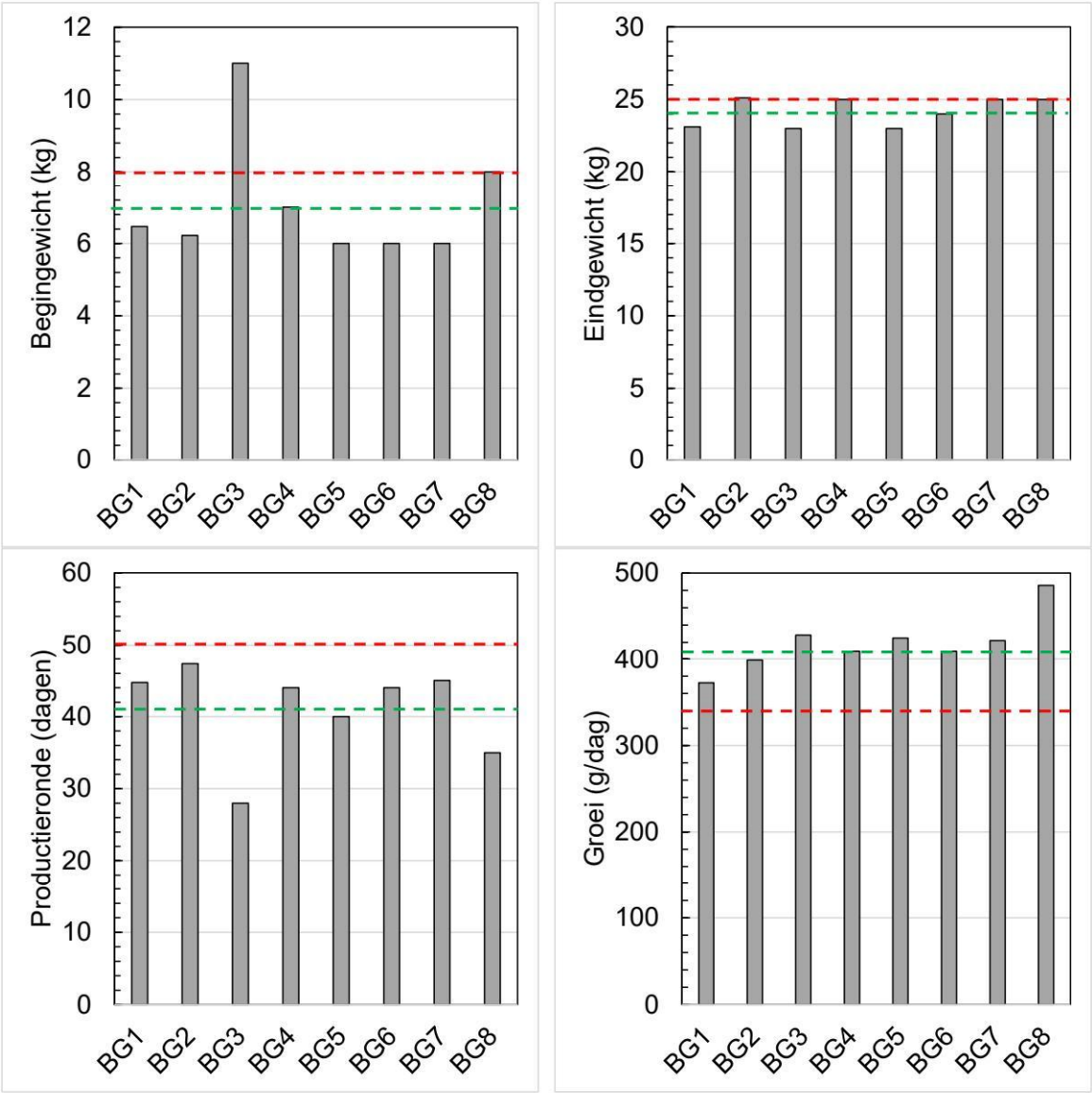
Figuur 7.1.1 *Verdeling van de metingen in biggenstallen over de seizoenen (links) en de productieronde (rechts). Onder: daggemiddelde buitentemperatuur tijdens de protocollaire metingen weergegeven met rode punten, en lange termijn gemeten waarden weergegeven als zwarte lijn (gemiddelde per dag) en stippellijnen (2 x standaarddeviatie), waargenomen door het KNMI-station De Bilt in de periode 2001-2020.*

Tabel 7.1.2a *Landbouwkundige randvoorwaarden huidig onderzoek. n.b.: niet bekend.*

Kenmerk	Voorwaarde	Voldaan?	BG1	BG2	BG3	BG4
Leefoppervlak [m^2/dier]	≥ 0,30	Ja	0,39	0,32	0,45	0,35
Afdeling in gebruik	> 1 ronde	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Groei (g/dag)	≥ 310	Ja	372	399	429	409
Dierplaatsen	≥ 40	Ja	120	270	60	310
Uitval [%]	< 5	Ja	4	4	1	2
RE (%)	16,5	Deels	16,6	16,6	14,9	n.b.
CO_2 stal [ppm]	< 3000	Deels	2263 (544 : 3632)	2109 (1394 : 2857)	1833 (663 : 3010)	1580 (1174 : 2038)

Tabel 7.1.2b *Landbouwkundige randvoorwaarden (Winkel e.a., 2011). n.b.: niet bekend.*

Kenmerk	Voorwaarde	Voldaan?	BG5	BG6	BG7	BG8
Leefoppervlak [m^2/dier]	≥ 0,30	Ja	0,30	0,30	0,36	0,30
Afdeling in gebruik	> 1 ronde	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Groei (g/dag)	≥ 310	Ja	425	409	422	486
Dierplaatsen	≥ 40	Ja	80	80	130	75
Uitval [%]	< 5	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
RE (%)	16,5	Ja	16,9	17,5	16,7	16,6
CO_2 stal [ppm]	< 3000	Deels	2550 (1420 : 4070)	2308 (1590 : 3100)	2018 (1180 : 2830)	1241 (896 : 1670)



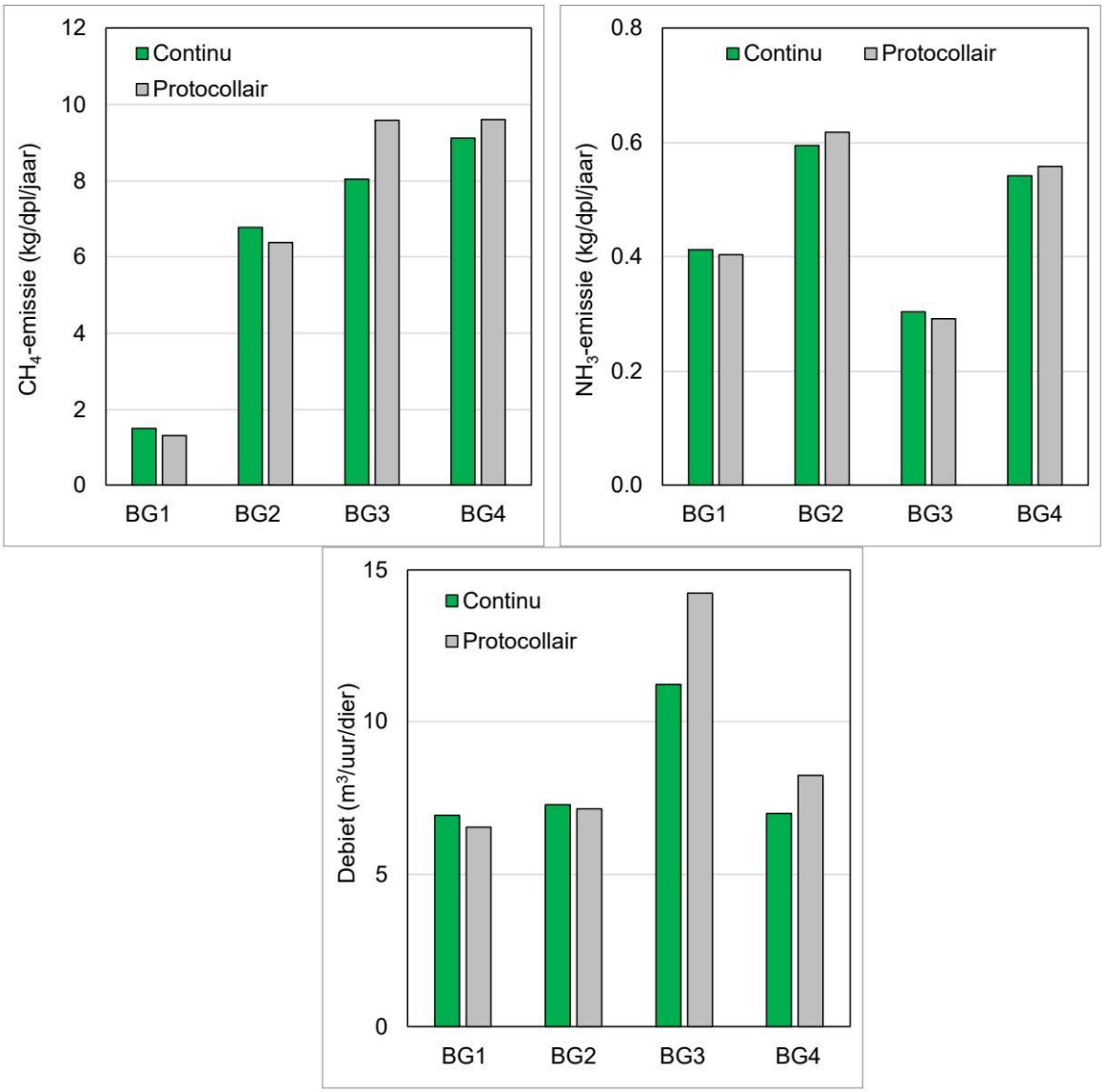
Figuur 7.1.2 *Gemiddelde lengte van de productieronde, begin- en einddiergewicht, en groei per dag. De landelijke gemiddelden in biggenstallen (Blanken e.a., 2022) worden met een rode stippellijn weergegeven, de gemiddelden uit dit onderzoek met een groene stippellijn.*

7.1.2 Continue versus protocollaire metingen

Bij een aantal bedrijven (BG1 t/m BG4) zijn zowel continue als protocollaire metingen uitgevoerd. In Tabel 7.1.3 worden de waarden (gemiddelde ± standaarddeviatie tussen bedrijven) van het ventilatiedebiet en de emissies van NH_3 en CH_4 voor zowel de continue als voor de protocollaire metingen samengevat. Gemiddelde over alle waarnemingen bij bedrijven BG1 t/m BG4 waren de waarden bij de protocollaire metingen hoger (12% voor het ventilatiedebiet, 1% voor de NH_3- en 6% voor de CH_4-emissies) dan bij de continue metingen (zie ook Figuur 7.1.3).

Tabel 7.1.3 *Ventilatiedebiet en emissies van CH_4 en NH_3 voor zowel de continue als de protocollaire metingen in biggenstallen (gemiddelde van bedrijven BG1 t/m BG4 ± standaarddeviatie tussen bedrijven). Voor de emissies van NH_3 en CH_4 is een leegstandsfactor van 9% (Groenestein en Aarnink, 2008) toegepast.*

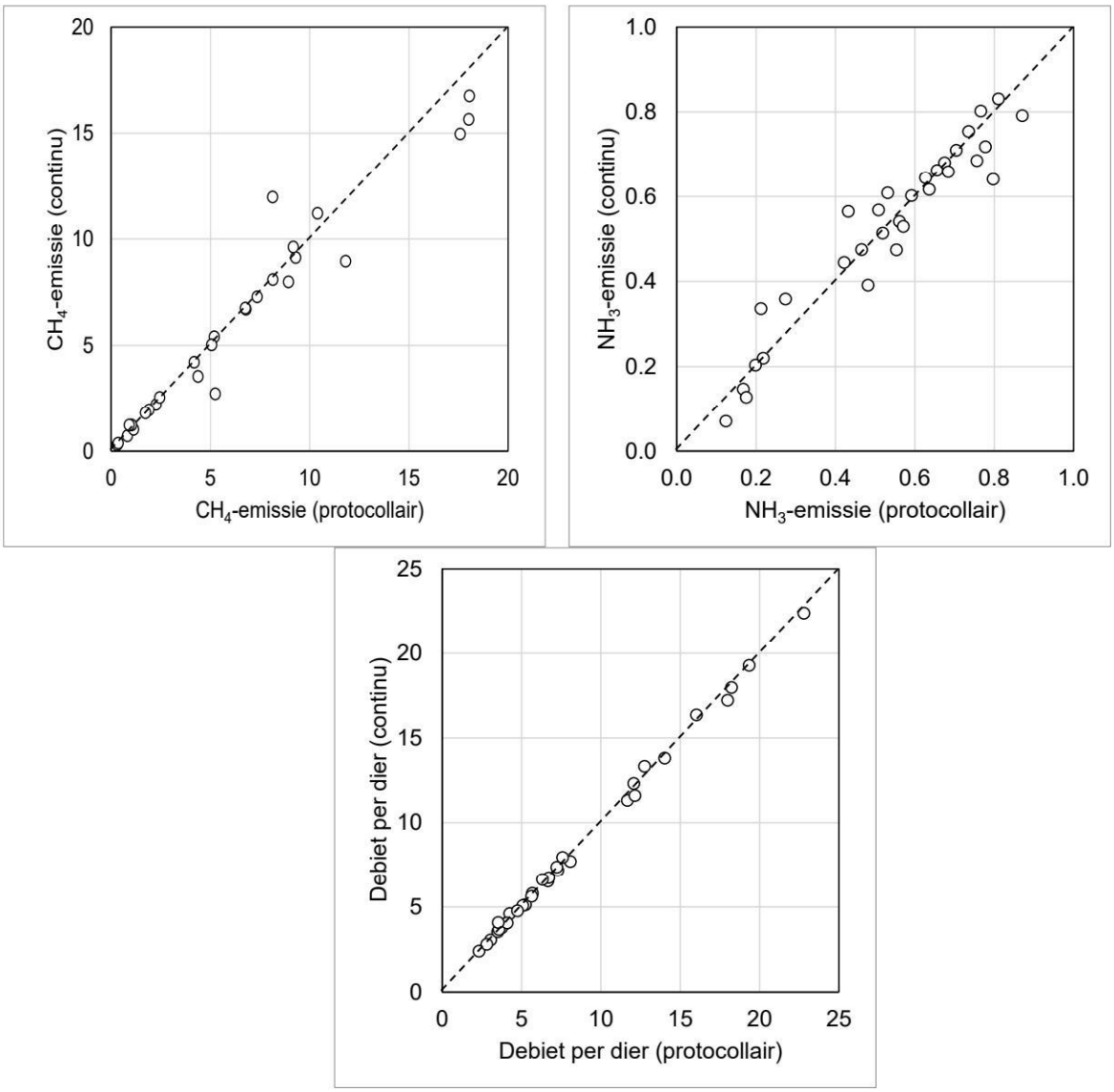
Kenmerk	Continu (BG1 t/m BG4)	Protocollair (BG1 t/m BG4)
Aantal locaties	4	4
Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]	8,1 +/- 2,1	9,0 +/- 3,5
NH_3-emissie [kg/dpl/jaar]	0,46 +/- 0,13	0,47 +/- 0,15
CH_4-emissie [kg/dpl/jaar]	6,4 +/- 3,4	6,7 +/- 3,9



Figuur 7.1.3 *Per biggenbedrijf, gemiddeld ventilatiedebiet en gemiddelde emissies van NH_3 en CH_4 voor de continue en de protocollaire metingen, wanneer gebruikt wordt gemaakt van alle beschikbare waarnemingen.*

Op basis van alleen de dagen waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd is de relatie tussen de continue en de protocollaire emissiemetingen onderzocht via een enkelvoudige lineaire regressie (zie Figuur 7.1.4) en een gepaarde dubbelzijdig t-toets. De resultaten van deze analyses worden in Tabel 7.1.4 weergegeven, en getoetst aan de criteria zoals in hoofdstuk 3.3.3. voorgesteld. Alleen de P-waarde van het snijpunt van de enkelvoudige lineaire regressie voor de NH_3-emissies voldoet (net) niet aan de criteria. Het procentueel verschil tussen de gemeten NH_3-emissiewaarden bij de continue en de protocollaire metingen is klein (<5%).

Bedrijfsmonitoring met sensoren (continue metingen) voldoet aan de criteria voor de hypothese dat continue en protocollaire metingen niet significant verschillend zijn. Het procentueel verschil tussen de gemeten NH_3-emissiewaarden bij de continue en de protocollaire metingen is voor zowel CH_4 als NH_3 klein (<5%).



Figuur 7.1.4 *Enkelvoudige lineaire regressie tussen de continue en de protocollaire metingen in biggenstallen, wanneer alleen gebruikt wordt gemaakt van de data die gemeten is tijdens de dagen waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd. Vergelijking is alleen voor bedrijven BG1 t/m BG4 mogelijk.*

Tabel 7.1.4 *Resultaten uit de enkelvoudige lineaire regressie van de relatie tussen continue en protocollaire emissiemetingen (Continu = a*Protocollair + b) en de gepaarde dubbelzijdig t-toets van de verschillen (Continu-Protocollair). Getoetst wordt of het voldaan wordt aan de criteria voor de hypothese dat continue en protocollaire metingen niet significant verschillend zijn. Voor toelichting over de parameters en criteria zie hoofdstuk 3.3.3.*

Variabelen	Analyse	Parameter	Gemeten waarde	Criteria	Voldaan aan criteria?
NH_3-emissie	Enkelvoudige lineaire regressie	Helling (a)	0,92	0,90 < a < 1,10	Ja
		Snijpunt (b) P-waarde	0,04 0,18	--- P>0,10	--- Ja
	t-toets	P-waarde	0,71	P>0,10	Ja
	Procentueel verschil	PV	-0,01	-0,10 < PV < 0,10	Ja
	Aantal metingen	n	31	≥24	Ja
CH_4-emissie	Enkelvoudige lineaire regressie	Helling (a)	0,90	0,90 < a < 1,10	Ja
		Snijpunt (b) P-waarde	0,38 0,29	--- P>0,10	--- Ja
	t-toets	P-waarde	0,26	P>0,10	Ja
	Procentueel verschil	PV	-0,05	-0,10 < PV < 0,10	Ja
	Aantal metingen	n	28	≥24	Ja

7.1.3 Emissieniveaus op basis van protocollaire metingen

De geschatte emissieniveaus voor CH_4, NH_3, N_2O, geur en fijnstof (PM10), op basis van de protocollaire metingen, worden in Tabel 7.1.5 samengevat en in Figuur 7.1.5 grafisch weergegeven. De variatie binnen- en tussenbedrijven wordt als variatiecoëfficiënt in Tabel 7.1.6 weergegeven. In Tabel 7.1.9 worden de gemiddelde waarden per bedrijf voor zowel de continue als de protocollaire metingen gerapporteerd.

Tabel 7.1.5 *Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier] en emissies van CH_4 [kg/dpl/jaar], NH_3 [kg/dpl/jaar], N_2O [g/dpl/jaar], geur [OU_E/s/dpl] en fijnstof (PM10; [g/dpl/jaar]) in biggenstallen tijdens de protocollaire metingen (gemiddelde ± standaarddeviatie tussen bedrijven). dpl: dierplaats. Voor de emissies van NH_3, CH_4, N_2O en PM10 is een leegstandsfactor van 9% (Groenestein en Aarnink, 2008) toegepast.*

Kenmerk	Alle Data	Volledig roostervloer[1)]	Gedeeltelijk roostervloer	D1.1.100	D1.1.5	D1.1.13
Aantal locaties	8	5	3	4	2	2
Debiet	9,4 +/- 3,2	9,6 +/- 4,0	9,2 +/- 2,0	9,0 +/- 3,5	10,2 +/- 1,5	9,4 +/- 5,5
CH_4-emissie	4,9 +/- 3,7	4,6 +/- 4,6	5,3 +/- 2,5	6,7 +/- 3,9	4,8 +/- 3,4	1,3 +/- 0,2
NH_3-emissie	0,41 +/- 0,14	0,42 +/- 0,10	0,39 +/- 0,21	0,47 +/- 0,15	0,28 +/- 0,12	0,43 +/- 0,07
N_2O-emissie	18,7 +/- 21,5	20,2 +/- 26,1	16,1 +/- 15,6	32,5 +/- 23,7	7,1 +/- 0,5	2,6 +/- 0,4
Geuremissie	12,7 +/- 8,6	14,3 +/- 10,5	9,6 +/- 3,5	21,0 +/- 12,1	9,6 +/- 3,5	7,5 +/- 0,8
PM10-emissie	64,7 +/- 13,3	55,5 +/- 13,7	73,8 +/- 3,5	---	73,8 +/- 3,5	55,5 +/- 13,7

[1)] BG1, BG7 en BG8: volledig roostervloer met water- en mestkanaal; BG3 en BG4: volledige roostervloer

Tabel 7.1.6 *Variatiecoëfficiënten (CV) per component tussen en binnen bedrijven (%) in biggenstallen, op basis van de protocollaire metingen. Tussen haakjes, het aantal waarnemingen voor de CV-bepalingen.*

Component	CV-tussen	CV-binnen
NH_3	38 (8)	42 (53)
CH_4	98 (8)	70 (52)
N_2O	127 (8)	108 (54)
Geur	62 (6)	84 (30)
PM10	18 (4)	40 (21)

Tabel 7.1.6 laat voor alle componenten een aanzienlijke tussenbedrijfsvariatie zien, die vergelijkbaar is met de geschatte binnenbedrijfsvariatie. De waarden voor NH_3 zijn lager dan wat in Mosquera e.a. (2008) voor varkensstallen is gerapporteerd. De grootte van de variatiecoëfficiënten maakt het in de meeste gevallen

lastig om eventuele systematische verschillen tussen de gemeten emissiewaarden uit huisvestingssystemen en de huidige emissiefactor (statistisch significant) aan te tonen.

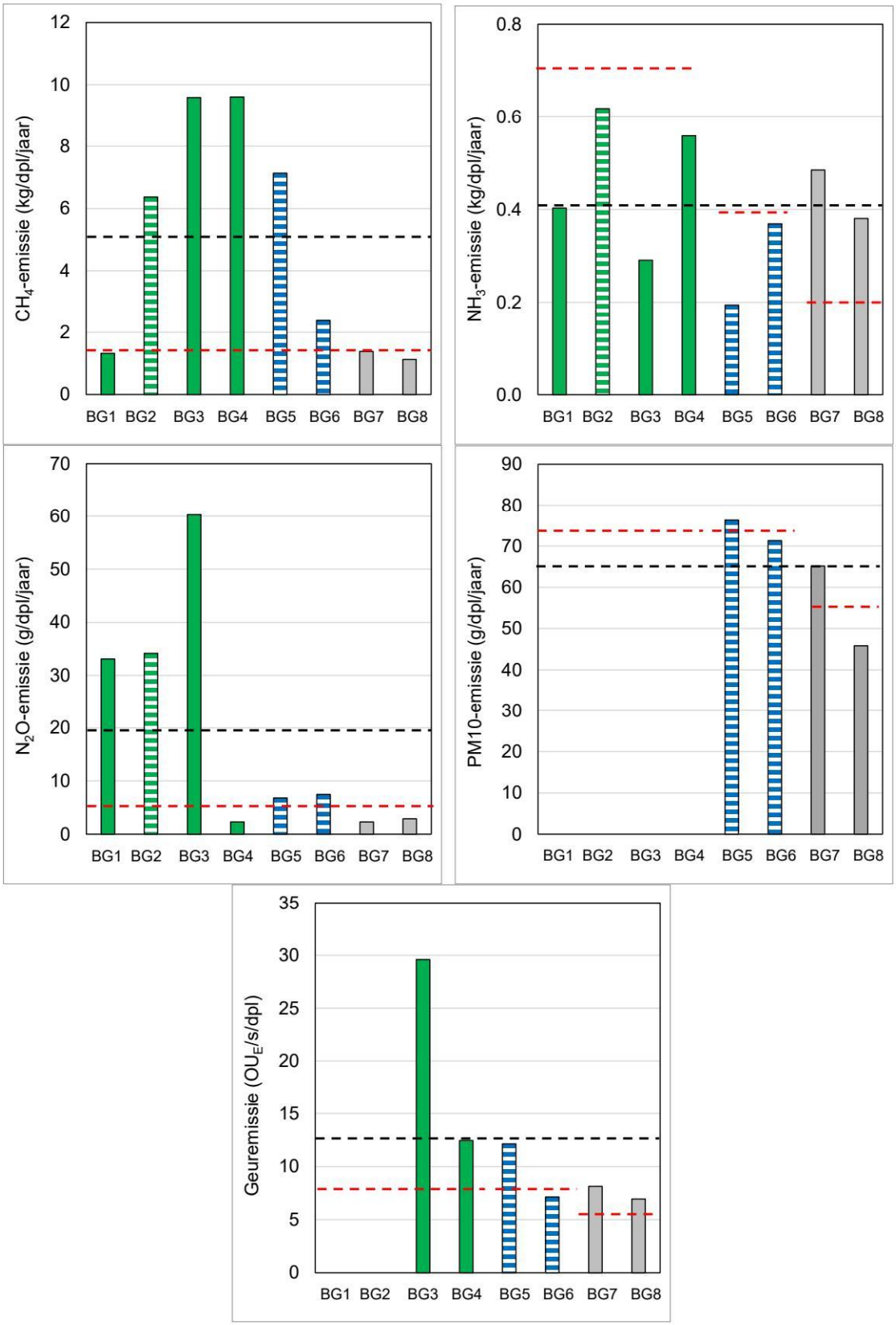
De **CH_4-emissie** (gecorrigeerd door een leegstandsfactor van 0,91 volgens Groenestein en Aarnink (2008)) uit systemen met gedeeltelijk roostervloer was niet-significant (P>0,10) hoger dan uit systemen met volledig roostervloer. Over alle bedrijven waren de emissies significant (P<0,05) hoger dan de waarden (1,5 kg CH_4/dier/jaar; alleen endogeen (uit het dier), geen mestbijdrage) gerapporteerd in Van Bruggen e.a. (2021). Het verschil tussen bedrijven is groot (zie Figuur 7.1.5). Bij de bedrijven met volledig roostervloer waren er drie (BG1, BG7 en BG8; alle drie met water- en mestkanalen) met lage emissies (<1,5 kg CH_4/dierplaats/jaar), bij de andere twee (BG3, BG4) is een waarde van rond de 10 kg CH_4/dierplaats/jaar gemeten. Dit zou deels verklaard kunnen worden door het verschil in mestkeldercapaciteit tussen die bedrijven (CH_4-productie uit de mest is afhankelijk van de hoeveelheid in de mestkelder, en hoe lang die in de mestkelder blijft opgeslagen). Bedrijven BG3 en BG4 hadden een mestkelder van een diepte ≥ 1m, voor de andere bedrijven was dit ≤0,6m. Hoe kleiner de mestopslag in de stal, hoe minder mest in de stal en hoe groter de kans dat de mest korter in de stal wordt opgeslagen. Voor bedrijven met weinig opslag in de stal, zal de bijdrage uit de mest op de CH_4-emissie uit de stal klein zijn (voornamelijk endogene emissies: 1,5 kg CH_4/dier/jaar volgens Van Bruggen e.a.,2021). Hetzelfde gold voor de bedrijven met gedeeltelijk roostervloer: één bedrijf (BG6) had een waarde < 2,5 kg CH_4/dierplaats/jaar, de andere twee (BG2 en BG5) >6 kg CH_4/dierplaats/jaar. De hoge waarden bij BG2 zouden ook verklaard kunnen worden door de mestcapaciteit (mestkelderdiepte: 1,5 m). Dit is bij BG6 niet het geval (ondiepe mestkelder: 0,5 m). Bij deze meetlocatie is wel geconstateerd dat een afsluiter van het rioleringssysteem niet goed sloot. Hiermee zou de lucht van de afdeling in verbinding staan met een grotere mestopslag waar ook methaan wordt geproduceerd. Dit zou de verhoogde CH_4-emissie op dit bedrijf kunnen verklaren. De gemiddelde CH_4-emissie voor de vier bedrijven met ondiepe mestkelders (met uitzondering van BG6) was 1,6 ± 0,5 kg CH_4/dierplaats/jaar. Voor bedrijven met diepe mestkelders was de CH_4-emissie 8,2 ± 1,7 kg CH_4/dierplaats/jaar. Het gering aantal locaties per Rav-code, en de grote verschillen in mestcapaciteit bij de bedrijven gekoppeld aan de verschillende Rav-codes (D1.1.100: drie van de vier locaties met diepe mestkelders; D1.1.13: twee locaties met alleen ondiepe mestkelders; D1.1.5: twee locaties, allebei met ondiepe mestkelders) maakt het niet mogelijk om een onderscheid te maken in CH_4-emissie tussen verschillende Rav-codes.

De gemiddelde **NH_3-emissie** (gecorrigeerd door een leegstandsfactor van 0,91 volgens Groenestein en Aarnink (2008)) uit de bedrijven met volledig roostervloer (met of zonder water- en mestkanalen) was niet-significant (P>0,10) hoger dan de emissies uit de bedrijven met een gedeeltelijk roostervloer. Er is sprake van een zwak significant verschil (0,05 < P < 0,10) tussen de gemiddelde lagere emissie bij D1.1.100 (overige huisvestingssystemen; gebaseerd op metingen op vier bedrijven met verschillende vloer- en mestkelder-uitvoeringen) en de huidige emissiefactor voor overige huisvestingssystemen (0,69 kg NH_3/dierplaats/jaar voor 10% leegstand (Ogink e.a., 2017); 0,70 kg NH_3/dierplaats/jaar voor 9% leegstand (Groenestein e.a., 2008); op basis van een hokoppervlak van 0,35 m^2/dier). Opvallend zijn de lagere NH_3-emissies bij BG1 en BG3 ten opzichte van BG2 en BG4. Volgens Groenestein e.a. (2014b) zou een grotere hokoppervlak (BG1 en BG3 ten opzichte van BG2 en BG4) juist tot hogere emissies moeten leiden. Door het beperkt aantal locaties die voor D1.1.5 en D1.1.13 beschikbaar waren (twee locaties per huisvestingssysteem), is een analyse over significantie van verschillen tussen de gemeten waarden en de emissiefactor niet zinvol. Over de twee gemeten locaties was de emissie bij D1.1.5 lager dan de huidige emissiefactor (0,39 kg NH_3/dierplaats/jaar). Hier is aan te merken dat de dieren bij de gemeten stallen een kleine hokoppervlak (0,30 m^2/dier) ter beschikking hadden (met als gevolg lagere emissies). De emissie bij D1.1.13 was juist hoger dan de huidige emissiefactor (0,20 kg NH_3/dierplaats/jaar).

De gemiddelde **N_2O-emissie** (gecorrigeerd door een leegstandsfactor van 0,91 volgens Groenestein en Aarnink (2008)) was voor de bedrijven met volledig roostervloer (met of zonder water- en mestkanalen) niet significant (P>0,10) hoger dan voor de bedrijven met een gedeeltelijk roostervloer. De verwachting is ook dat de N_2O-emissie bij biggen onafhankelijk is van het toegepaste huisvestingssysteem (allemaal systemen met drijfmest, met een geringe N_2O-emissie). Over alle bedrijven was de gemiddelde N_2O-emissie niet-significant (P>0,10) hoger dan de huidige emissiefactor (5 g N_2O/dier/jaar; Van Bruggen e.a., 2021).

De gemiddelde **PM10-emissie** (gecorrigeerd door een leegstandsfactor van 0,91 volgens Groenestein en Aarnink (2008)) was voor de bedrijven met volledig roostervloer (D1.1.13; twee bedrijven) niet-significant (P>0,10) lager dan voor de bedrijven met gedeeltelijk roostervloer (D1.1.5; twee bedrijven). Deze cijfers, die gerapporteerd zijn in Winkel e.a. (2011), zijn toegepast om de huidige PM10-emissiefactoren (met onderscheid in systemen met gedeeltelijk en volledig roostervloer) te bepalen. Voor biggen zijn in dit onderzoek geen extra PM10-emissiecijfers tot stand gekomen.

De gemiddelde **geuremissie** (geen correctie voor leegstand toegepast) was voor de bedrijven met volledig roostervloer niet-significant (P>0,10) hoger dan voor de bedrijven met gedeeltelijk roostervloer. Door het beperkt aantal locaties die per systeem beschikbaar waren (twee locaties per systeem), is een analyse over significantie van verschillen tussen de gemeten waarden en de emissiefactor niet zinvol. Voor alle drie huisvestingssystemen was de gemiddelde emissie hoger dan de huidige emissiefactoren (7,8 OU_E/s/dierplaats voor D1.1.100 en D1.1.5; 5,4 OU_E/s/dierplaats voor D1.1.13; www.infomil.nl).



Figuur 7.1.5 *Gemiddelde emissies tijdens de protocollaire metingen per bedrijf (balken) en over alle biggenbedrijven (zwarte stippellijn). De emissiefactoren (CH_4, N_2O: Van Bruggen e.a., 2021; NH_3, geur en PM10: www.infomil.nl) worden met rode stippellijnen weergegeven. Rav-codes: D1.1.100 (groene balken), D1.1.5 (blauwe balken), D1.1.13 (grijze balken). Balken met even opvulling: volledig roostervloer; Balken met strepen: gedeeltelijk roostervloer. Voor de emissies van NH_3, CH_4, N_2O en PM10 is een leegstandsfactor van 9% (Groenestein en Aarnink, 2008) toegepast.*

Op basis van de in dit document gerapporteerde metingen zijn voor biggen de volgende emissies bepaald:

- **CH_4: 4,9 kg CH_4/dierplaats/jaar. Deze waarde is significant (P<0,05) hoger dan de huidige emissiefactor (1,5 kg CH_4/dier/jaar; Van Bruggen e.a., 2021).**
- **NH_3: 0,28; 0,43 en 0,47 kg NH_3/dierplaats/jaar voor respectievelijk D1.1.5, D1.1.3 en D1.1.100). De emissies voor D1.1.5 zijn lager en voor D1.1.13 hoger dan de huidige emissiefactoren (www.infomil.nl; 0,39; 0,20). Door het beperkt aantal locaties per systeem (n=2), is voor deze systemen geen test voor significantie uitgevoerd. Bij D1.1.100 (n=4) is sprake van een zwak significant verschil (0,05 < P < 0,10) tussen de gemeten emissies en de huidige emissiefactor (0,69 kg NH_3/dierplaats/jaar; www.infomil.nl).**
- **N_2O: 19 g N_2O/dierplaats/jaar. Deze waarde is niet-significant (P>0,10) hoger dan de huidige emissiefactor (5 g N_2O/dier/jaar; Van Bruggen e.a., 2021).**
- **PM10: 74 g/dierplaats/jaar voor systemen met gedeeltelijk roostervloer, en 56 g/dierplaats/jaar voor systemen met volledig roostervloer. Deze waarden zijn niet-significant hoger dan de huidige PM10-emissiefactoren (respectievelijk 74 en 56 g/dierplaats/jaar; www.infomil.nl).**
- **Geur: 21; 9,6 en 7,5 OU_E/s/dierplaats voor respectievelijk D1.1.100, D1.1.5 en D1.1.13. Door het beperkt aantal locaties per systeem (n=2), is voor deze systemen geen test voor significantie uitgevoerd. De gerapporteerde emissies zijn voor alle drie systemen hoger dan de huidige emissiefactoren (www.infomil.nl; 7,8 OU_E/s/dierplaats voor D1.1.5 en D1.1.100; 5,4 OU_E/s/dierplaats voor D1.1.13).**

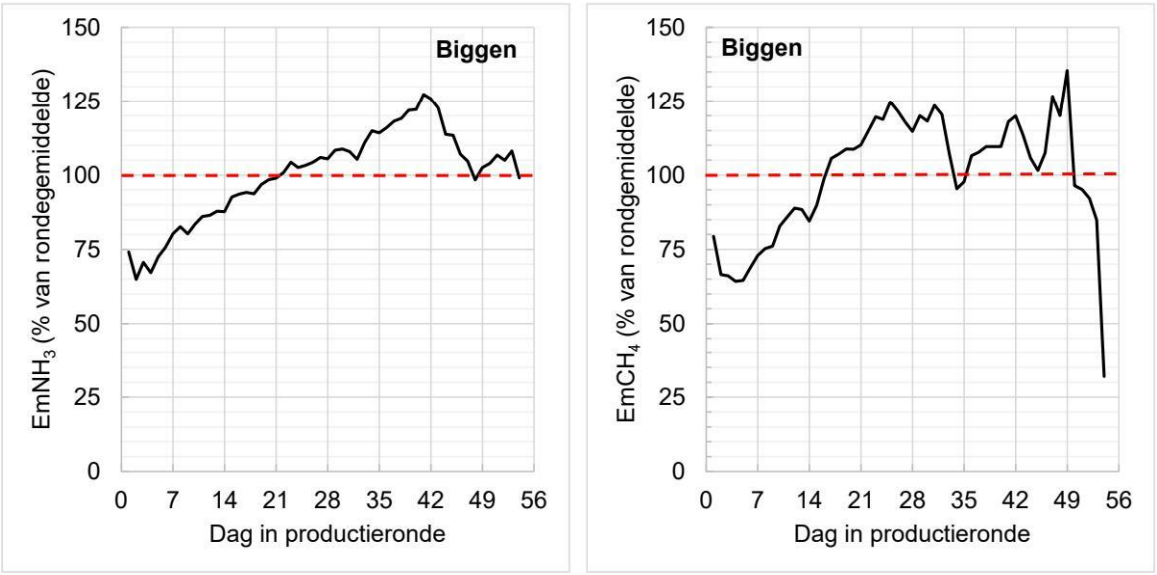
Voor de emissies van NH_3, CH_4, N_2O en PM10 is een leegstandsfactor van 9% (Groenestein en Aarnink, 2008) toegepast.

7.1.4 Patronen en effecten van management- en omgevingsparameters

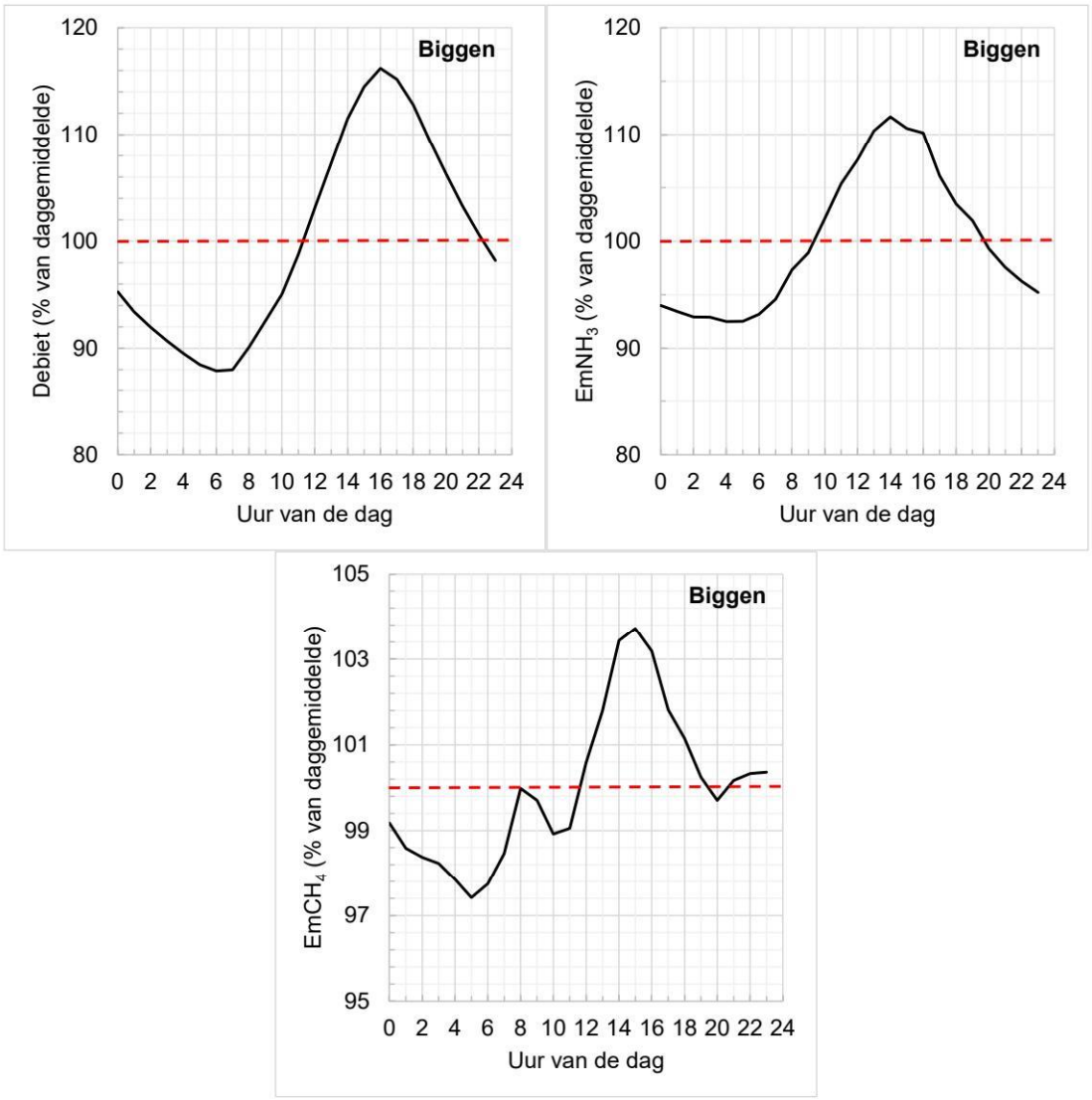
Van de onderzochte managements- en omgevingsparameters (Tabel 7.1.7; op basis van de protocollaire metingen) heeft alleen het ventilatiedebiet per dier (op Ln-schaal) een significante correlatie met alle componenten, met de uitzondering van N_2O. De emissie van N_2O lijkt niet (lineair) met de onderzochte parameters (behalve de relatieve luchtvochtigheid in de stal) samen te hangen. Voor NH_3 heeft ook de buitentemperatuur een significante correlatie met de emissies. Figuur 7.1.6 laat een duidelijke lineaire toename van de NH_3-emissie gedurende een groot deel van de productieronde, met een daling in emissies aan het einde van de productieronde. Voor de emissies van CH_4, geur en PM10 heeft naast het ventilatiedebiet ook de dag in de productieronde een significante correlatie. Binnen een dag laten het ventilatiedebiet en de emissies van CH_4 en NH_3 een duidelijk patroon zien (Figuur 7.1.7). De dag in het jaar lijkt (lineair) alleen voor de CH_4- en geuremissies een correlatie te hebben. Figuur 7.1.8 laat echter (op basis van continue metingen) een (niet-lineair) jaarpatroon zien niet alleen voor de buitentemperatuur, maar ook voor het ventilatiedebiet, en de emissies van CH_4 en NH_3. Zowel het ventilatiedebiet als de NH_3-emissie volgen het jaarpatroon van de buitentemperatuur, met hogere waarden bij de warme maanden. Voor CH_4 is geen duidelijk jaarpatroon te zien, met name na de zomermaanden (september t/m januari).

Tabel 7.1.7 *Significantie (P) van de effecten van een aantal management- en omgevingsparameters op de emissies uit biggenstallen van NH_3, CH_4, N_2O, geur en PM10 (allemaal op Ln-schaal). P≤0,001: sterk significant (groen); 0,001<P<0,05: significant (geel); 0,05≤P<0,10: zwak significant (oranje); P>0,10: niet significant (geen kleur).*

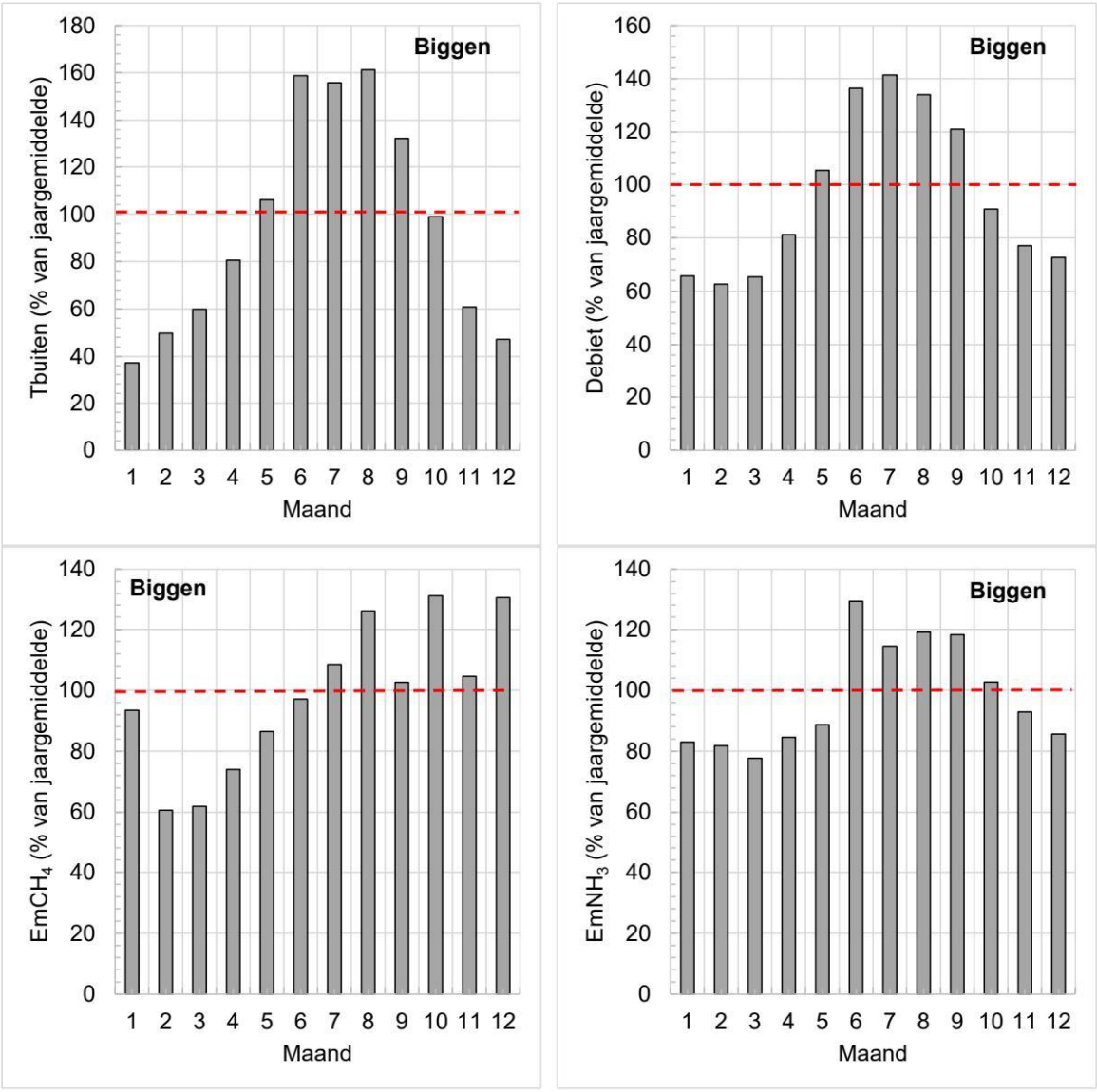
Parameter	$LnNH_3$	$LnCH_4$	LnN_2O	LnGeur	LnPM10
Tbinnen	0,264	0,603	0,391	0,686	0,818
Tbuiten	0,005	0,050	0,982	0,905	0,876
Rvbinnen	0,123	0,131	0,069	0,555	0,015
Rvbuiten	0,814	0,937	0,307	0,537	0,158
LNDebietperdier	0,003	0,002	0,675	0,074	<0,001
DagInRonde	0,597	0,035	0,142	0,043	0,002
DagInJaar	0,928	0,032	0,941	0,099	0,117



Figuur 7.1.6 *Emissies van CH_4 en NH_3 (op basis van continue metingen) als percentage van de (gemeten) gemiddelden voor een productieronde (als rode stippellijn weergegeven).*



Figuur 7.1.7 *Dagpatroon voor het ventilatiedebiet en de emissies van CH_4 en NH_3 (op basis van continue metingen) als percentage van de (gemeten) gemiddelden per dag (als rode stippellijn weergegeven) in biggenstallen.*



Figuur 7.1.8 *Jaarpatroon voor de buitentemperatuur, het ventilatiedebiet, en de emissies van CH_4 en NH_3, op basis van continue metingen in biggenstallen. Alle parameters zijn weergegeven als percentage van de (gemeten) jaargemiddelden (als rode stippellijn weergegeven).*

Het ventilatiedebiet per dier (op Ln-schaal) heeft een significante correlatie met de emissie van NH_3, CH_4, geur en PM10. De emissie van N_2O lijkt niet (lineair) met de onderzochte parameters (behalve de relatieve luchtvochtigheid in de stal) samen te hangen. Buitentemperatuur (voor NH_3) en dag in de ronde (voor CH_4, geur en PM10) hebben ook een significante correlatie met de emissies.

Het ventilatiedebiet en de emissies van CH_4 en NH_3 laten een duidelijk dag/nacht patroon zien.

De NH_3-emissie neemt gedurende een groot deel van de productieronde lineair toe, met een daling in emissies aan het einde van de productieronde.

Het ventilatiedebiet en de NH_3-emissie volgen het jaarpatroon van de buitentemperatuur, met hogere waarden bij de warme maanden. Voor CH_4 is geen duidelijk jaarpatroon te zien.

7.1.5 Toepasbaarheid CO_2-productiemodel voor het bepalen van het ventilatiedebiet

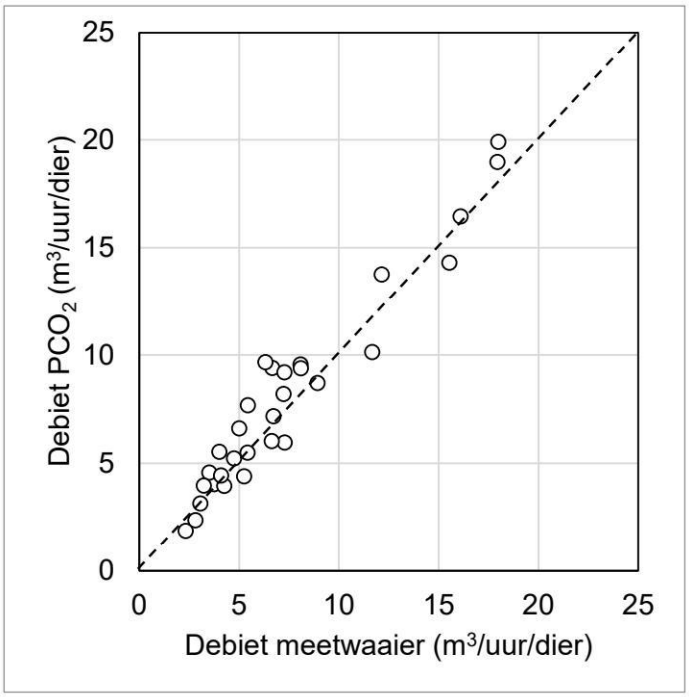
Op vier bedrijven (BG1, BG2, BG7, BG8) was het mogelijk om op basis van de protocollaire metingen een vergelijking te maken tussen een directe bepaling van het ventilatiedebiet met *meetwaaiers* (MV), en een indirecte bepaling door middel van de tracergas ratiomethode (met CO_2 als door dieren en mest geproduceerde tracergas; PCO2).

De gelijkwaardigheid van directe en indirecte bepaling van het ventilatiedebiet is onderzocht via een enkelvoudige lineaire regressie (Figuur 7.1.9) en een gepaarde dubbelzijdig t-toets (zie hoofdstuk 3.3.3). De resultaten van deze analyses worden in Tabel 7.1.8 weergegeven, en getoetst aan de criteria zoals in hoofdstuk 3.3.3. voorgesteld. De resultaten in Tabel 7.1.8 laten zien dat het in de meeste gevallen aan de criteria wordt voldaan. De enige uitzondering is de P-waarde van de t-toets, wat op significante verschillen tussen beide methoden duidt. Het procentueel verschil tussen beide methoden is <10%.

Tabel 7.1.8 *Resultaten uit de enkelvoudige lineaire regressie van de relatie tussen indirecte (P_{CO2}) en directe (MV) bepalingen van het ventilatiedebiet (P_{CO2} = a*MV + b) en de gepaarde dubbelzijdig t-toets van de verschillen (P_{CO2}-MV). Getoetst wordt of het voldaan wordt aan de criteria voor de hypothese dat continue en protocollaire metingen niet significant verschillend zijn. Voor toelichting over de parameters en criteria zie hoofdstuk 3.3.3.*

Analyse	Parameter	Gemeten waarde	Criteria	Voldaan aan criteria?
Enkelvoudige lineaire regressie	Helling (a)	1,01	0,90 < a < 1,10	Ja
	Snijpunt (b)	0,57	---	---
	P-waarde	0,21	P>0,10	Ja
t-toets	P-waarde	0,01	P>0,10	Nee
Procentueel verschil	PV	0,08	-0,10 < PV < 0,10	Ja
Aantal metingen	n	26	≥24	Ja

De resultaten uit dit onderzoek laten zien dat het over het algemeen aan de criteria voor gelijkwaardigheid van directe (meetwaaiers) en indirecte (P_{CO2}) bepalingen van het ventilatiedebiet wordt voldaan. Het procentueel verschil tussen beide methoden is <10%.



Figuur 7.1.9 *Relatie tussen het ventilatiedebiet bepaald door middel van de tracergas ratiomethode (PCO2) en gemeten met meetwaaiers (MV) op basis van de protocollaire metingen in biggenstallen.*

Tabel 7.1.9 *Gemiddelde waarden in biggenstallen (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van het ventilatiedebiet, de concentraties van CO_2, NH_3, CH_4, N_2O, PM10 en geur, en de emissies van NH_3, CH_4, N_2O, PM10 en geur, voor zowel de continue als de protocollaire metingen. dpl: dierplaats; ---: niet gemeten. Voor de emissies van NH_3, CH_4, N_2O en PM10 is een leegstandsfactor van 9% (Groenestein en Aarnink, 2008) toegepast.*

	BG1		BG2		BG3		BG4	
Kenmerk	**Protocollair**	**Continu**	**Protocollair**	**Continu**	**Protocollair**	**Continu**	**Protocollair**	**Continu**
Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]	6,5 (2,3 : 19,3)	6,9 (1,8 : 21,8)	7,1 (3,5 : 18,0)	7,3 (1,9 : 25,4)	14,2 (3,5 : 22,8)	11,2 (1,5 : 24,0)	8,2 (5,6 : 14,0)	7,0 (0,9 : 17,5)
CO_2 stal [ppm]	2263 (544 : 3632)	2159 (513 : 4403)	2109 (1394 : 2857)	2104 (515 : 4306)	1833 (663 : 3010)	2034 (1841 : 2240)	1580 (1174 : 2038)	1636 (517 : 3261)
CO_2 buiten [ppm]	476 (435 : 511)	470 (439 : 571)	507 (455 : 578)	453 (400 : 556)	630 (545 : 837)	649 (563 : 873)	468 (456 : 486)	504 (504 : 504)
Meetdagen	12	643	10	498	6	358	4	270
NH_3 stal [ppm]	12,3 (3,7 : 22,0)	12,0 (2,3 : 28,4)	19,4 (6,9 : 30,1)	18,4 (5,0 : 51,1)	6,1 (3,7 : 9,6)	6,8 (4,9 : 13,6)	14,0 (6,6 : 18,8)	19,0 (3,7 : 46,8)
NH_3 buiten [ppm]	0,15 (0,03 : 0,44)	0,15 (0,07 : 0,30)	0,19 (0,11 : 0,33)	0,19 (0,14 : 0,27)	1,57 (1,57 : 1,57)	1,72 (0,83 : 2,64)	0,06 (0,05 : 0,08)	0,14 (0,14 : 0,14)
NH_3-emissie [kg/jaar per dpl]	0,40 (0,11 : 0,69)	0,41 (0,06 : 1,16)	0,62 (0,46 : 0,79)	0,60 (0,23 : 1,15)	0,29 (0,16 : 0,44)	0,30 (0,04 : 1,05)	0,56 (0,51 : 0,62)	0,54 (0,19 : 0,92)
Meetdagen	12	608	9	498	5	358	4	266
CH_4 stal [ppm]	43 (12 : 109)	46 (13 : 149)	208 (51 : 359)	229 (27 : 532)	179 (51 : 258)	174 (43 : 381)	265 (112 : 455)	341 (21 : 625)
CH_4 buiten [ppm]	2,9 (2,2 : 4)	2,9 (2,3 : 3)	4,1 (2,2 : 8)	4,0 (2,8 : 6)	19,3 (6,1 : 38)	1,7 (0,8 : 3)	3,9 (2,4 : 6)	3,1 (3,1 : 3)
CH_4-emissie [kg/jaar per dpl]	1,3 (0,3 : 3,8)	1,5 (0,2 : 5,3)	6,4 (4,6 : 8,5)	6,8 (0,8 : 13,6)	9,6 (3,7 : 16,4)	8,9 (0,7 : 27,6)	9,6 (7,5 : 13,5)	9,1 (1,2 : 25,4)
Meetdagen	12	---	9	---	6	---	4	---
N_2O stal [ppm]	0,83 (0,41 : 1,63)	---	0,91 (0,55 : 1,72)	---	0,71 (0,42 : 0,97)	---	0,40 (0,37 : 0,43)	---
N_2O buiten [ppm]	0,37 (0,29 : 0,47)	---	0,48 (0,34 : 0,73)	---	0,39 (0,29 : 0,42)	---	0,38 (0,36 : 0,40)	---
N_2O-emissie [g/jaar per dpl]	33,1 (0,5 : 66,8)	---	34,2 (10,9 : 51,3)	---	60,3 (9,7 : 105,8)	---	2,3 (0,6 : 3,5)	---
Meetdagen	---	---	---	---	---	---	---	---
PM10 stal [mg/m^3]	---	---	---	---	---	---	---	---
PM10 buiten [mg/m^3]	---	---	---	---	---	---	---	---
PM10-emissie [g/jaar per dpl]	---	---	---	---	---	---	---	---
Meetdagen	---	---	---	---	5	---	4	---
Geur stal [OU_E/m^3]	---	---	---	---	9544 (3363 : 14628)	---	6286 (3481 : 10059)	---
Geur-emissie [OU_E/s/dpl]	---	---	---	---	29,6 (10,6 : 79,0)	---	12,4 (5,5 : 21,7)	---

Tabel 7.1.9 (vervolg) *Gemiddelde waarden in biggenstallen (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van het ventilatiedebiet, de concentraties van CO_2, NH_3, CH_4, N_2O, PM10 en geur, en de emissies van NH_3, CH_4, N_2O, PM10 en geur, voor zowel de continue als de protocollaire metingen. dpl: dierplaats; ---: niet gemeten. Voor de emissies van NH_3, CH_4, N_2O en PM10 is een leegstandsfactor van 9% (Groenestein en Aarnink, 2008) toegepast.*

	BG5		BG6		BG7		BG8	
Kenmerk	**Protocollair**	**Continu**	**Protocollair**	**Continu**	**Protocollair**	**Continu**	**Protocollair**	**Continu**
Ventilatiedebiet	10,2	---	8,3	---	5,0	---	12,1	---
[m^3/uur/dier]	(5,8 : 17,9)		(5,8 : 12,4)		(2,9 : 6,6)		(7,4 : 16,3)	
CO_2 stal [ppm]	2550 (1420 : 4070)	---	2308 (1590 : 3100)	---	2018 (1180 : 2830)	---	1241 (896 : 1670)	---
CO_2 buiten [ppm]	468 (463 : 472)	---	---	---	436 (411 : 444)	---	495 (383 : 714)	---
Meetdagen	6	---	5	---	5	---	5	---
NH_3 stal [ppm]	3,5 (2,0 : 6,1)	---	7,9 (4,2 : 14,0)	---	18,1 (14,7 : 22,9)	---	7,3 (3,4 : 12,9)	---
NH_3 buiten [ppm]	0,09 (0,04 : 0,14)	---	0,12 (0,07 : 0,17)	---	0,22 (0,09 : 0,70)	---	0,25 (0,12 : 0,49)	---
NH_3-emissie	0,19	---	0,37	---	0,48	---	0,38	---
[kg/jaar per dpl]	(0,12 : 0,32)		(0,20 : 0,61)		(0,41 : 0,56)		(0,16 : 0,64)	
Meetdagen	5	---	4	---	6	---	5	---
CH_4 stal [ppm]	113,5 (34,9 : 214,9)	---	51,9 (38,2 : 65,2)	---	54,0 (32,9 : 87,1)	---	20,9 (10,4 : 41,3)	---
CH_4 buiten [ppm]	2,5 (2,2 : 2,8)	---	---	---	3,4 (2,8 : 4,2)	---	3,8 (2,8 : 4,6)	---
CH_4-emissie	7,1	---	2,4	---	1,4	---	1,1	---
[kg/jaar per dpl]	(1,1 : 13,7)		(1,5 : 2,9)		(0,7 : 2,3)		(0,2 : 2,9)	
Meetdagen	2	---	3	---	4	---	3	---
N_2O stal [ppm]	0,37 (0,33 : 0,41)	---	0,34 (0,31 : 0,38)	---	0,33 (0,31 : 0,37)	---	0,34 (0,31 : 0,36)	---
N_2O buiten [ppm]	0,30 (0,30 : 0,30)	---	0,30 (0,30 : 0,30)	---	0,31 (0,30 : 0,33)	---	0,32 (0,30 : 0,34)	---
N_2O-emissie	6,8	---	7,5	---	2,3	---	2,9	---
[g/jaar per dpl]	(3,8 : 9,8)		(0,6 : 16,5)		(0,6 : 6,2)		(1,2 : 5,8)	
Meetdagen	5	---	5	---	6	---	5	---
PM10 stal [mg/m^3]	0,88 (0,55 : 1,30)	---	1,08 (0,67 : 1,22)	---	1,61 (1,08 : 1,88)	---	0,56 (0,42 : 0,76)	---
PM10 buiten [mg/m^3]	0,017 (0,004 : 0,030)	---	0,031 (0,014 : 0,076)	---	0,053 (0,018 : 0,117)	---	0,017 (0,010 : 0,027)	---
PM10-emissie	76,3 (31,1 : 108,9)	---	71,3 (56,4 : 79,1)	---	65,2 (44,0 : 90,7)	---	45,8 (24,8 : 88,3)	---
[g/jaar per dpl]								
Meetdagen	6	---	5	---	5	---	5	---
Geur stal [OU_E/m^3]	4013 (2936 : 7826)	---	3009 (1590 : 6085)	---	5465 (321 : 10784)	---	2101 (531 : 5433)	---
Geur-emissie [OU_E/s/dpl]	10,9 (5,5 : 21,3)	---	6,3 (2,8 : 13,4)	---	5,3 (0,6 : 15,7)	---	4,2 (1,7 : 22,4)	---

7.2 Vleesvarkens

7.2.1 Meetomstandigheden

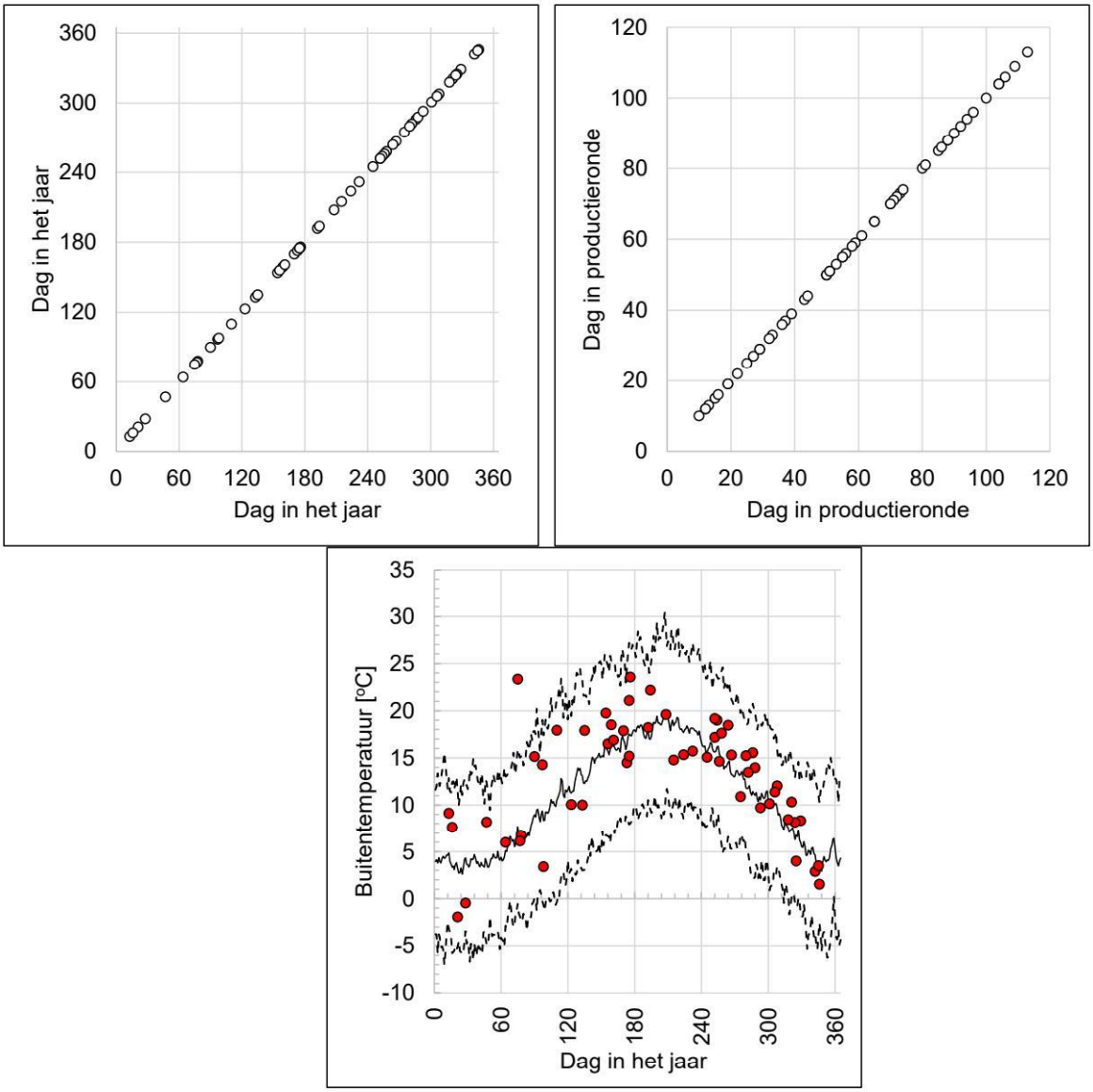
De gerapporteerde resultaten hebben betrekking op metingen die in de periode 12/12/2018 – 24/10/2021 op 4 verschillende bedrijven voor vleesvarkens zijn uitgevoerd (huidig onderzoek), en om de metingen die in Mosquera e.a. (2011c) zijn gerapporteerd. Dit betreft zowel continue metingen met sensoren (1943 meetdagen; huidig onderzoek), als protocollaire metingen (in totaal 55 metingen, waarvan 32 metingen in het huidige onderzoek) volgens geaccepteerde referentiemethoden (Ogink e.a., 2017). In Bijlage G worden voor de individuele bedrijven de data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, de gemiddelde klimaat- en managementgegevens, en de resultaten van de protocollaire metingen weergegeven. Hieronder worden de resultaten van de continue en protocollaire metingen samengevat. Gemiddelde over alle bedrijven was de buitentemperatuur hoger en de relatieve luchtvochtigheid lager dan de langdurige 20-jaargemiddelden (2001-2020) bij het KNMI-weerstation in De Bilt (T: 10,7 °C; RV: 81%), zowel bij de protocollaire metingen als bij de continue metingen (Tabel 7.2.1). De metingen passen in de bandbreedte van de gemeten waarden in de periode 2001-2020 (Figuur 7.2.1).

Tabel 7.2.1 *Gemiddelde waarden in vleesvarkenstallen (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters voor zowel continue als protocollaire metingen.*

	Kenmerk	T-binnen [°C]	RV-binnen [%]	T-buiten [°C]	RV-buiten [%]
Protocollair	VV1	25,2 (22,6 : 30,2)	49 (41 : 57)	10,8 (-1,9 : 23,6)	81 (54 : 93)
	VV2	23,3 (20,1 : 26,2)	61 (44 : 72)	13,8 (4,0 : 19,8)	75 (54 : 91)
	VV3	23,6 (22,5 : 24,9)	66 (55 : 76)	12,6 (8,2 : 17,6)	78 (53 : 88)
	VV4	23,7 (21,5 : 26,2)	68 (61 : 71)	11,8 (2,9 : 18,5)	78 (54 : 95)
	VV5	25,0 (22,4 : 27,6)	53 (47 : 59)	10,5 (-0,5 : 19,0)	79 (66 : 93)
	VV6	25,7 (24,4 : 28,0)	59 (56 : 62)	9,8 (3,5 : 16,5)	86 (72 : 92)
	VV7	24,4 (20,1 : 26,6)	55 (41 : 63)	18,5 (12,0 : 23,3)	63 (56 : 74)
	VV8	25,2 (22,2 : 26,7)	64 (52 : 74)	17,3 (11,4 : 21,1)	72 (51 : 96)
	Overall	24,5 (20,1 : 30,2)	58 (41 : 76)	12,8 (-1,9 : 23,6)	77 (51 : 96)
Continu	VV1	25,0 (10,9 : 31,9)	48 (29 : 99)	11,7 (-2,5 : 29,0)	77 (38 : 99)
	VV2	23,2 (9,6 : 29,9)	62 (39 : 89)	12,8 (-0,7 : 29,9)	75 (39 : 99)
	VV3	22,6 (9,6 : 28,9)	68 (50 : 90)	10,8 (-6,2 : 25,6)	80 (41 : 98)
	VV4	24,0 (15,4 : 28,9)	70 (53 : 91)	10,8 (-7,3 : 25,5)	79 (47 : 97)
	Overall	23,9 (9,6 : 31,9)	59 (29 : 99)	11,6 (-7,3 : 29,9)	78 (38 : 99)

De protocollaire metingen (Figuur 7.2.1) zijn over de seizoenen verdeeld, met een gemiddelde dag in het jaar van 202. In overeenstemming met het meetprotocol voor NH_3 (Ogink e.a., 2017) zijn de protocollaire metingen ook over de productiestadia verdeeld. De gemiddelde dag in de productieronde bij de protocollaire metingen was 58 dagen. Er zijn 25 protocollaire metingen in de eerste helft van de productieronde, en 30 protocollaire metingen in de tweede helft van de productieronde uitgevoerd.

Tijdens de metingen dient aan een aantal landbouwkundige randvoorwaarden (huisvesting, klimaat, rantsoen, productie) te worden voldaan (Ogink e.a., 2017). Tabel 7.2.2 laat zien dat de metingen grotendeels aan deze voorwaarden hebben voldaan. Uitzondering zijn de CO_2-concentratie in de stal (die in sommige gevallen boven de grens van de 3000 ppm is geweest), het leefoppervlak bij VV1, en het RE-gehalte van het voer bij bedrijf VV3. De lengte van de productieronden en de begin- en eindgewichten van de dieren waren over het algemeen vergelijkbaar met de landelijke gemiddelden. Dit wordt in Figuur 7.2.2 grafisch weergegeven.



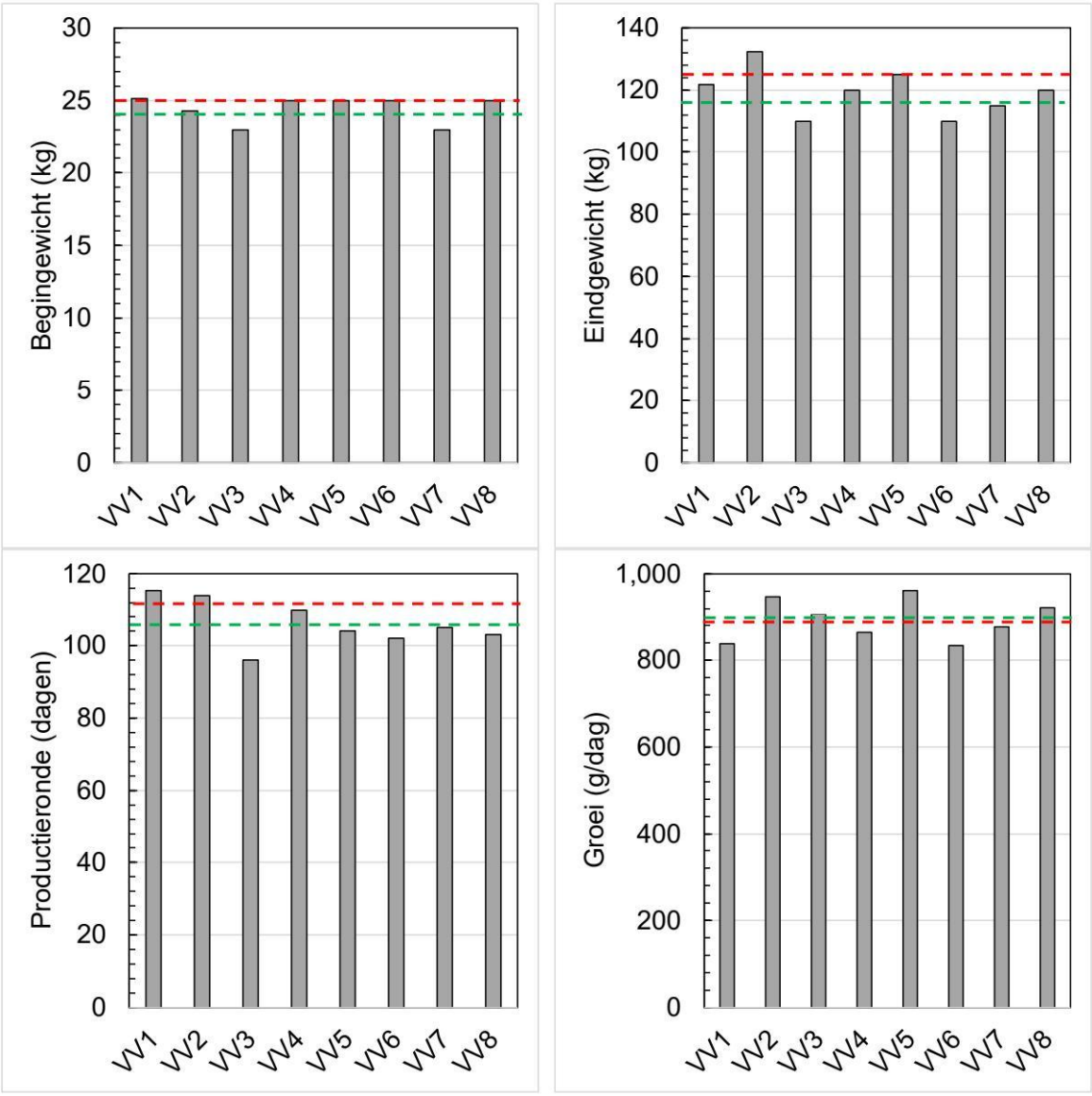
Figuur 7.2.1 *Verdeling van de metingen in vleesvarkenstallen over de seizoenen (links) en de productieronde (rechts). Onder: daggemiddelde buitentemperatuur tijdens de protocollaire metingen weergegeven met rode punten, en lange termijn gemeten waarden weergegeven als zwarte lijn (gemiddelde per dag) en stippellijnen (2 x standaarddeviatie), waargenomen door het KNMI-station De Bilt in de periode 2001-2020.*

Tabel 7.2.2a *Landbouwkundige randvoorwaarden huidig onderzoek. n.b.: niet bekend.*

Kenmerk	Voorwaarde	Voldaan?	VV1	VV2	VV3	VV4
Leefoppervlak [m^2/dier]	≥ 0,8	Ja	1,0	0,8	1,1	0,8
Afdeling in gebruik	> 1 ronde	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Groei (g/dag)	≥ 770	Ja	838	948	906	864
Dierplaatsen	≥ 50	Ja	96	160	54	64
Uitval [%]	< 5	Ja	3	4	n.b.	n.b.
RE (%)	>16,0 (startvoer) >14,5 (afmestvoer)	Deels	16,6 14,7	16,2 15,1	15,6 14,9	17,2 14,7
CO_2 stal [ppm]	< 3000	Deels	1901 (1135 : 2888)	1980 (1395 : 3525)	1703 (1348 : 2078)	1948 (1458 : 2535)

Tabel 7.2.2b *Landbouwkundige randvoorwaarden (Mosquera e.a., 2011c). n.b.: niet bekend.*

Kenmerk	Voorwaarde	Voldaan?	VV5	VV6	VV7	VV8
Leefoppervlak [m^2/dier]	≥ 0,8	Deels	0,7	0,8	0,8	0,8
Afdeling in gebruik	> 1 ronde	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Groei (g/dag)	≥ 770	Ja	962	833	876	922
Dierplaatsen	≥ 50	Ja	66	60	120	55
Uitval [%]	< 5	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
RE (%)	>16,0 (startvoer) > 14,5 (afmestvoer)	Ja	16,3 15,4	17,0 15,6	17,1 15,5	17,0 14,8
CO_2 stal [ppm]	< 3000	Deels	2111 (1420 : 2910)	2894 (2270 : 3370)	1643 (1330 : 1970)	1502 (1080 : 2080)

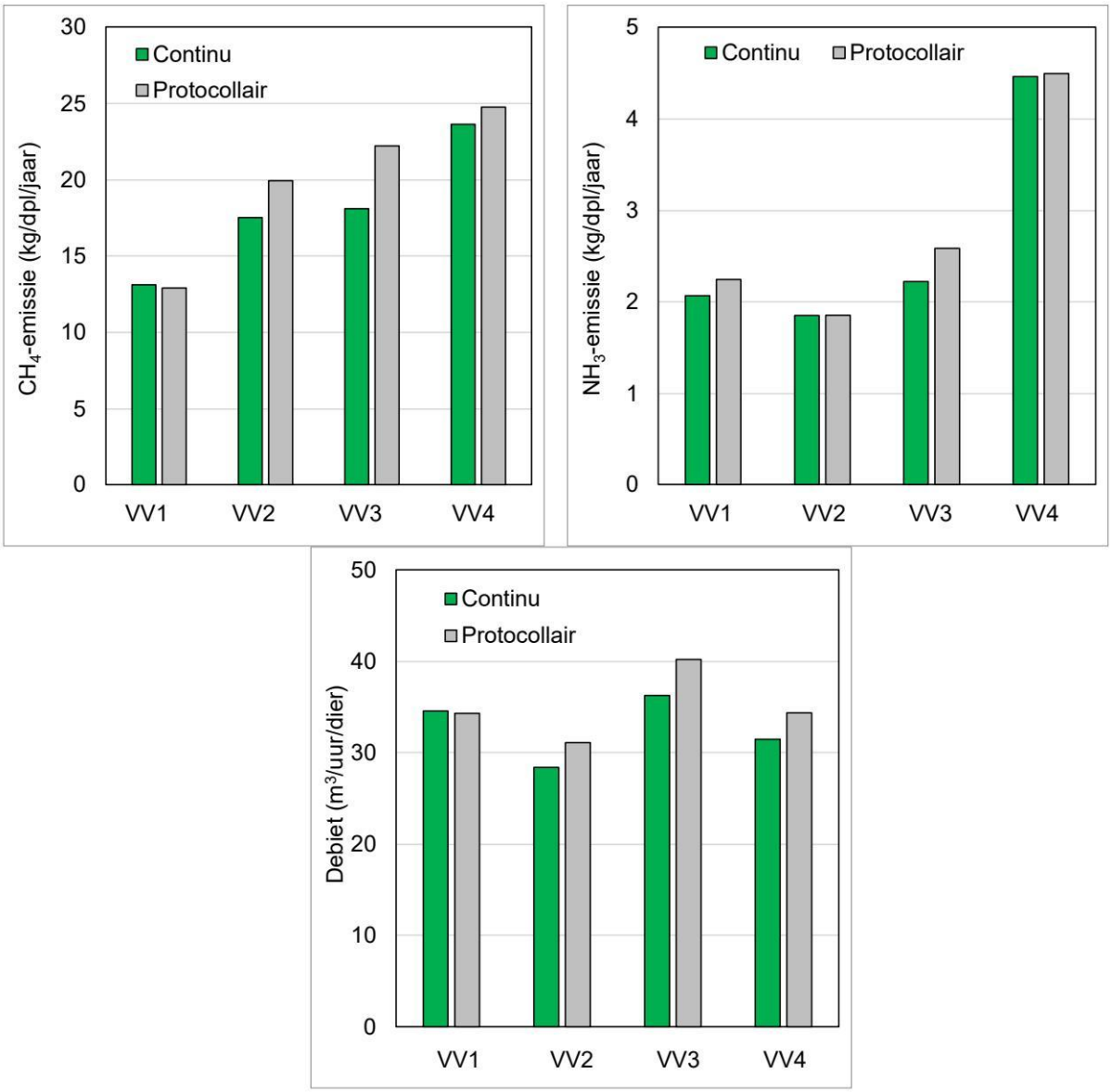


Figuur 7.2.2 *Gemiddelde lengte van de productieronde, begin- en einddiergewicht, en groei per dag. De landelijke gemiddelden in vleesvarkensstallen (Blanken e.a., 2022) worden met een rode stippellijn weergegeven, de gemiddelden uit dit onderzoek met een groene stippellijn.*

7.2.2 Continue versus protocollaire metingen

Bij een aantal bedrijven (VV1 t/m VV4) zijn zowel continue als protocollaire metingen uitgevoerd. In Tabel 7.2.3 worden de waarden (gemiddelde ± standaarddeviatie tussen bedrijven) van het ventilatiedebiet en de emissies van NH_3 en CH_4 voor zowel de continue als voor de protocollaire metingen samengevat. Gemiddelde

over alle waarnemingen bij bedrijven VV1 t/m VV4 waren de waarden bij de protocollaire metingen hoger (7% voor het ventilatiedebiet, 5% voor de NH_3- en 10% voor de CH_4-emissies) dan bij de continue metingen (zie ook Figuur 7.2.3).



Figuur 7.2.3 *Per vleesvarkensbedrijf, gemiddelde ventilatiedebiet en gemiddelde emissies van NH_3 en CH_4 voor de continue en de protocollaire metingen, wanneer gebruikt wordt gemaakt van alle beschikbare waarnemingen.*

Tabel 7.2.3 *Ventilatiedebiet en emissies van CH_4 en NH_3 voor zowel de continue als de protocollaire metingen in vleesvarkenstallen (gemiddelde van bedrijven VV1 t/m VV4 ± standaarddeviatie tussen bedrijven). Voor de emissies van NH_3 en CH_4 is een leegstandsfactor van 3% (Groenestein en Aarnink, 2008) toegepast.*

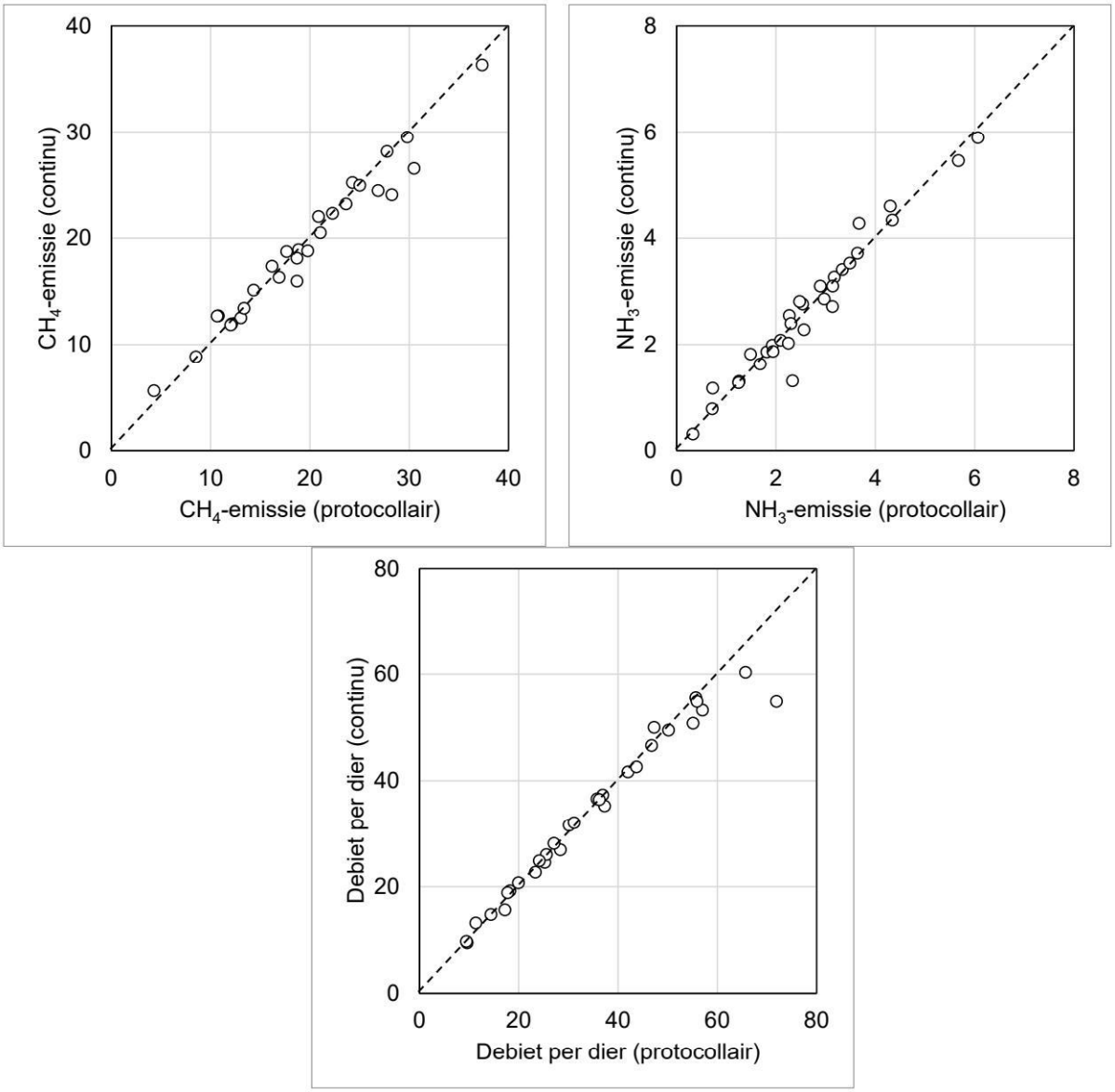
Kenmerk	Continu (VV1 t/m VV4)	Protocollair (VV1 t/m VV4)
Aantal locaties	4	4
Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]	32,6 +/- 3,5	35,0 +/- 3,8
NH_3-emissie [kg/dpl/jaar]	2,6 +/- 1,2	2,8 +/- 1,2
CH_4-emissie [kg/dpl/jaar]	18,1 +/- 4,3	20,0 +/- 5,1

Op basis van alleen de dagen waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd is de relatie tussen de continue en de protocollaire emissiemetingen onderzocht via een enkelvoudige lineaire regressie (zie Figuur 7.2.4) en een gepaarde dubbelzijdig t-toets. De resultaten van deze analyses worden in Tabel 7.2.4 weergegeven, en

getoetst aan de criteria zoals in hoofdstuk 3.3.3. voorgesteld. Voor NH_3 voldoen de gemeten waarden aan alle voorgestelde criteria. Voor CH_4 is dit voor de enkelvoudige lineaire regressie niet het geval, zowel voor de helling (net niet aan voldaan) als voor de P-waarde van het snijpunt. Voor zowel NH_3 als voor CH_4 is het procentueel verschil tussen de gemeten emissiewaarden bij de continue en de protocollaire metingen klein (<5%).

Tabel 7.2.4 *Resultaten uit de enkelvoudige lineaire regressie van de relatie tussen continue en protocollaire emissiemetingen (Continu = a*Protocollair + b) en de gepaarde dubbelzijdig t-toets van de verschillen (Continu-Protocollair). Getoetst wordt of het voldaan wordt aan de criteria voor de hypothese dat continue en protocollaire metingen niet significant verschillend zijn. Voor toelichting over de parameters en criteria zie hoofdstuk 3.3.3.*

Variabelen	Analyse	Parameter	Gemeten waarde	Criteria	Voldaan aan criteria?
NH_3-emissie	Enkelvoudige lineaire regressie	Helling (a)	0,97	0,90 < a < 1,10	Ja
		Snijpunt (b) P-waarde	0,09 0,45	--- P>0,10	--- Ja
	t-toets	P-waarde	0,63	P>0,10	Ja
	Procentueel verschil	PV	0,01	-0,10 < PV < 0,10	Ja
	Aantal metingen	n	31	≥24	Ja
CH_4-emissie	Enkelvoudige lineaire regressie	Helling (a)	0,89	0,90 < a < 1,10	Nee
		Snijpunt (b) P-waarde	1,87 0,01	--- P>0,10	--- Nee
	t-toets	P-waarde	0,40	P>0,10	Ja
	Procentueel verschil	PV	-0,01	-0,10 < PV < 0,10	Ja
	Aantal metingen	n	28	≥24	Ja



Figuur 7.2.4 *Enkelvoudige lineaire regressie tussen de continue en de protocollaire metingen in vleesvarkenstallen, wanneer alleen gebruikt wordt gemaakt van de data die gemeten is tijdens de dagen waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd. Vergelijking is alleen voor bedrijven VV1 t/m VV4 mogelijk.*

Bedrijfsmonitoring met sensoren (continue metingen) voldoet voor NH_3 aan alle criteria voor de hypothese dat continue en protocollaire metingen niet significant verschillend zijn. Voor CH_4 wordt aan een aantal criteria niet voldaan. Het procentueel verschil tussen de gemeten emissiewaarden bij de continue en de protocollaire metingen is voor zowel CH_4 als NH_3 klein (<5%).

7.2.3 Emissieniveaus op basis van protocollaire metingen

De geschatte emissieniveaus voor CH_4, NH_3, N_2O, geur en fijnstof (PM10), op basis van de protocollaire metingen, worden in Tabel 7.2.5 samengevat en in Figuur 7.2.5 grafisch weergegeven. De variatie binnen- en tussenbedrijven wordt als variatiecoëfficiënt in Tabel 7.2.6 weergegeven. In Tabel 7.2.9 worden de gemiddelde waarden per bedrijf voor zowel de continue als de protocollaire metingen gerapporteerd.

Tabel 7.2.5 *Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier] en emissies van CH_4 [kg/dpl/jaar], NH_3 [kg/dpl/jaar], N_2O [g/dpl/jaar], geur [OU_E/s/dpl] en fijnstof (PM10; [g/dpl/jaar]) in vleesvarkensstallen tijdens de protocollaire metingen (gemiddelde ± standaarddeviatie tussen bedrijven). dpl: dierplaats. Voor de emissies van NH_3, CH_4 en N_2O is een leegstandsfactor van 3% (Groenestein en Aarnink, 2008) toegepast.*

Kenmerk	Alle Data
Aantal locaties	8
Debiet	31,5 +/- 6,2
CH_4-emissie	18,4 +/- 8,0
NH_3-emissie	3,1 +/- 0,9
N_2O-emissie	23,6 +/- 13,5
Geuremissie	29,3 +/- 12,4
PM10-emissie	137,3 +/- 63,8

Tabel 7.2.6 *Variatiecoëfficiënten (CV) per component tussen en binnen bedrijven (%) in vleesvarkenstallen, op basis van de protocollaire metingen. Tussen haakjes, het aantal waarnemingen voor de CV-bepalingen.*

Component	CV-tussen	CV-binnen
NH_3	32 (8)	47 (53)
CH_4	65 (8)	44 (53)
N_2O	48 (8)	92 (45)
Geur	28 (6)	62 (33)
PM10	46 (4)	37 (23)

Tabel 7.2.6 laat voor alle componenten een aanzienlijke tussenbedrijfsvariatie zien, die vergelijkbaar is met de geschatte binnenbedrijfsvariatie. De waarden voor NH_3 zijn vergelijkbaar met wat in Mosquera e.a. (2008) voor varkensstallen is gerapporteerd. De grootte van de variatiecoëfficiënten maakt het in de meeste gevallen lastig om eventuele systematische verschillen tussen de gemeten emissiewaarden uit huisvestingssystemen en de huidige emissiefactor (statistisch significant) aan te tonen.

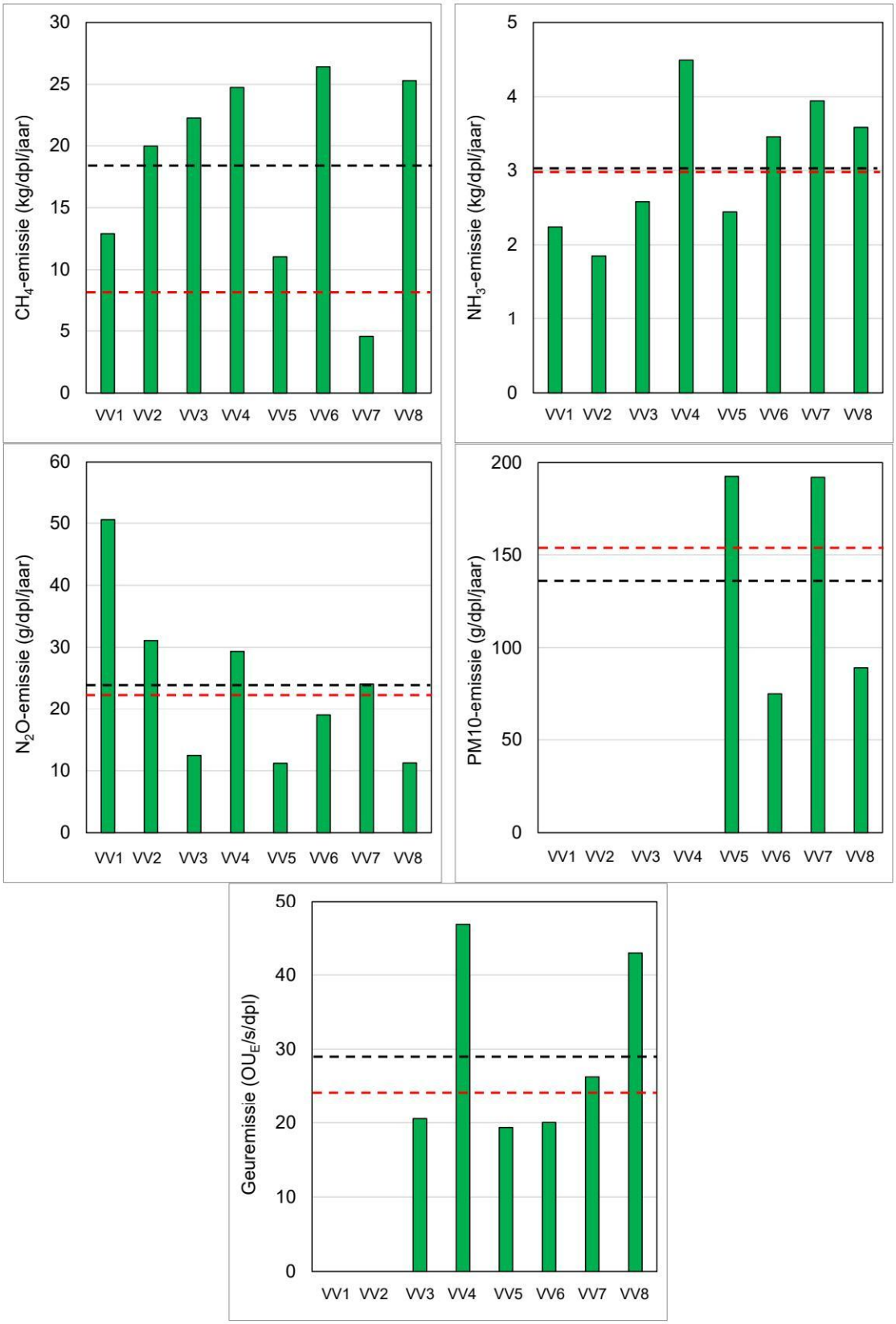
De **CH_4-emissie** (gecorrigeerd door een leegstandsfactor van 0,97 volgens Groenestein en Aarnink (2008)) was significant ($P<0,05$) hoger dan de waarden (8,2 kg CH_4/dier/jaar, waarvan 1,5 kg CH_4/dier/jaar endogeen (uit het dier) en de rest uit de mest) gerapporteerd in Van Bruggen e.a. (2021). Het verschil tussen bedrijven was groot (zie Figuur 7.2.5).

De gemiddelde **NH_3-emissie** (gecorrigeerd door een leegstandsfactor van 0,97 volgens Groenestein en Aarnink (2008)) was niet-significant ($P>0,10$) verschillend met de huidige emissiefactor voor overige huisvestingssystemen (3,0 kg NH_3/dierplaats/jaar (www.infomil.nl) voor 10% leegstand (Ogink e.a., 2017); 3,2 kg NH_3/dierplaats/jaar voor 3% leegstand (Groenestein e.a., 2008)). Ook hier was de variatie tussen bedrijven groot.

De gemiddelde **N_2O-emissie** (gecorrigeerd door een leegstandsfactor van 0,97 volgens Groenestein en Aarnink (2008)) was niet-significant hoger dan de huidige emissiefactor (22 g N_2O/dier/jaar; Van Bruggen e.a., 2021).

De gemiddelde **PM10-emissie** (gecorrigeerd door een leegstandsfactor van 0,97 volgens Groenestein en Aarnink (2008)) was niet-significant lager dan de huidige PM10-emissiefactor voor overige huisvestingssystemen (153 g PM10/dierplaats/jaar (www.infomil.nl) voor 10% leegstand (Ogink e.a., 2017); 165 g PM10/dierplaats/jaar voor 3% leegstand (Groenestein e.a., 2008)).

De gemiddelde **geuremissie** (geen correctie voor leegstand toegepast) was niet-significant hoger dan de huidige emissiefactor voor overige huisvestingssystemen (23 OU_E/s/dierplaats; www.infomil.nl).



Figuur 7.2.5 *Gemiddelde emissies tijdens de protocollaire metingen per bedrijf (balken) en over alle vleesvarkensbedrijven (zwarte stippellijn). De emissiefactoren (CH_4, N_2O: Van Bruggen e.a., 2021; NH_3, geur en PM10: www.infomil.nl) worden met rode stippellijnen weergegeven. Voor de emissies van NH_3, CH_4, N_2O en PM10 is een leegstandsfactor van 3% (Groenestein en Aarnink, 2008) toegepast.*

Op basis van de in dit document gerapporteerde metingen zijn voor overige huisvestingssystemen voor vleesvarkens de volgende emissies bepaald:

- **CH_4: 18,4 kg CH_4/dierplaats/jaar. Deze waarde is significant (P<0,05) hoger dan de huidige emissiefactor (8,2 kg CH_4/dier/jaar; Van Bruggen e.a., 2021).**
- **NH_3: 3,1 kg NH_3/dierplaats/jaar. Deze waarde is niet-significant (P>0,10) hoger dan de huidige emissiefactor (3,0 kg NH_3/dier/jaar; www.infomil.nl).**
- **N_2O: 24 g N_2O/dierplaats/jaar. Deze waarde is niet-significant (P>0,10) hoger dan de huidige emissiefactor (22 g N_2O/dier/jaar; Van Bruggen e.a., 2021).**
- **PM10: 137 g/dierplaats/jaar. Deze waarde is niet-significant (P>0,10) lager dan de huidige emissiefactor (153 g/dier/jaar; www.infomil.nl).**
- **Geur: 29,3 OU_E/s/dierplaats. Deze waarde is niet-significant (P>0,10) hoger dan de huidige emissiefactor (23 OU_E/s/dierplaats; www.infomil.nl).**

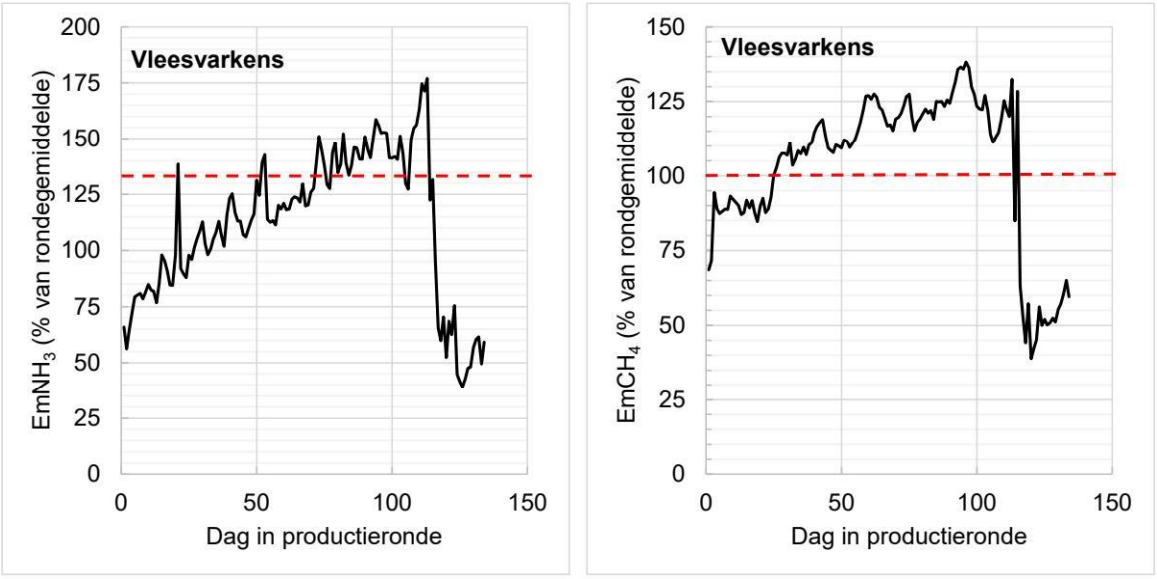
Voor de emissies van NH_3, CH_4, N_2O en PM10 is een leegstandsfactor van 3% (Groenestein en Aarnink, 2008) toegepast.

7.2.4 Patronen en effecten van management- en omgevingsparameters

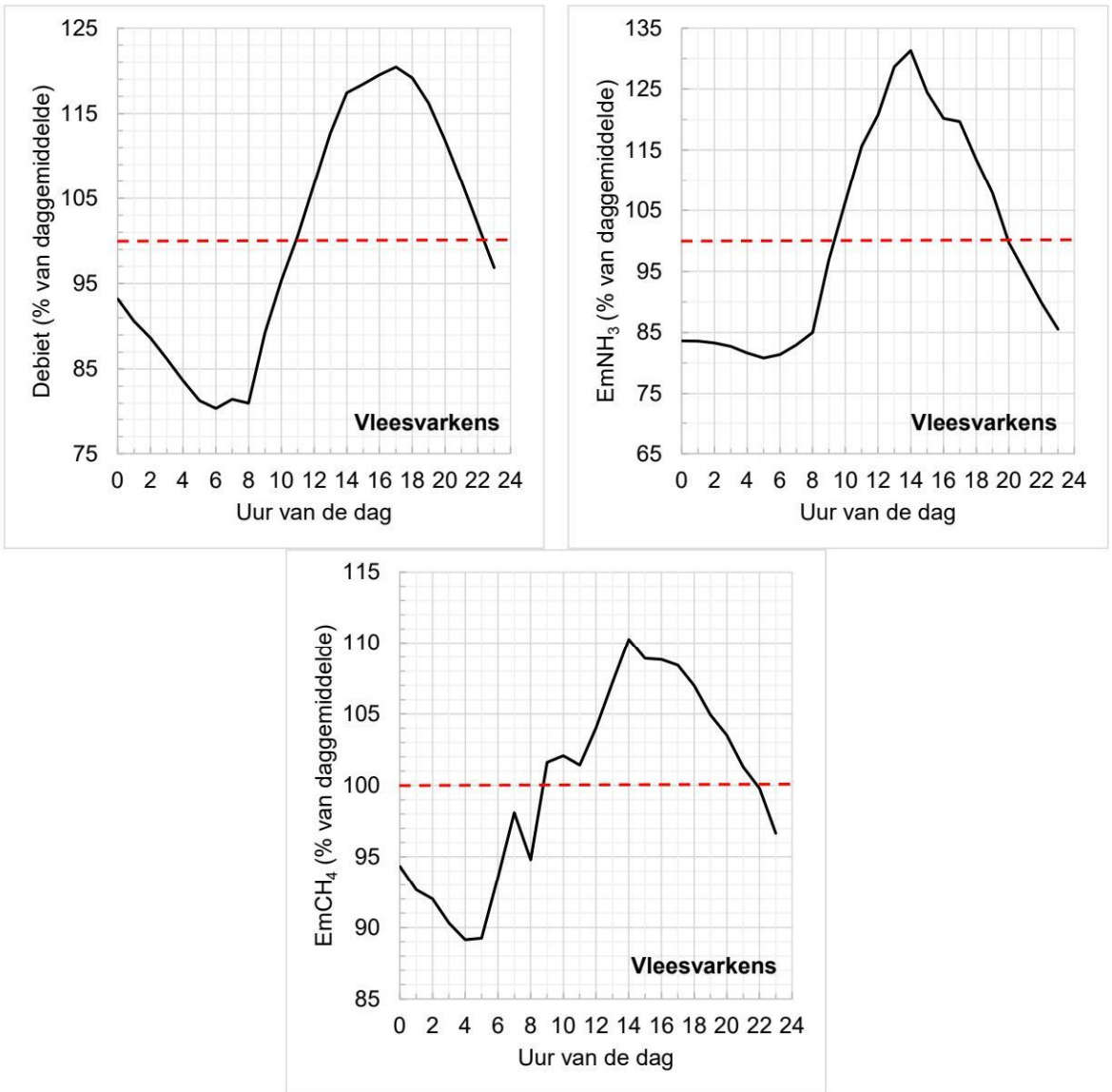
Van de onderzochte managements- en omgevingsparameters (Tabel 7.2.7; op basis van de protocollaire metingen) heeft alleen het ventilatiedebiet per dier (op Ln-schaal) een significante correlatie met alle componenten (zwak significant bij N_2O en PM10). Voor NH_3 en PM10 heeft ook de dag in de ronde en voor geur de temperatuur een significante correlatie. De emissie van CH_4 en N_2O lijkt niet (lineair) met de onderzochte parameters (anders dan het ventilatiedebiet) samen te hangen. Figuur 7.2.6 laat een duidelijke lineaire toename van de emissies van NH_3 en CH_4 gedurende een groot deel van de productieronde, met een daling in emissies aan het einde van de productieronde. Binnen een dag laten het ventilatiedebiet en de emissies van CH_4 en NH_3 een duidelijk patroon zien (Figuur 7.2.7). Figuur 7.2.8 laat een (niet-lineair) jaarpatroon zien niet alleen voor de buitentemperatuur, maar ook voor het ventilatiedebiet, en de emissies van CH_4 en NH_3. Het ventilatiedebiet volgt het jaarpatroon van de buitentemperatuur, met hogere waarden bij de warme maanden. Voor NH_3 en CH_4 zijn ook hogere waarden te zien bij de warme maanden. Het patroon is iets anders dan het jaarpatroon voor de buitentemperatuur.

Tabel 7.2.7 *Significantie (P) van de effecten van een aantal management- en omgevingsparameters op de emissies van NH_3, CH_4, N_2O, geur en PM10 (allemaal op Ln-schaal). P≤0,001: sterk significant (groen); 0,001<P<0,05: significant (geel); 0,05≤P<0,10: zwak significant (oranje); P>0,10: niet significant (geen kleur).*

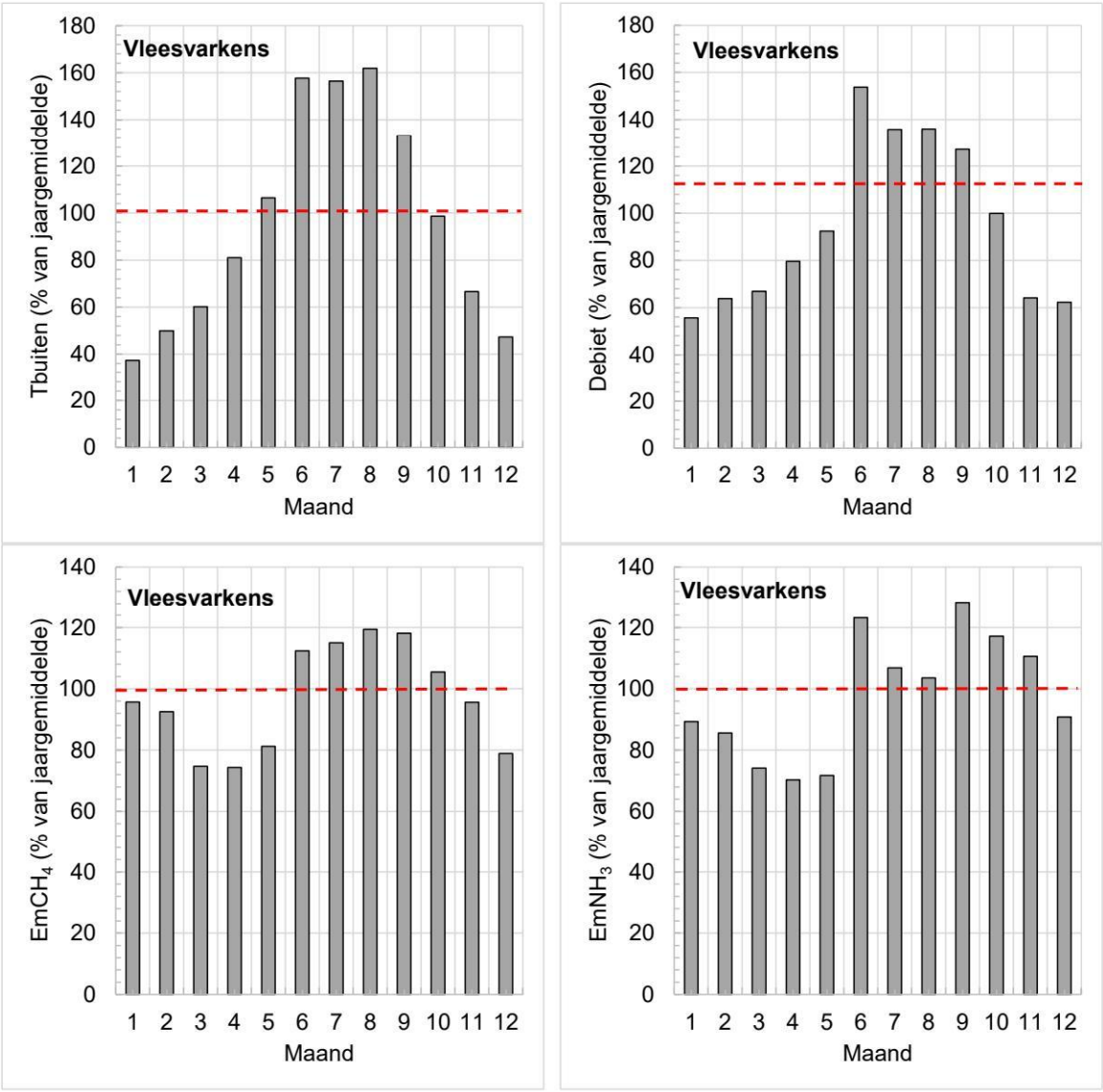
Parameter	$LnNH_3$	$LnCH_4$	LnN_2O	LnGeur	LnPM10
Tbinnen	0,675	0,231	0,257	0,047	0,544
Tbuiten	0,243	0,215	0,177	0,033	0,761
LNDebietperdier	0,003	0,009	0,063	0,003	0,069
DagInRonde	0,001	0,216	0,770	0,439	<0,001
DagInJaar	0,090	0,128	0,620	0,128	0,991



Figuur 7.2.6 *Emissies van CH_4 en NH_3 (op basis van continue metingen) als percentage van de (gemeten) gemiddelden voor een productieronde (als rode stippellijn weergegeven).*



Figuur 7.2.7 *Dagpatroon voor het ventilatiedebiet en de emissies van CH_4 en NH_3 (op basis van continue metingen) als percentage van de (gemeten) gemiddelden per dag (als rode stippellijn weergegeven) in vleesvarkenstallen.*



Figuur 7.2.8 *Jaarpatroon voor de buitentemperatuur, het ventilatiedebiet, en de emissies van CH_4 en NH_3, op basis van continue metingen in vleesvarkenstallen. Alle parameters zijn weergegeven als percentage van de (gemeten) jaargemiddelden (als rode stippellijn weergegeven).*

Het ventilatiedebiet per dier (op Ln-schaal) heeft een significante correlatie met de emissie van NH_3, CH_4, N_2O, geur en PM10. Voor NH_3 en PM10 heeft ook de dag in de ronde en voor geur de temperatuur een significante correlatie. De emissie van CH_4 en N_2O lijkt niet (lineair) met de onderzochte parameters (anders dan het ventilatiedebiet) samen te hangen.

Het ventilatiedebiet en de emissies van CH_4 en NH_3 laten een duidelijk dag/nacht patroon zien.

De emissie van NH_3 en CH_4 neemt gedurende een groot deel van de productieronde lineair toe, met een daling aan het einde van de productieronde.

Het ventilatiedebiet volgt het jaarpatroon van de buitentemperatuur, met hogere waarden bij de warme maanden. Voor NH_3 en CH_4 zijn ook hogere waarden bij de warme maanden te zien. Het patroon is iets anders dan het jaarpatroon voor de buitentemperatuur.

7.2.5 Toepasbaarheid CO_2-productiemodel voor het bepalen van het ventilatiedebiet

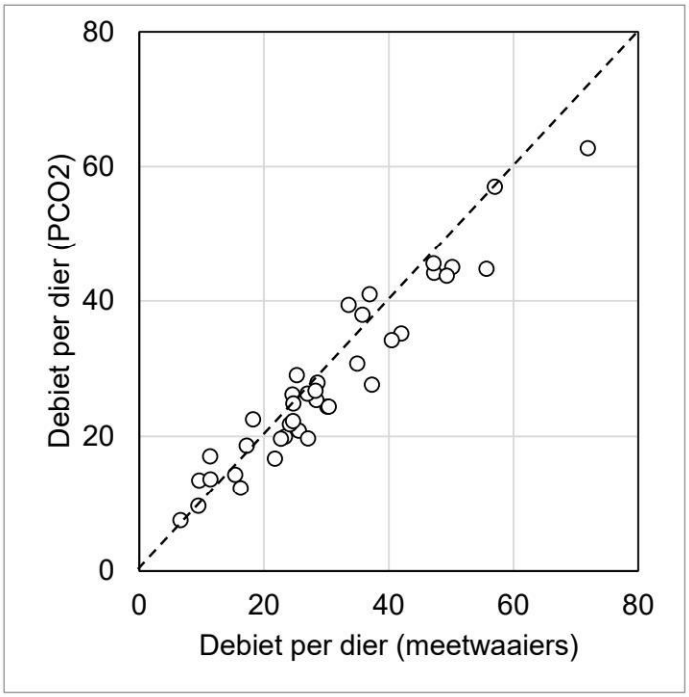
Op zes bedrijven (VV1, VV2, VV5, VV6, VV7, V8) was het mogelijk om op basis van de protocollaire metingen een vergelijking te maken tussen een directe bepaling van het ventilatiedebiet met *meetwaaiers* (MV), en een indirecte bepaling door middel van de tracergas ratiomethode (met CO_2 als door dieren en mest geproduceerde tracergas; PCO2).

De gelijkwaardigheid van directe en indirecte bepaling van het ventilatiedebiet is onderzocht via een enkelvoudige lineaire regressie (Figuur 7.2.9) en een gepaarde dubbelzijdig t-toets (zie hoofdstuk 3.3.3). De resultaten van deze analyses worden in Tabel 7.2.8 weergegeven, en getoetst aan de criteria zoals in hoofdstuk 3.3.3. voorgesteld. De resultaten in Tabel 7.2.8 laten zien dat het aan de helling van de regressielijn net niet wordt voldaan. Ook voldoet de P-waarde van de t-toets niet aan de vastgestelde criteria, wat op significante verschillen tussen beide methoden duidt. Het gemeten verschil tussen beide methoden is <10%.

Tabel 7.2.8 *Resultaten uit de enkelvoudige lineaire regressie van de relatie tussen indirecte (P_{CO2}) en directe (MV) bepalingen van het ventilatiedebiet (P_{CO2} = a*MV + b) en de gepaarde dubbelzijdig t-toets van de verschillen (P_{CO2}-MV). Getoetst wordt of het voldaan wordt aan de criteria voor de hypothese dat continue en protocollaire metingen niet significant verschillend zijn. Voor toelichting over de parameters en criteria zie hoofdstuk 3.3.3.*

Analyse	Parameter	Gemeten waarde	Criteria	Voldaan aan criteria?
Enkelvoudige lineaire regressie	Helling (a)	0,86	0,90 < a < 1,10	Nee
	Snijpunt (b) P-waarde	1,61 0,16	--- P>0,10	--- Ja
t-toets	P-waarde	0,01	P>0,10	Nee
Procentueel verschil	PV	-0,07	-0,10 < PV < 0,10	Ja
Aantal metingen	n	39	≥24	Ja

De resultaten uit dit onderzoek laten zien dat het over het aan een aantal criteria voor gelijkwaardigheid van directe (meetwaaiers) en indirecte (P_{CO2}) bepalingen van het ventilatiedebiet niet wordt voldaan. De verschillen tussen beide methoden zijn <10%.



Figuur 7.2.9 *Relatie tussen het ventilatiedebiet bepaald door middel van de tracergas ratiomethode (PCO2) en gemeten met meetwaaiers (MV) op basis van de protocollaire metingen in vleesvarkenstallen.*

Tabel 7.2.9 *Gemiddelde waarden in vleesvarkenstallen (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van het ventilatiedebiet, de concentraties van CO_2, NH_3, CH_4, N_2O, PM10 en geur, en de emissies van NH_3, CH_4, N_2O, PM10 en geur, voor zowel de continue als de protocollaire metingen. dpl: dierplaats; ---: niet gemeten. Voor de emissies van NH_3, CH_4, N_2O en PM10 is een leegstandsfactor van 3% (Groenestein en Aarnink, 2008) toegepast.*

	VV1		VV2		VV3		VV4	
Kenmerk	**Protocollair**	**Continu**	**Protocollair**	**Continu**	**Protocollair**	**Continu**	**Protocollair**	**Continu**
Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]	34,3 (9,6 : 71,9)	34,5 (7,3 : 116,5)	31,1 (9,5 : 55,7)	28,4 (3,9 : 60,9)	40,2 (17,8 : 65,7)	36,2 (12,0 : 97,0)	34,3 (14,4 : 46,8)	31,5 (6,7 : 48,4)
CO_2 stal [ppm]	1901 (1135 : 2888)	1872 (605 : 3428)	1980 (1395 : 3525)	1965 (598 : 4451)	1703 (1348 : 2078)	1682 (793 : 2622)	1948 (1458 : 2535)	2406 (713 : 4804)
CO_2 buiten [ppm]	476 (435 : 511)	516 (484 : 618)	476 (459 : 501)	612 (583 : 697)	508 (456 : 615)	513 (474 : 615)	532 (454 : 567)	528 (498 : 564)
Meetdagen	11	603	9	491	6	371	5	285
NH_3 stal [ppm]	13,6 (5,5 : 24,4)	12,4 (3,8 : 31,6)	12,7 (2,0 : 33,3)	13,6 (1,3 : 47,9)	12,1 (7,9 : 18,8)	11,3 (0,5 : 28,2)	24,9 (13,6 : 41,2)	29,2 (11,0 : 50,9)
NH_3 buiten [ppm]	0,14 (0,03 : 0,44)	0,14 (0,06 : 0,30)	0,18 (0,04 : 0,28)	0,16 (0,04 : 0,25)	0,11 (0,05 : 0,14)	0,10 (0,08 : 0,13)	0,28 (0,09 : 0,74)	0,23 (0,06 : 0,73)
NH_3-emissie [kg/jaar per dpl]	2,2 (0,7 : 4,2)	2,1 (0,5 : 4,4)	1,9 (0,3 : 2,9)	1,9 (0,1 : 6,9)	2,6 (1,4 : 3,6)	2,2 (0,0 : 6,9)	4,5 (3,4 : 5,9)	4,5 (1,2 : 7,4)
Meetdagen	11	589	9	488	6	301	6	285
CH_4 stal [ppm]	88 (40 : 156)	86 (36 : 196)	138 (54 : 238)	144 (49 : 546)	123 (68 : 264)	97 (25 : 264)	140 (116 : 200)	176 (50 : 512)
CH_4 buiten [ppm]	3,0 (2,2 : 5)	3,0 (2,3 : 4)	3,9 (2,1 : 11)	3,3 (2,1 : 8)	3,0 (2,6 : 3)	2,9 (2,8 : 3)	5,8 (2,5 : 7)	7,3 (3,9 : 25)
CH_4-emissie [kg/jaar per dpl]	12,9 (4,2 : 20,4)	13,1 (3,3 : 25,2)	20,0 (10,3 : 28,9)	17,5 (4,2 : 53,6)	22,2 (13,9 : 29,6)	18,1 (7,2 : 40,1)	24,8 (15,7 : 36,2)	23,6 (13,5 : 36,0)
Meetdagen	11	---	8	---	6	---	6	---
N_2O stal [ppm]	0,47 (0,33 : 0,59)	---	0,49 (0,36 : 0,84)	---	0,43 (0,34 : 0,51)	---	0,45 (0,41 : 0,49)	---
N_2O buiten [ppm]	0,37 (0,29 : 0,47)	---	0,38 (0,32 : 0,52)	---	0,41 (0,32 : 0,50)	---	0,39 (0,34 : 0,43)	---
N_2O-emissie [g/jaar per dpl]	50,6 (6,1 : 119,2)	---	31,1 (8,2 : 73,2)	---	12,5 (4,2 : 24,5)	---	29,4 (16,0 : 53,6)	---
Meetdagen	---	---	---	---	---	---	---	---
PM10 stal [mg/m^3]	---	---	---	---	---	---	---	---
PM10 buiten [mg/m^3]	---	---	---	---	---	---	---	---
PM10-emissie [g/jaar per dpl]	---	---	---	---	---	---	---	---
Meetdagen	---	---	---	---	6	---	5	---
Geur stal [OU_E/m^3]	---	---	---	---	2375 (863 : 4624)	---	4609 (3299 : 6875)	---
Geur-emissie [OU_E/s/dpl]	---	---	---	---	20,6 (9,1 : 84,3)	---	46,8 (30,7 : 89,3)	---

Tabel 7.2.9 (vervolg) *Gemiddelde waarden in vleesvarkenstallen (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van het ventilatiedebiet, de concentraties van CO_2, NH_3, CH_4, N_2O, PM10 en geur, en de emissies van NH_3, CH_4, N_2O, PM10 en geur, voor zowel de continue als de protocollaire metingen. Dpl: dierplaats; ---: niet gemeten. Voor de emissies van NH_3, CH_4, N_2O en PM10 is een leegstandsfactor van 3% (Groenestein en Aarnink, 2008) toegepast.*

	VV5		VV6		VV7		VV8	
Kenmerk	**Protocollair**	**Continu**	**Protocollair**	**Continu**	**Protocollair**	**Continu**	**Protocollair**	**Continu**
Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]	27,1 (6,4 : 39,3)	---	18,7 (11,1 : 30,5)	---	33,9 (26,1 : 47,8)	---	28,8 (23,8 : 36,3)	---
CO_2 stal [ppm]	2111 (1420 : 2910)	---	2894 (2270 : 3370)	---	1643 (1330 : 1970)	---	1502 (1080 : 2080)	---
CO_2 buiten [ppm]	444 (432 : 456)	---	652 (652 : 652)	---	452 (435 : 482)	---	432 (406 : 454)	---
Meetdagen	6	---	6	---	5	---	5	---
NH_3 stal [ppm]	16,6 (10,6 : 26,1)	---	34,6 (18,5 : 61,1)	---	18,9 (14,2 : 24,2)	---	20,0 (14,4 : 32,3)	---
NH_3 buiten [ppm]	0,16 (0,11 : 0,23)	---	0,14 (0,07 : 0,21)	---	0,13 (0,07 : 0,23)	---	0,13 (0,05 : 0,21)	---
NH_3-emissie [kg/jaar per dpl]	2,44 (0,71 : 3,33)	---	3,45 (2,36 : 4,05)	---	3,95 (2,40 : 4,87)	---	3,58 (2,54 : 5,05)	---
Meetdagen	6	---	4	---	6	---	5	---
CH_4 stal [ppm]	89,7 (17,3 : 161,0)	---	307,0 (247,0 : 375,5)	---	29,9 (13,0 : 82,7)	---	153,8 (98,5 : 212,5)	---
CH_4 buiten [ppm]	2,7 (2,6 : 2,8)	---	2,6 (2,6 : 2,6)	---	2,7 (2,2 : 3,0)	---	2,7 (2,1 : 3,8)	---
CH_4-emissie [kg/jaar per dpl]	11,1 (3,0 : 19,4)	---	26,4 (22,2 : 31,8)	---	4,6 (2,0 : 12,1)	---	25,3 (20,4 : 30,9)	---
Meetdagen	2	---	3	---	5	---	4	---
N_2O stal [ppm]	0,32 (0,32 : 0,33)	---	0,37 (0,32 : 0,46)	---	0,38 (0,33 : 0,42)	---	0,33 (0,30 : 0,38)	---
N_2O buiten [ppm]	---	---	---	---	0,35 (0,32 : 0,40)	---	0,32 (0,30 : 0,33)	---
N_2O-emissie [g/jaar per dpl]	11,2 (6,3 : 16,1)	---	19,0 (4,1 : 40,6)	---	24,1 (0,6 : 76,1)	---	11,3 (2,4 : 22,8)	---
Meetdagen	6	---	6	---	6	---	5	---
PM10 stal [mg/m^3]	0,98 (0,49 : 1,38)	---	0,57 (0,24 : 1,00)	---	0,73 (0,40 : 1,15)	---	0,36 (0,24 : 0,52)	---
PM10 buiten [mg/m^3]	0,039 (0,020 : 0,077)	---	0,032 (0,014 : 0,076)	---	0,027 (0,013 : 0,045)	---	0,016 (0,007 : 0,023)	---
PM10-emissie [g/jaar per dpl]	192,6 (66,8 : 285,6)	---	75,2 (52,7 : 100,8)	---	192,1 (132,5 : 265,5)	---	89,2 (50,0 : 122,5)	---
Meetdagen	6	---	6	---	5	---	5	---
Geur stal [OU_E/m^3]	2894 (1320 : 4527)	---	4011 (1689 : 6150)	---	2659 (1791 : 3872)	---	5288 (1301 : 12277)	---
Geur-emissie [OU_E/s/dpl]	17,2 (8,3 : 27,1)	---	18,4 (9,1 : 27,7)	---	24,9 (14,1 : 38,6)	---	34,3 (13,8 : 101,7)	---

7.3 Dragende zeugen

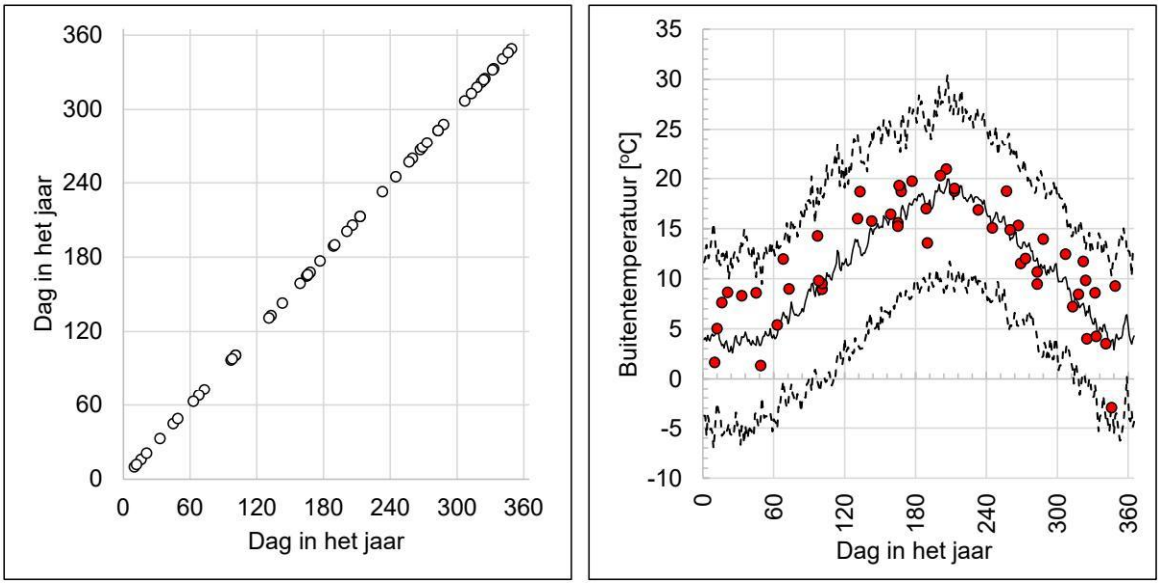
7.3.1 Meetomstandigheden

De gerapporteerde resultaten hebben betrekking op metingen die in de periode 24/06/2019 – 29/01/2023 op 4 verschillende bedrijven voor dragende zeugen in groepshuisvesting zijn uitgevoerd (huidig onderzoek), en om de metingen die in Mosquera e.a. (2011b) op 2 bedrijven voor dragende zeugen in groepshuisvesting zijn gerapporteerd. Dit betreft zowel continue metingen met sensoren (1699 meetdagen; huidig onderzoek), als protocollaire metingen (in totaal 40 metingen, waarvan 30 metingen in het huidige onderzoek) volgens geaccepteerde referentiemethoden (Ogink e.a., 2017). In Bijlage I worden voor de individuele bedrijven de data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, de gemiddelde klimaat- en managementgegevens, en de resultaten van de protocollaire metingen weergegeven. Hieronder worden de resultaten van de continue en protocollaire metingen samengevat. Gemiddelde over alle bedrijven was de buitentemperatuur hoger en de relatieve luchtvochtigheid lager dan de langdurige 20-jaargemiddelden (2001-2020) bij het KNMI-weerstation in De Bilt (T: 10,7 °C; RV: 81%), zowel bij de protocollaire metingen als bij de continue metingen (Tabel 7.3.1). De metingen passen in de bandbreedte van de gemeten waarden in de periode 2001-2020 (Figuur 7.3.1).

Tabel 7.3.1 *Gemiddelde waarden in stallen met dragende zeugen in groepshuisvesting (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters voor zowel continue als protocollaire metingen.*

	Kenmerk	T-binnen [°C]	RV-binnen [%]	T-buiten [°C]	RV-buiten [%]
Protocollair	DZ1	22,9 (21,5 : 25,1)	58 (43 : 66)	13,8 (4,0 : 19,7)	77 (58 : 91)
	DZ2	25,5 (24,3 : 27,9)	59 (55 : 64)	10,2 (1,7 : 21,0)	85 (69 : 96)
	DZ3	24,4 (23,8 : 25,7)	61 (54 : 67)	10,6 (3,5 : 18,7)	80 (65 : 95)
	DZ4	22,3 (20,0 : 24,3)	56 (49 : 64)	10,0 (-3,0 : 19,0)	75 (57 : 90)
	DZ5	21,8 (19,4 : 23,6)	71 (58 : 84)	9,9 (1,3 : 16,4)	84 (65 : 92)
	DZ6	23,6 (20,7 : 26,1)	58 (49 : 65)	16,3 (7,2 : 20,3)	66 (46 : 92)
	Overall	23,5 (19,4 : 27,9)	60 (43 : 84)	11,9 (-3,0 : 21,0)	78 (46 : 96)
Continu	DZ1	22,9 (20,7 : 31,2)	56 (35 : 75)	12,9 (-0,7 : 29,9)	75 (39 : 99)
	DZ2	25,8 (23,8 : 30,0)	57 (44 : 76)	11,5 (-2,4 : 26,9)	77 (45 : 99)
	DZ3	24,6 (23,3 : 28,2)	62 (48 : 72)	11,2 (-2,6 : 27,4)	80 (47 : 100)
	DZ4	22,2 (19,3 : 29,1)	58 (43 : 73)	10,9 (-4,2 : 28,8)	77 (37 : 98)
	Overall	23,8 (19,3 : 31,2)	58 (35 : 76)	11,7 (-4,2 : 29,9)	77 (37 : 100)

De protocollaire metingen (Figuur 7.3.1) zijn over de seizoenen verdeeld, met een gemiddelde dag in het jaar van 200. Tijdens de metingen dient aan een aantal landbouwkundige randvoorwaarden (huisvesting, klimaat, rantsoen, productie) te worden voldaan (Ogink e.a., 2017). Tabel 7.3.2 laat zien dat de metingen grotendeels aan deze voorwaarden hebben voldaan. In een aantal gevallen (3 van de 40 metingen) is aan deze voorwaarden niet volledig voldaan voor de CO_2-concentratie in de stal en de hokbezetting. Het RE-gehalte van het voer was in 2 van de 6 locaties iets lager dan de randvoorwaarden in het meetprotocol. Hetzelfde gebeurde voor de leefoppervlak bij 3 van de 6 locaties, waar de dieren iets minder ruimte hadden dan de huidige welzijnsnormen.



Figuur 7.3.1 *Verdeling van de metingen in stallen met dragende zeugen in groepshuisvesting over de seizoenen (links). Rechts: daggemiddelde buitentemperatuur tijdens de protocollaire metingen weergegeven met rode punten, en lange termijn gemeten waarden weergegeven als zwarte lijn (gemiddelde per dag) en stippellijnen (2 x standaarddeviatie), waargenomden door het KNMI-station De Bilt in de periode 2001-2020.*

Tabel 7.3.2a *Landbouwkundige randvoorwaarden huidig onderzoek. n.b.: niet bekend.*

Kenmerk	Voorwaarde	Voldaan?	DZ1	DZ2	DZ3	DZ4
Leefoppervlak [m^2/dier]	≥ 2,25	Deels	2,14	2,53	2,25	2,07
Afdeling in gebruik	> 1 ronde	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Voeropname [kg/dier/dag]	≥ 2,5	Ja	2,8	3,3	2,8	3,2
Dierplaatsen	≥ 20	Ja	70	280	350	300
Hokbezetting [%]	>90	Deels	100 (100 : 100)	90 (77 : 99)	100 (97 : 105)	99 (94 : 100)
RE (%)	>12,5	Deels	13,0	12,3	12,3	13,0
CO_2 stal [ppm]	< 3000	Deels	1405 (875 : 2695)	2578 (1568 : 4018)	2331 (1342 : 3058)	1945 (1178 : 2912)

Tabel 7.3.2b *Landbouwkundige randvoorwaarden (Mosquera e.a., 2011b).*

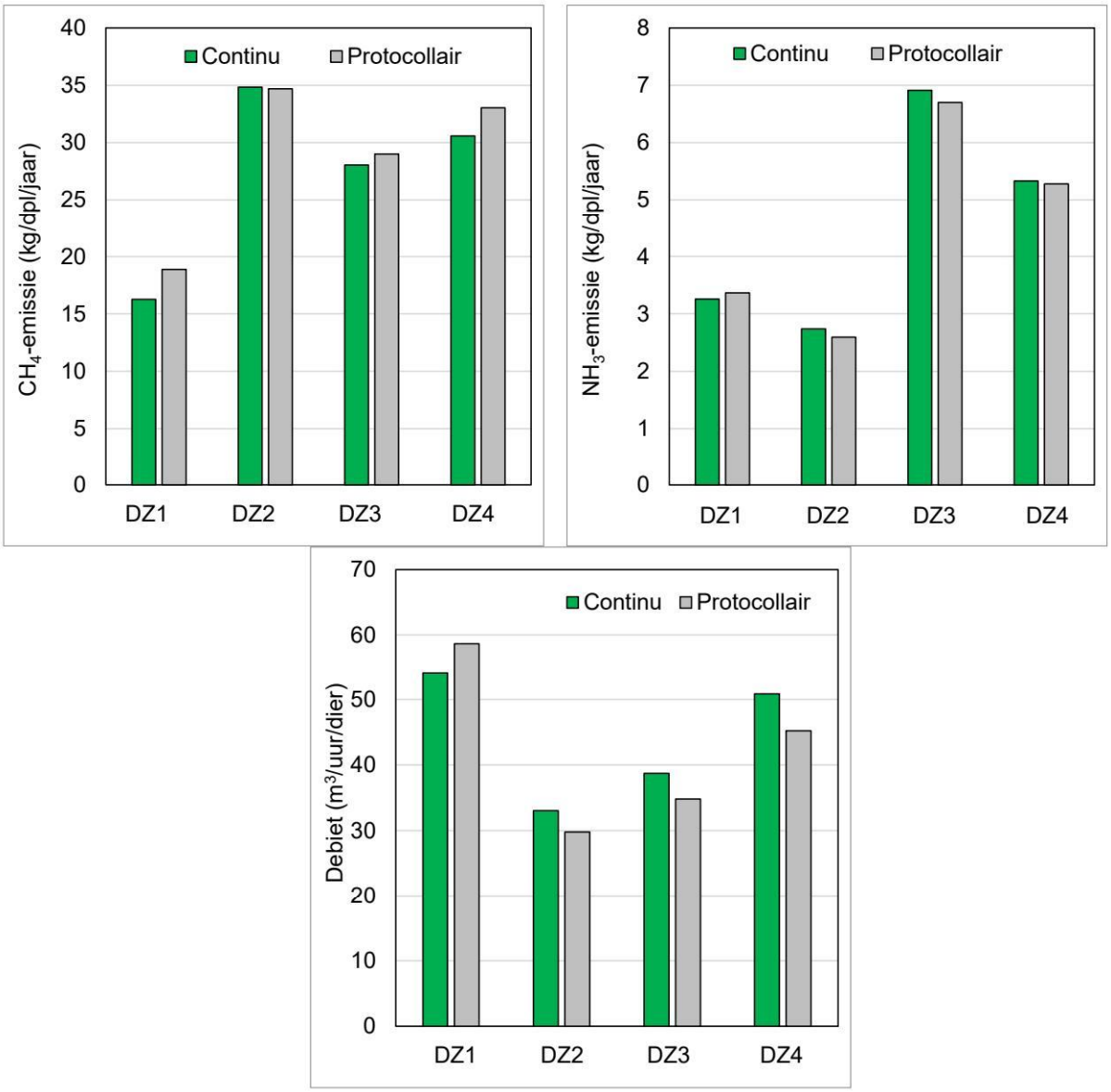
Kenmerk	Voorwaarde	Voldaan?	DZ5	DZ6
Leefoppervlak [m^2/dier]	≥2,25	Deels	2,45	2,12
Afdeling in gebruik	> 1 ronde	Ja	Ja	Ja
Voeropname [kg/dier/dag]	≥ 2,5	Ja	3,0	2,6
Dierplaatsen	≥ 20	Ja	39	44
Hokbezetting [%]	>90	Deels	101 (92 : 115)	100 (100 : 100)
RE (%)	>12,5	Ja	14,0	14,0
CO_2 stal [ppm]	< 3000	Deels	2148 (1290 : 2980)	1289 (1150 : 1370)

7.3.2 Continue versus protocollaire metingen

Bij een aantal bedrijven (DZ1 t/m DZ4) zijn zowel continue als protocollaire metingen uitgevoerd. In Tabel 7.3.3 worden de waarden (gemiddelde ± standaarddeviatie tussen bedrijven) van het ventilatiedebiet en de emissies van NH_3 en CH_4 voor zowel de continue als voor de protocollaire metingen samengevat. Gemiddelde over alle waarnemingen bij bedrijven DZ1 t/m DZ4 waren de waarden bij de protocollaire metingen voor het ventilatiedebiet en de NH_3-emissie lager (5% voor het ventilatiedebiet, 2% voor de NH_3-emissie) en voor de CH_4-emissie hoger (5%) dan bij de continue metingen (zie ook Figuur 7.3.2).

Tabel 7.3.3 *Ventilatiedebiet en emissies van CH_4 en NH_3 voor zowel de continue als de protocollaire metingen (gemiddelde van bedrijven DZ1 t/m DZ4 ± standaarddeviatie tussen bedrijven). Voor de emissies van NH_3 en CH_4 is een leegstandsfactor van 3% (Groenestein en Aarnink, 2008) toegepast.*

Kenmerk	Continu (DZ1 t/m DZ4)	Protocollair (DZ1 t/m DZ4)
Aantal locaties	4	4
Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]	44,2 +/- 9,9	42,1 +/- 12,8
NH_3-emissie [kg/dpl/jaar]	4,6 +/- 1,9	4,5 +/- 1,9
CH_4-emissie [kg/dpl/jaar]	27,4 +/- 8,0	28,9 +/- 7,1



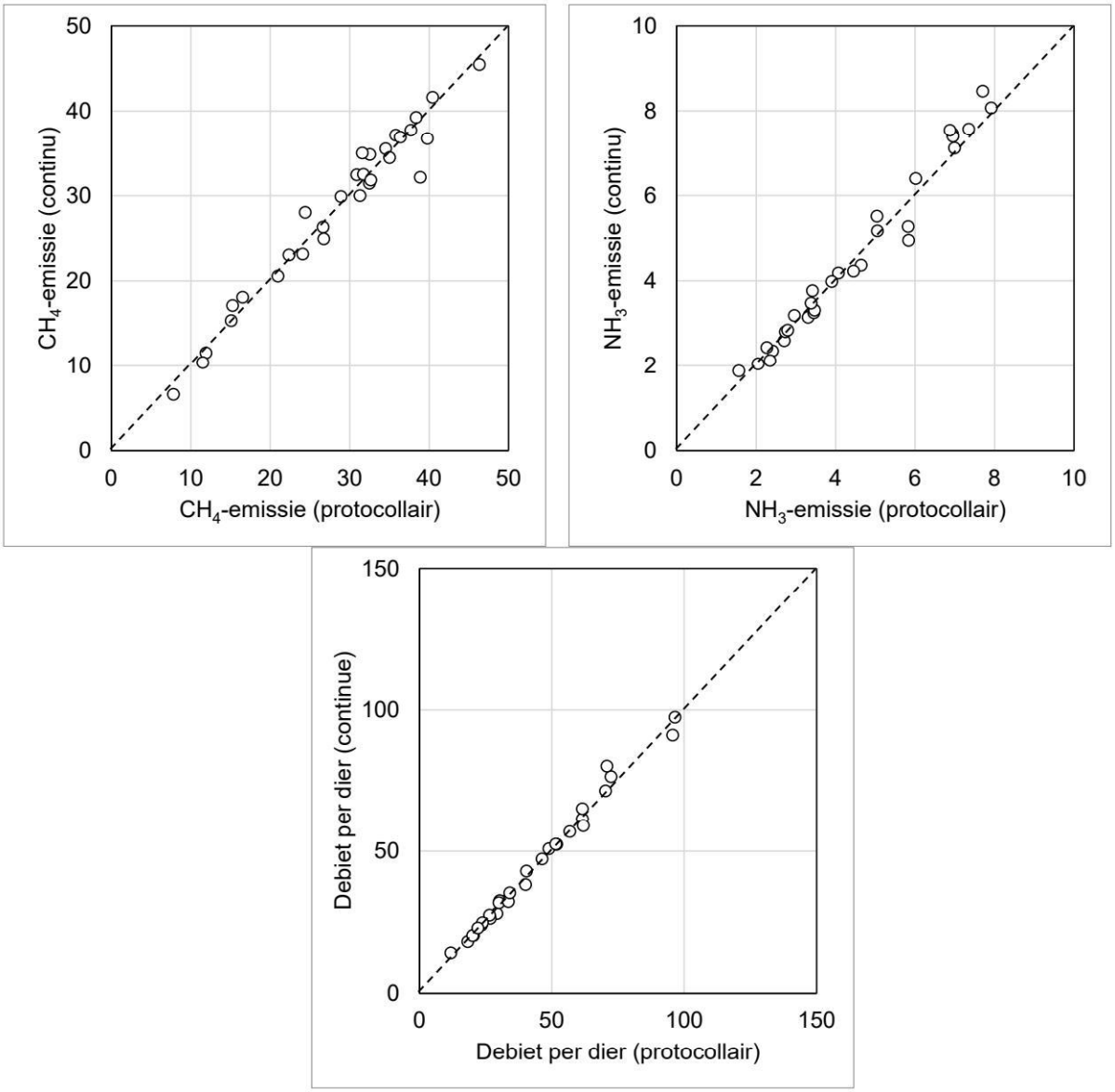
Figuur 7.3.2 *Per bedrijf (dragende zeugen), gemiddelde ventilatiedebiet en gemiddelde emissies van NH_3 en CH_4 voor de continue en de protocollaire metingen, wanneer gebruikt wordt gemaakt van alle beschikbare waarnemingen.*

Op basis van alleen de dagen waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd is de relatie tussen de continue en de protocollaire emissiemetingen onderzocht via een enkelvoudige lineaire regressie (zie Figuur 7.3.3) en een gepaarde dubbelzijdig t-toets. De resultaten van deze analyses worden in Tabel 7.3.4 weergegeven, en getoetst aan de criteria zoals in hoofdstuk 3.3.3. voorgesteld. Tabel 7.3.4 laat zien dat aan alle criteria wordt voldaan, voor zowel NH_3 als voor CH_4. Het procentueel verschil tussen de gemeten emissiewaarden bij de continue en de protocollaire metingen is voor zowel NH_3 als voor CH_4 klein (<5%).

Bedrijfsmonitoring met sensoren (continue metingen) voldoet aan de criteria voor de hypothese dat continue en protocollaire metingen niet significant verschillend zijn. Het procentueel verschil tussen de gemeten emissiewaarden bij de continue en de protocollaire metingen is voor zowel CH_4 als NH_3 klein (<5%).

Tabel 7.3.4 *Resultaten uit de enkelvoudige lineaire regressie van de relatie tussen continue en protocollaire emissiemetingen (Continu = a*Protocollair + b) en de gepaarde dubbelzijdig t-toets van de verschillen (Continu-Protocollair). Getoetst wordt of het voldaan wordt aan de criteria voor de hypothese dat continue- en protocollaire metingen niet significant verschillend zijn. Voor toelichting over de parameters en criteria zie hoofdstuk 3.3.3.*

Variabelen	Analyse	Parameter	Gemeten waarde	Criteria	Voldaan aan criteria?
NH_3-emissie	Enkelvoudige lineaire regressie	Helling (a)	1,05	0,90 < a < 1,10	Ja
		Snijpunt (b) P-waarde	-0,16 0,31	--- P>0,10	--- Ja
	t-toets	P-waarde	0,20	P>0,10	Ja
	Procentueel verschil	PV	0,02	-0,10 < PV < 0,10	Ja
	Aantal metingen	n	30	≥24	Ja
CH_4-emissie	Enkelvoudige lineaire regressie	Helling (a)	0,98	0,90 < a < 1,10	Ja
		Snijpunt (b) P-waarde	0,75 0,51	--- P>0,10	--- Ja
	t-toets	P-waarde	0,91	P>0,10	Ja
	Procentueel verschil	PV	0,00	-0,10 < PV < 0,10	Ja
	Aantal metingen	n	30	≥24	Ja



Figuur 7.3.3 *Enkelvoudige lineaire regressie tussen de continue en de protocollaire metingen in stallen met dragende zeugen, wanneer alleen gebruikt wordt gemaakt van de data die gemeten is tijdens de dagen waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd. Vergelijking is alleen voor bedrijven DZ1 t/m DZ4 mogelijk.*

7.3.3 Emissieniveaus op basis van protocollaire metingen

De geschatte emissieniveaus voor CH_4, NH_3, N_2O, geur en fijnstof (PM10), op basis van de protocollaire metingen, worden in Tabel 7.3.5 samengevat en in Figuur 7.3.4 grafisch weergegeven. De variatie binnen- en tussenbedrijven wordt als variatiecoëfficiënt in Tabel 7.3.6 weergegeven. In Tabel 7.3.9 worden de gemiddelde waarden per bedrijf voor zowel de continue als de protocollaire metingen gerapporteerd.

Tabel 7.3.5 *Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier] en emissies van CH_4 [kg/dpl/jaar], NH_3 [kg/dpl/jaar], N_2O [g/dpl/jaar], geur [OU_E/s/dpl] en fijnstof (PM10; [g/dpl/jaar]) in stallen met dragende zeugen in groepshuisvesting tijdens de protocollaire metingen (gemiddelde ± standaarddeviatie tussen bedrijven). dpl: dierplaats. Voor de emissies van NH_3, CH_4, N_2O en PM10 is een leegstandsfactor van 3% (Groenestein en Aarnink, 2008) toegepast.*

Kenmerk	D1.3.100
Aantal locaties	6[1)]
Debiet	45,0 +/- 13,3
CH_4-emissie	27,8 +/- 5,7
NH_3-emissie	4,3 +/- 1,7
N_2O-emissie	170,1 +/- 76,7
Geuremissie	24,6 +/- 11,5
PM10-emissie	168,5 +/- 80,1

[1)] Dit aantal heeft betrekking tot de locaties waar het ventilatiedebiet en de emissies van NH_3, CH_4 en N_2O zijn gemeten. De emissies van geur en PM10 zijn slechts op twee locaties gemeten.

Tabel 7.3.6 *Variatiecoëfficiënten (CV) per component tussen en binnen bedrijven (%) in stallen met dragende zeugen, op basis van de protocollaire metingen. Tussen haakjes, het aantal waarnemingen voor de CV-bepalingen.*

Component	CV-tussen	CV-binnen
NH_3	40 (6)	26 (40)
CH_4	23 (6)	31 (40)
N_2O	55 (6)	45 (37)
Geur	45 (2)	34 (10)
PM10	50 (2)	26 (10)

Tabel 7.3.6 laat voor alle componenten een aanzienlijke tussenbedrijfsvariatie zien, die vergelijkbaar is met de geschatte binnenbedrijfsvariatie. De waarden voor NH_3 zijn hoger dan wat in Mosquera e.a. (2008) voor varkensstallen is gerapporteerd. De grootte van de variatiecoëfficiënten maakt het in de meeste gevallen lastig om eventuele systematische verschillen tussen de gemeten emissiewaarden uit huisvestingssystemen en de huidige emissiefactor (statistisch significant) aan te tonen.

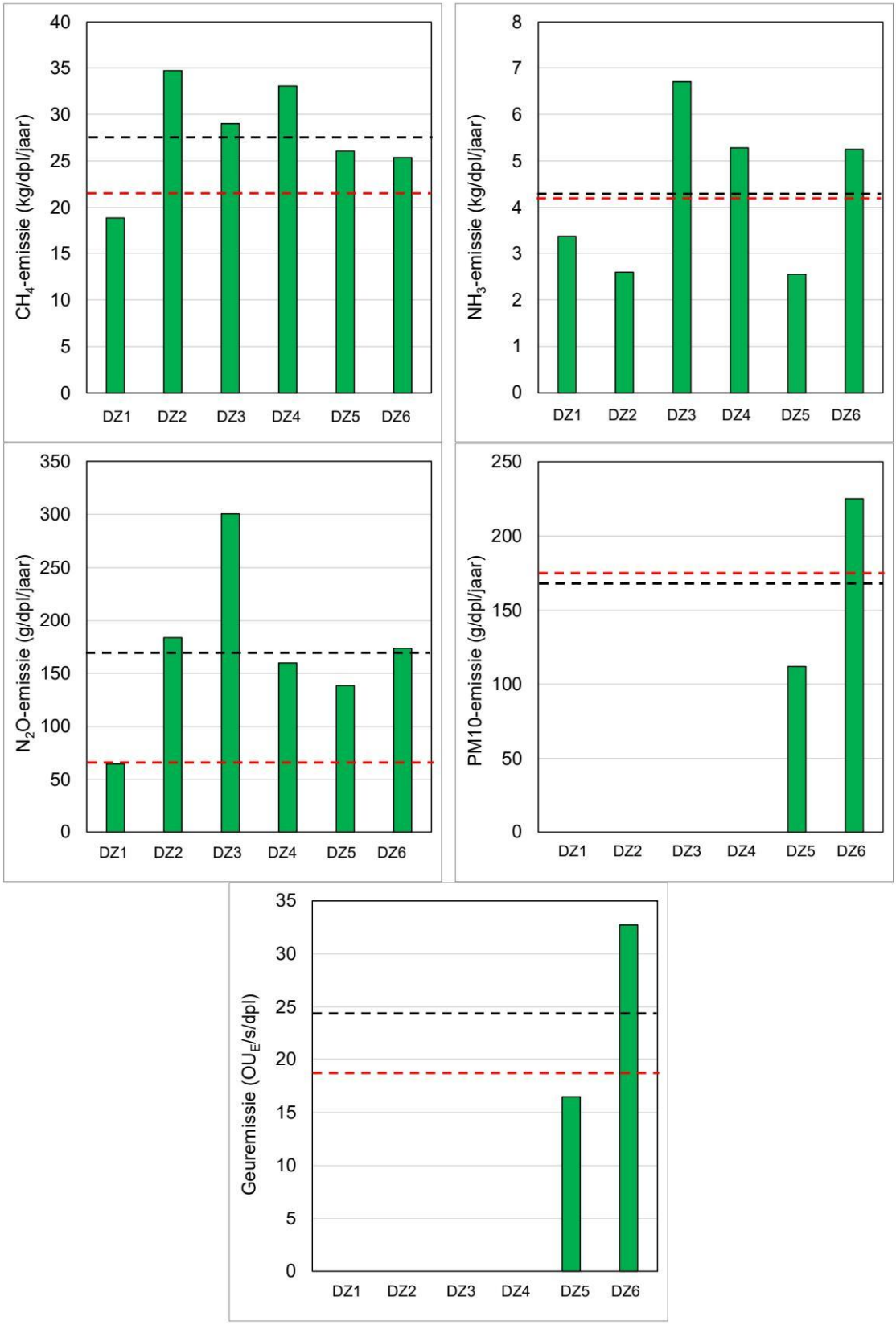
Over alle bedrijven was de gemeten **CH_4-emissie** (gecorrigeerd door een leegstandsfactor van 0,97 volgens Groenestein en Aarnink (2008)) significant ($P<0,05$) hoger dan de huidige emissiewaarden (21,1 kg CH_4/dier/jaar, waarvan 1,5 kg CH_4/dier/jaar endogeen (uit het dier) en de rest uit de mest) gerapporteerd in Van Bruggen e.a. (2021). Het verschil tussen bedrijven was groot.

De gemiddelde **NH_3-emissie** (gecorrigeerd door een leegstandsfactor van 0,97 volgens Groenestein en Aarnink (2008)) was niet-significant ($P>0,10$) hoger dan de huidige emissiefactor voor overige huisvestingssystemen (4,2 kg NH_3/dierplaats/jaar (www.infomil.nl) voor 5% leegstand (Ogink e.a., 2017); 4,3 kg NH_3/dierplaats/jaar voor 3% leegstand (Groenestein e.a., 2008)). Ook hier is de variatie tussen bedrijven groot.

De gemiddelde **N_2O-emissie** (gecorrigeerd door een leegstandsfactor van 0,97 volgens Groenestein en Aarnink (2008)) was significant ($P<0,05$) hoger dan de huidige emissiefactor (65 g N_2O/dier/jaar; Van Bruggen e.a., 2021).

Over alle bedrijven was de **PM10-emissie** (gecorrigeerd door een leegstandsfactor van 0,97 volgens Groenestein en Aarnink (2008)) niet-significant ($P>0,10$) lager dan de huidige emissiefactor (175 g PM10/dierplaats/jaar (www.infomil.nl) voor 5% leegstand (Ogink e.a., 2017); 179 g PM10/dierplaats/jaar voor 3% leegstand (Groenestein e.a., 2008)).

De gemiddelde **geuremissie** (geen correctie voor leegstand toegepast)was niet-significant (P>0,10) hoger dan de huidige emissiefactor voor overige huisvestingssystemen (18,7 OU_E/s/dierplaats; www.infomil.nl).



Figuur 7.3.4 *Gemiddelde emissies tijdens de protocollaire metingen per bedrijf (groene balken) en over alle bedrijven met dragende zeugen in groepshuisvesting (zwarte stippellijn). De emissiefactoren (CH_4, N_2O: Van Bruggen e.a., 2021; NH_3, geur en PM10: www.infomil.nl) worden met rode stippellijnen weergegeven. Voor de emissies van NH_3, CH_4, N_2O en PM10 is een leegstandsfactor van 3% (Groenestein en Aarnink, 2008) toegepast.*

Op basis van de in dit document gerapporteerde metingen zijn voor overige huisvestingssystemen voor dragende zeugen de volgende emissies bepaald:

- **CH_4: 27,8 kg CH_4/dierplaats/jaar. Deze waarde is significant (P<0,05) hoger dan de huidige emissiefactor (21,1 kg CH_4/dier/jaar; Van Bruggen e.a., 2021).**
- **NH_3: 4,3 kg NH_3/dierplaats/jaar. Deze waarde is niet-significant (P>0,10) hoger dan de huidige emissiefactor (4,2 kg NH_3/dier/jaar; www.infomil.nl).**
- **N_2O: 170 g N_2O/dierplaats/jaar. Deze waarde is significant (P<0,05) hoger dan de huidige emissiefactor (65 g N_2O/dier/jaar; Van Bruggen e.a., 2021).**
- **PM10: 168 g/dierplaats/jaar. Deze waarde is niet-significant (P>0,10) lager dan de huidige emissiefactor (175 g/dier/jaar; www.infomil.nl).**
- **Geur: 24,6 OU_E/s/dierplaats. Deze waarde is niet-significant (P>0,10) hoger dan de huidige emissiefactor (18,7 OU_E/s/dierplaats; www.infomil.nl).**

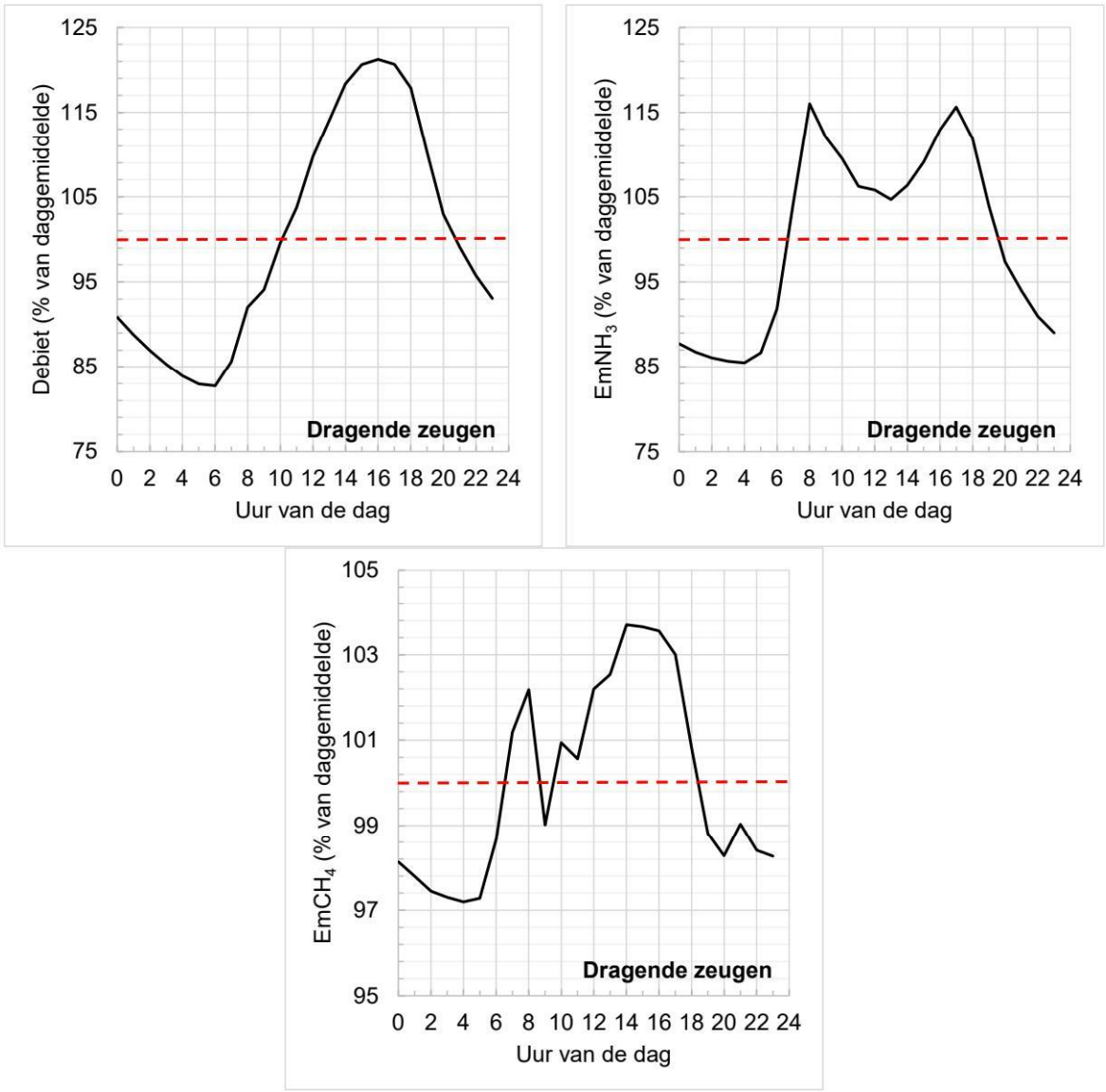
Voor de emissies van NH_3, CH_4, N_2O en PM10 is een leegstandsfactor van 3% (Groenestein en Aarnink, 2008) toegepast.

7.3.4 Patronen en effecten van management- en omgevingsparameters

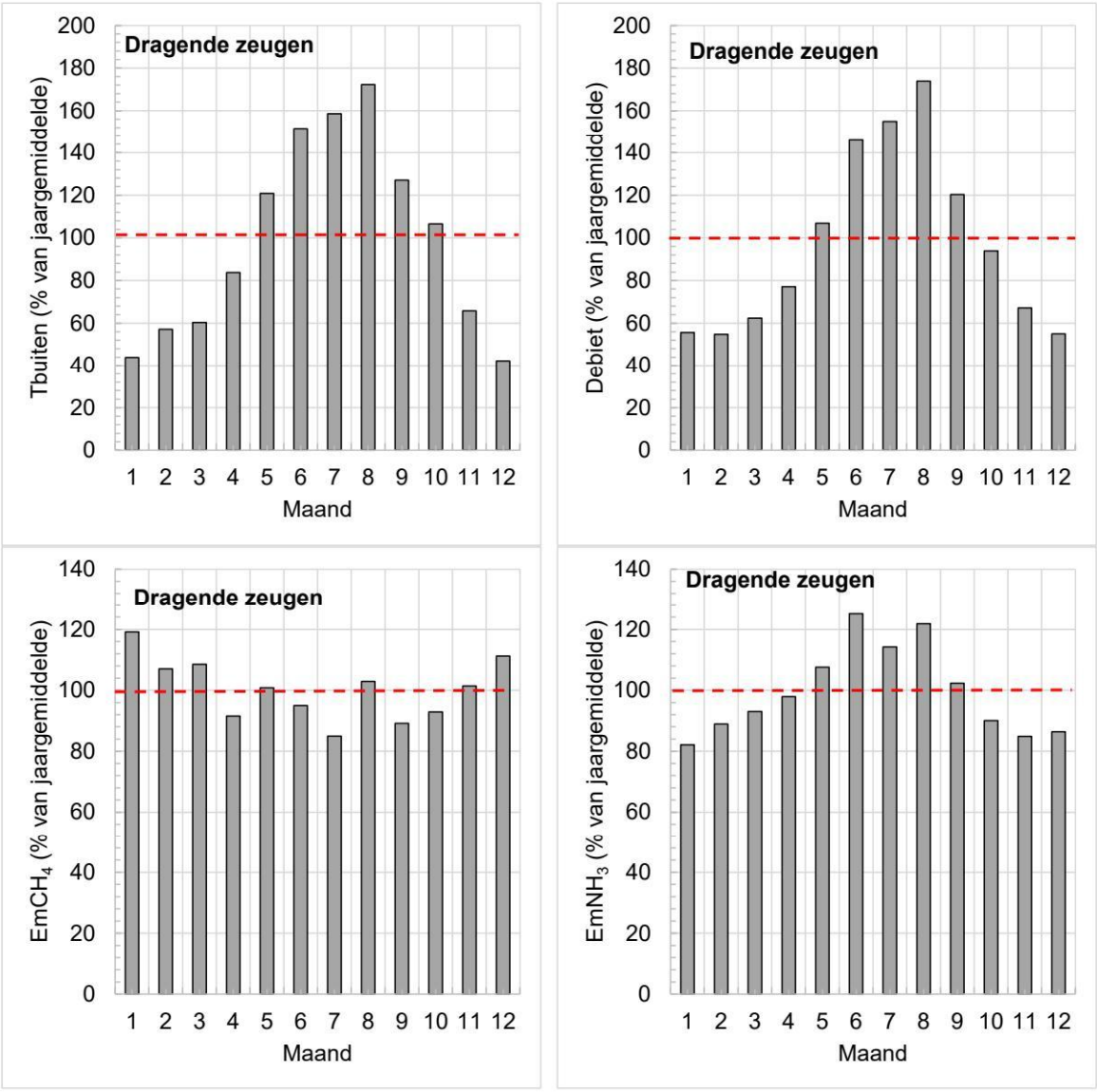
Van de onderzochte managements- en omgevingsparameters (Tabel 7.3.7; op basis van de protocollaire metingen) zijn alleen voor NH_3 (en in mindere mate voor N_2O) factoren gevonden (voornamelijk temperatuur en het ventilatiedebiet op Ln-schaal) die een significante correlatie hebben met de emissies (op Ln-schaal). De geur-, CH_4- en PM10-emissies lijken niet (lineair) met de onderzochte parameters samen te hangen. Binnen een dag laten het ventilatiedebiet en de emissies van CH_4 en NH_3 een duidelijk patroon zien (Figuur 7.3.5). Opvallend is de daling in emissies met een minimum waarde rond 9:00 voor CH_4 en rond 12:00 voor NH_3. Figuur 7.3.6 laat een (niet-lineair) jaarpatroon zien niet alleen voor de buitentemperatuur, maar ook voor het ventilatiedebiet, en de emissies van CH_4 en NH_3. Het ventilatiedebiet en de NH_3-emissie volgen het jaarpatroon van de buitentemperatuur, met hogere waarden bij de warme maanden. Het jaarpatroon voor CH_4 is anders dan voor de andere componenten, met juist lagere waarden halverwege het jaar.

Tabel 7.3.7 *Significantie (P) van de effecten van een aantal management- en omgevingsparameters op de emissies uit stallen met dragende zeugen van NH_3, CH_4, N_2O, geur en PM10 (allemaal op Ln-schaal). P≤0,001: sterk significant (groen); 0,001<P<0,05: significant (geel); 0,05≤P<0,10: zwak significant (oranje); P>0,10: niet significant (geen kleur).*

Parameter	$LnNH_3$	$LnCH_4$	LnN_2O	LnGeur	LnPM10
Tbinnen	<0,001	0,906	0,011	0,026	0,482
Tbuiten	<0,001	0,950	0,068	0,506	0,168
LNDebietperdier	<0,001	0,971	0,021	0,379	0,032
DagInJaar	0,328	0,985	0,267	0,517	0,151



Figuur 7.3.5 *Dagpatroon voor het ventilatiedebiet en de emissies van CH_4 en NH_3 (op basis van continue metingen) als percentage van de (gemeten) gemiddelden per dag (als rode stippellijn weergegeven) in stallen met dragende zeugen in groepshuisvesting.*



Figuur 7.3.6 *Jaarpatroon voor de buitentemperatuur, het ventilatiedebiet, en de emissies van CH_4 en NH_3, op basis van continue metingen in stallen met dragende zeugen in groepshuisvesting. Alle parameters zijn weergegeven als percentage van de (gemeten) jaargemiddelden (als rode stippellijn weergegeven).*

Van de onderzochte managements- en omgevingsparameters zijn alleen voor NH_3 (en in mindere mate voor N_2O) factoren gevonden (voornamelijk temperatuur en het ventilatiedebiet op Ln-schaal) die een significante correlatie hebben met de emissies (op Ln-schaal). De geur-, CH_4- en PM10-emissies lijken niet (lineair) met de onderzochte parameters samen te hangen.

Het ventilatiedebiet en de emissies van CH_4 en NH_3 laten een duidelijk dag/nacht patroon zien. Opvallend is de daling in emissies met een minimum waarde rond 9:00 voor CH_4 en rond 12:00 voor NH_3.

Het ventilatiedebiet en de NH_3-emissie volgen het jaarpatroon van de buitentemperatuur, met hogere waarden bij de warme maanden. Het jaarpatroon voor CH_4 is anders dan voor de andere componenten, met juist lagere waarden halverwege het jaar.

7.3.5 Toepasbaarheid CO_2-productiemodel voor het bepalen van het ventilatiedebiet

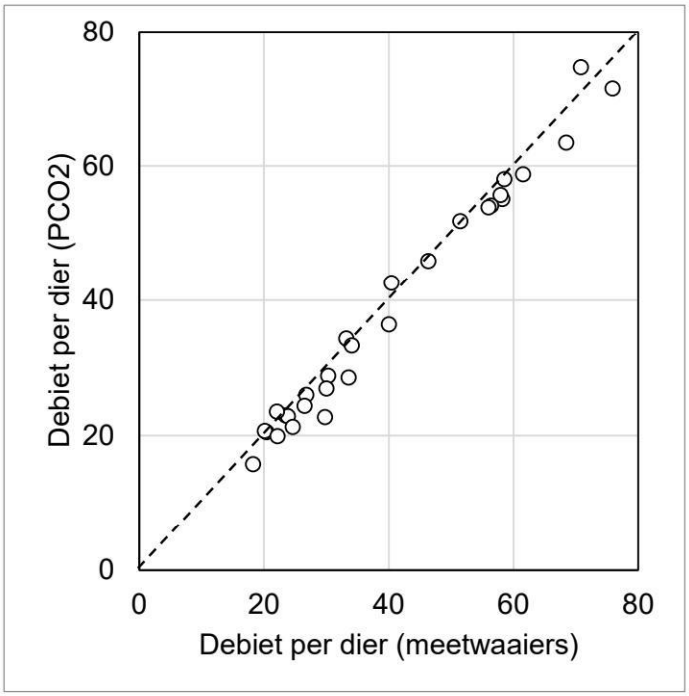
Op vijf bedrijven (DZ2 t/m DZ6) was het mogelijk om op basis van de protocollaire metingen een vergelijking te maken tussen een directe bepaling van het ventilatiedebiet met *meetwaaiers* (MV), en een indirecte bepaling door middel van de tracergas ratiomethode (met CO_2 als door dieren en mest geproduceerde tracergas; PCO2).

De gelijkwaardigheid van directe en indirecte bepaling van het ventilatiedebiet is onderzocht via een enkelvoudige lineaire regressie (Figuur 7.3.7) en een gepaarde dubbelzijdig t-toets (zie hoofdstuk 3.3.3). De resultaten van deze analyses worden in Tabel 7.3.8 weergegeven, en getoetst aan de criteria zoals in hoofdstuk 3.3.3. voorgesteld. De resultaten in Tabel 7.3.8 laten zien dat het in de meeste gevallen aan de criteria wordt voldaan. De enige uitzondering is de P-waarde van de t-toets, wat op significante verschillen tussen beide methoden duidt. Het gemeten procentueel verschil tussen beide methoden is <5%.

Tabel 7.3.8 *Resultaten uit de enkelvoudige lineaire regressie van de relatie tussen indirecte (P_{CO2}) en directe (MV) bepalingen van het ventilatiedebiet (P_{CO2} = a*MV + b) en de gepaarde dubbelzijdig t-toets van de verschillen (P_{CO2}-MV). Getoetst wordt of het voldaan wordt aan de criteria voor de hypothese dat continue- en protocollaire metingen niet significant verschillend zijn. Voor toelichting over de parameters en criteria zie hoofdstuk 3.3.3.*

Analyse	Parameter	Gemeten waarde	Criteria	Voldaan aan criteria?
Enkelvoudige lineaire regressie	Helling (a)	1,03	0,90 < a < 1,10	Ja
	Snijpunt (b) P-waarde	-2,26 0,13	--- P>0,10	--- Ja
t-toets	P-waarde	0,04	P>0,10	Nee
Procentueel verschil	PV	-0,03	-0,10 < PV < 0,10	Ja
Aantal metingen	n	30	≥24	Ja

De resultaten uit dit onderzoek laten zien dat het over het algemeen aan de criteria voor gelijkwaardigheid van directe (meetwaaiers) en indirecte (P_{CO2}) bepalingen van het ventilatiedebiet wordt voldaan. Het procentueel verschil tussen beide methoden is <5%.



Figuur 7.3.7 *Relatie tussen het ventilatiedebiet bepaald door middel van de tracergas ratiomethode (PCO2) en gemeten met meetwaaiers (MV) op basis van de protocollaire metingen in stallen met dragende zeugen.*

Tabel 7.3.9 *Gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van het ventilatiedebiet, de concentraties van CO_2, NH_3, CH_4, N_2O, PM10 en geur, en de emissies van NH_3, CH_4, N_2O, PM10 en geur, voor zowel de continue als de protocollaire metingen. dpl: dierplaats; ---: niet gemeten. Voor de emissies van NH_3, CH_4, N_2O en PM10 is een leegstandsfactor van 3% (Groenestein en Aarnink, 2008) toegepast.*

	DZ1		DZ2		DZ3		DZ4	
Kenmerk	**Protocollair**	**Continu**	**Protocollair**	**Continu**	**Protocollair**	**Continu**	**Protocollair**	**Continu**
Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]	58,6 (11,9 : 96,5)	54,0 (9,2 : 118,1)	29,8 (18,3 : 46,3)	33,0 (17,3 : 77,6)	34,8 (20,1 : 61,5)	38,7 (16,3 : 88,1)	45,2 (22,1 : 70,8)	50,8 (21,5 : 100,8)
CO_2 stal [ppm]	1405 (875 : 2695)	1520 (767 : 3051)	2578 (1568 : 4018)	2394 (1010 : 4304)	2331 (1342 : 3058)	2257 (985 : 4111)	1945 (1178 : 2912)	1866 (1050 : 3527)
CO_2 buiten [ppm]	642 (467 : 1129)	657 (467 : 1278)	484 (423 : 573)	496 (435 : 633)	489 (449 : 561)	484 (434 : 574)	506 (469 : 530)	501 (420 : 675)
Meetdagen	10	499	7	366	7	372	6	377
NH_3 stal [ppm]	11,4 (7,3 : 21,8)	12,5 (4,3 : 34,7)	17,7 (14,0 : 21,0)	17,1 (8,6 : 26,3)	35,6 (21,5 : 47,0)	37,0 (15,2 : 68,1)	21,5 (16,0 : 29,1)	19,7 (9,1 : 32,2)
NH_3 buiten [ppm]	0,56 (0,08 : 1,31)	0,53 (0,08 : 1,03)	0,70 (0,27 : 1,52)	0,76 (0,44 : 1,18)	0,07 (0,03 : 0,11)	0,07 (0,05 : 0,09)	0,28 (0,09 : 0,92)	0,29 (0,10 : 0,92)
NH_3-emissie [kg/jaar per dpl]	3,36 (1,52 : 5,65)	3,26 (1,17 : 7,00)	2,59 (1,99 : 3,36)	2,74 (1,19 : 3,80)	6,70 (5,66 : 7,68)	6,91 (4,49 : 8,51)	5,28 (3,79 : 7,13)	5,33 (2,09 : 8,90)
Meetdagen	10	499	7	366	7	372	6	377
CH_4 stal [ppm]	83 (17 : 225)	80 (15 : 237)	258 (138 : 404)	237 (91 : 429)	170 (94 : 234)	166 (62 : 341)	157 (82 : 294)	149 (41 : 345)
CH_4 buiten [ppm]	7,2 (3,5 : 12)	6,8 (4,0 : 12)	3,8 (2,4 : 8)	4,0 (3,0 : 6)	3,3 (2,3 : 4)	3,2 (2,4 : 4)	4,0 (3,1 : 5)	3,9 (3,8 : 4)
CH_4-emissie [kg/jaar per dpl]	18,9 (7,6 : 37,7)	16,3 (2,8 : 35,3)	34,7 (28,0 : 39,2)	34,8 (25,7 : 43,0)	29,0 (16,0 : 35,3)	28,1 (11,1 : 36,5)	33,0 (23,7 : 44,9)	30,6 (13,4 : 47,7)
Meetdagen	9	---	7	---	7	---	6	---
N_2O stal [ppm]	0,48 (0,35 : 0,72)	---	0,84 (0,74 : 1,00)	---	1,03 (0,69 : 1,60)	---	0,64 (0,52 : 0,80)	---
N_2O buiten [ppm]	0,43 (0,29 : 0,62)	---	0,39 (0,34 : 0,48)	---	0,39 (0,38 : 0,41)	---	0,38 (0,36 : 0,40)	---
N_2O-emissie [g/jaar per dpl]	64,8 (19,0 : 143,1)	---	183,5 (116,6 : 251,8)	---	300,5 (214,4 : 399,3)	---	159,8 (109,5 : 213,5)	---
Meetdagen	---	---	---	---	---	---	---	---
PM10 stal [mg/m^3]	---	---	---	---	---	---	---	---
PM10 buiten [mg/m^3]	---	---	---	---	---	---	---	---
PM10-emissie [g/jaar per dpl]	---	---	---	---	---	---	---	---
Meetdagen	---	---	---	---	---	---	---	---
Geur stal [OU_E/m^3]	---	---	---	---	---	---	---	---
Geur-emissie [OU_E/s/dpl]	---	---	---	---	---	---	---	---

Tabel 7.3.9 (vervolg) *Gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van het ventilatiedebiet, de concentraties van CO_2, NH_3, CH_4, N_2O, PM10 en geur, en de emissies van NH_3, CH_4, N_2O, PM10 en geur, voor zowel de continue als de protocollaire metingen. dpl: dierplaats; ---: niet gemeten. Voor de emissies van NH_3, CH_4, N_2O en PM10 is een leegstandsfactor van 3% (Groenestein en Aarnink, 2008) toegepast.*

	DZ5		DZ6	
Kenmerk	**Protocollair**	**Continu**	**Protocollair**	**Continu**
Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]	37,4 (21,5 : 56,5)	---	61,2 (54,3 : 73,6)	---
CO_2 stal [ppm]	2148 (1290 : 2980)	---	1289 (1150 : 1370)	---
CO_2 buiten [ppm]	466 (436 : 527)	---	452 (431 : 466)	---
Meetdagen	5	---	5	---
NH_3 stal [ppm]	12,2 (6,4 : 15,0)	---	14,2 (11,0 : 18,5)	---
NH_3 buiten [ppm]	0,15 (0,11 : 0,23)	---	0,28 (0,17 : 0,41)	---
NH_3-emissie [kg/jaar per dpl]	2,55 (1,85 : 3,78)	---	5,25 (3,58 : 6,14)	---
Meetdagen	5	---	5	---
CH_4 stal [ppm]	149,8 (65,0 : 233,0)	---	76,2 (48,9 : 117,3)	---
CH_4 buiten [ppm]	3,5 (3,2 : 3,7)	---	3,9 (3,2 : 4,9)	---
CH_4-emissie [kg/jaar per dpl]	26,0 (22,9 : 29,2)	---	25,4 (14,5 : 35,6)	---
Meetdagen	4	---	4	---
N_2O stal [ppm]	0,63 (0,38 : 0,90)	---	0,54 (0,48 : 0,60)	---
N_2O buiten [ppm]	0,31 (0,30 : 0,32)	---	0,37 (0,30 : 0,41)	---
N_2O-emissie [g/jaar per dpl]	138,4 (82,8 : 248,3)	---	173,5 (97,0 : 244,7)	---
Meetdagen	5	---	5	---
PM10 stal [mg/m^3]	0,39 (0,27 : 0,51)	---	0,44 (0,37 : 0,61)	---
PM10 buiten [mg/m^3]	0,015 (0,009 : 0,023)	---	0,014 (0,006 : 0,025)	---
PM10-emissie [g/jaar per dpl]	111,8 (70,1 : 154,1)	---	225,1 (174,6 : 291,4)	---
Meetdagen	5	---	5	---
Geur stal [OU_E/m^3]	1687 (1031 : 2565)	---	1945 (1019 : 3232)	---
Geur-emissie [OU_E/s/dpl]	15,8 (11,1 : 24,0)	---	31,1 (21,5 : 52,5)	---

8 Overall analyse

In Hoofdstuk 4 t/m 7 zijn de resultaten gepresenteerd van metingen die binnen dit onderzoeksproject voor respectievelijk jongvee, vleeskalveren, geiten en varkens zijn uitgevoerd. Dit hoofdstuk vat deze resultaten samen, en koppelt die aan de doelen die aan het begin van het project zijn geformuleerd. Hieronder worden deze doelen weergegeven, en op basis van de verkregen resultaten de belangrijkste conclusies van dit onderzoek gepresenteerd.

Doel 1. Het uitvoeren van een meetcampagne voor geprioriteerde stalsystemen om ontbrekende emissiefactoren voor de stalinnovatieregeling te kunnen vaststellen.
Deze meetcampagne had betrekking op de diercategorieën jongvee, vleeskalveren (rosé- en blankvlees), geiten en varkens (biggen, vleesvarkens, dragende zeugen). Voor alle diercategorieën zijn de emissies van NH_3, CH_4 en N_2O gemeten volgens methoden beschreven in de meetprotocollen voor vaststelling emissiefactoren. Voor geiten en vleeskalveren zijn aanvullend de emissies van geur en fijnstof bepaald. In Tabel 8.1 worden per diercategorie en component de resultaten van deze protocollaire metingen samengevat, en voor de systemen waar minimaal op vier locaties is gemeten, met de huidige emissiefactoren (CH_4 en N_2O: Van Bruggen e.a., 2021; NH_3, geur en PM10: www.infomil.nl) vergeleken.

Tabel 8.1 *Emissies van CH_4 [kg/dpl/jaar], NH_3 [kg/dpl/jaar], N_2O [g/dpl/jaar], geur [OU_E/s/dier] en PM10 [g/dpl/jaar] tijdens de protocollaire metingen (gemiddelde ± standaarddeviatie tussen bedrijven). dpl: dierplaats. Voor deze emissies is een leegstandscorrectie toegepast (Groenestein en Aarnink, 2008).*

	Kenmerk	Gemeten	Huidige emissiefactor
Jongvee	Aantal locaties	4	---
	NH_3-emissie [kg/dpl/jaar]	6,1 +/- 1,1	4,4
	CH_4-emissie [kg/dpl/jaar]	39,3 +/- 7,8	55,8
	N_2O-emissie [g/dpl/jaar]	159,0 +/- 57,4	120
	Geuremissie [OU_E/s/dier]	---	---
	PM10-emissie [g/dpl/jaar]	---	38
Blankvleeskalveren	Aantal locaties	4-6[1)]	---
	NH_3-emissie [kg/dpl/jaar]	4,5 +/- 1,0	3,5
	CH_4-emissie [kg/dpl/jaar]	18,8 +/- 10,1	14,1
	N_2O-emissie [g/dpl/jaar]	72,6 +/- 31,2	120
	Geuremissie [OU_E/s/dier]	58,9 +/- 34,4	35,6
	PM10-emissie [g/dpl/jaar]	13,3 +/- 8,6	33
Rosévleeskalveren	Aantal locaties	4	---
	NH_3-emissie [kg/dpl/jaar]	3,4 +/- 1,3	3,5
	CH_4-emissie [kg/dpl/jaar]	67,2 +/- 21,4	43,7
	N_2O-emissie [g/dpl/jaar]	119 +/- 71	120
	Geuremissie [OU_E/s/dier]	40,6 +/- 7,7	35,6
	PM10-emissie [g/dpl/jaar]	14,2 +/- 0,1	33
Geiten	Aantal locaties	5	---
	NH_3-emissie [kg/dpl/jaar]	4,3 +/- 0,6	1,9
	CH_4-emissie [kg/dpl/jaar]	23,9 +/- 4,1	5,13
	N_2O-emissie [g/dpl/jaar]	45 +/- 19	320
	Geuremissie [OU_E/s/dier]	16,1 +/- 3,0	18,8
	PM10-emissie [g/dpl/jaar]	170 +/- 42	19

[1)] 4 locaties voor CH_4, N_2O en PM10; 6 locaties voor debiet, NH_3 en geur.

Tabel 8.1 (vervolg) *Emissies van CH_4 [kg/dpl/jaar], NH_3 [kg/dpl/jaar], N_2O [g/dpl/jaar], geur [OU_E/s/dier] en PM10 [g/dpl/jaar] tijdens de protocollaire metingen (gemiddelde ± standaarddeviatie tussen bedrijven). dpl: dierplaats. Voor deze emissies is een leegstandscorrectie toegepast (Groenestein en Aarnink, 2008).*

	Kenmerk	Gemeten	Huidige emissiefactor
Biggen (D1.1.100)	Aantal locaties	4	---
	NH_3-emissie [kg/dpl/jaar]	0,47 +/- 0,15	0,69
	CH_4-emissie [kg/dpl/jaar]	6,7 +/- 3,9	1,5
	N_2O-emissie [g/dpl/jaar]	32,5 +/- 23,7	20
	Geuremissie [OU_E/s/dier]	21,0 +/- 12,1	7,8
	PM10-emissie [g/dpl/jaar]	---	74
Vleesvarkens	Aantal locaties	8	---
	NH_3-emissie [kg/dpl/jaar]	3,1 +/- 0,9	3,0
	CH_4-emissie [kg/dpl/jaar]	18,4 +/- 8,0	8,2
	N_2O-emissie [g/dpl/jaar]	24 +/- 14	20
	Geuremissie [OU_E/s/dier]	29,3 +/- 12,4	23
	PM10-emissie [g/dpl/jaar]	137,3 +/- 63,8	153
Dragende zeugen	Aantal locaties	6[1)]	---
	NH_3-emissie [kg/dpl/jaar]	4,3 +/- 1,7	4,2
	CH_4-emissie [kg/dpl/jaar]	27,8 +/- 5,7	21,1
	N_2O-emissie [g/dpl/jaar]	170 +/- 77	20
	Geuremissie [OU_E/s/dier]	24,6 +/- 11,5	18,7
	PM10-emissie [g/dpl/jaar]	168 +/- 80	175

[1)] Dit aantal heeft betrekking tot de locaties waar het ventilatiedebiet en de emissies van NH_3, CH_4 en N_2O zijn gemeten. De emissies van geur en PM10 zijn slechts op twee locaties gemeten.

De in dit onderzoek gerapporteerde **NH_3-emissie** was bij jongvee en geiten significant ($P<0,05$) hoger dan de huidige emissiefactoren. Bij blankvleeskalveren waren de emissies hoger, en bij biggen lager dan de huidige emissiefactoren. Voor deze twee categorieën was sprake van een zwak significant verschil ($0,05 < P < 0,10$). De verschillen tussen de gemeten waarden en de huidige emissiefactoren bij rosévleeskalveren, vleesvarkens en dragende zeugen waren niet significant ($P>0,10$).

Voor de **CH_4-emissie** waren de verschillen significant ($P<0,05$) voor jongvee, geiten, vleesvarkens en dragende zeugen (bij jongvee lagere emissies en bij geiten, vleesvarkens en dragende zeugen hogere emissies dan de huidige emissiefactoren). Er was sprake van een zwak significant verschil ($0,05 < P < 0,10$) voor biggen (hogere emissies dan de huidige emissiefactoren). De emissies bij blank- en rosévleeskalveren waren hoger dan de huidige emissiefactoren, maar de verschillen waren niet significant ($P>0,10$).

De **N_2O-emissie** die gemeten is bij de geiten was significant ($P<0,05$) lager en bij de dragende zeugen significant hoger dan de huidige emissiefactoren. Voor jongvee, blank- en rosévleeskalveren, biggen en vleesvarkens, is geen significant verschil gevonden ($P>0,10$) tussen de gemeten waarden en de huidige emissiefactoren.

De **PM10-emissie** voor blank- en rosévleeskalveren was significant ($P<0,05$) lager dan de huidige emissiefactoren. De verschillen tussen de gemeten waarden en de huidige emissiefactoren voor geiten, vleesvarkens en dragende zeugen waren niet significant ($P>0,10$). Voor jongvee en biggen waren geen emissiewaarden beschikbaar.

Voor de **geuremissie** waren (voor alle diercategorieën, met uitzondering van jongvee waar geen emissies zijn gemeten en geen emissiefactoren zijn toegekend) de verschillen tussen de gemeten waarden en de huidige emissiefactoren niet significant ($P>0,10$).

Doel 2. De variatie in emissie binnen- en tussenbedrijven vast te stellen.

Twee decennia geleden is voor varkens een analyse uitgevoerd om de variatie in de ammoniakemissie in praktijkstallen tussen en binnen bedrijven vast te stellen. De resultaten van deze analyse zijn in Mosquera e.a. (2008) gerapporteerd. De geschatte variatiecoëfficiënten zijn in Tabel 8.2 samengevat. Een belangrijke conclusie uit dit onderzoek was dat de variatie tussen bedrijven (door onder andere verschillen in voer-, ventilatie- en mestmanagement) aanzienlijk was, en in de meeste gevallen vergelijkbaar met de variatie binnen bedrijven (door onder andere variatie in klimaatomstandigheden (seizoenseffecten), en diergewicht (bij dieren met een groeitraject)).

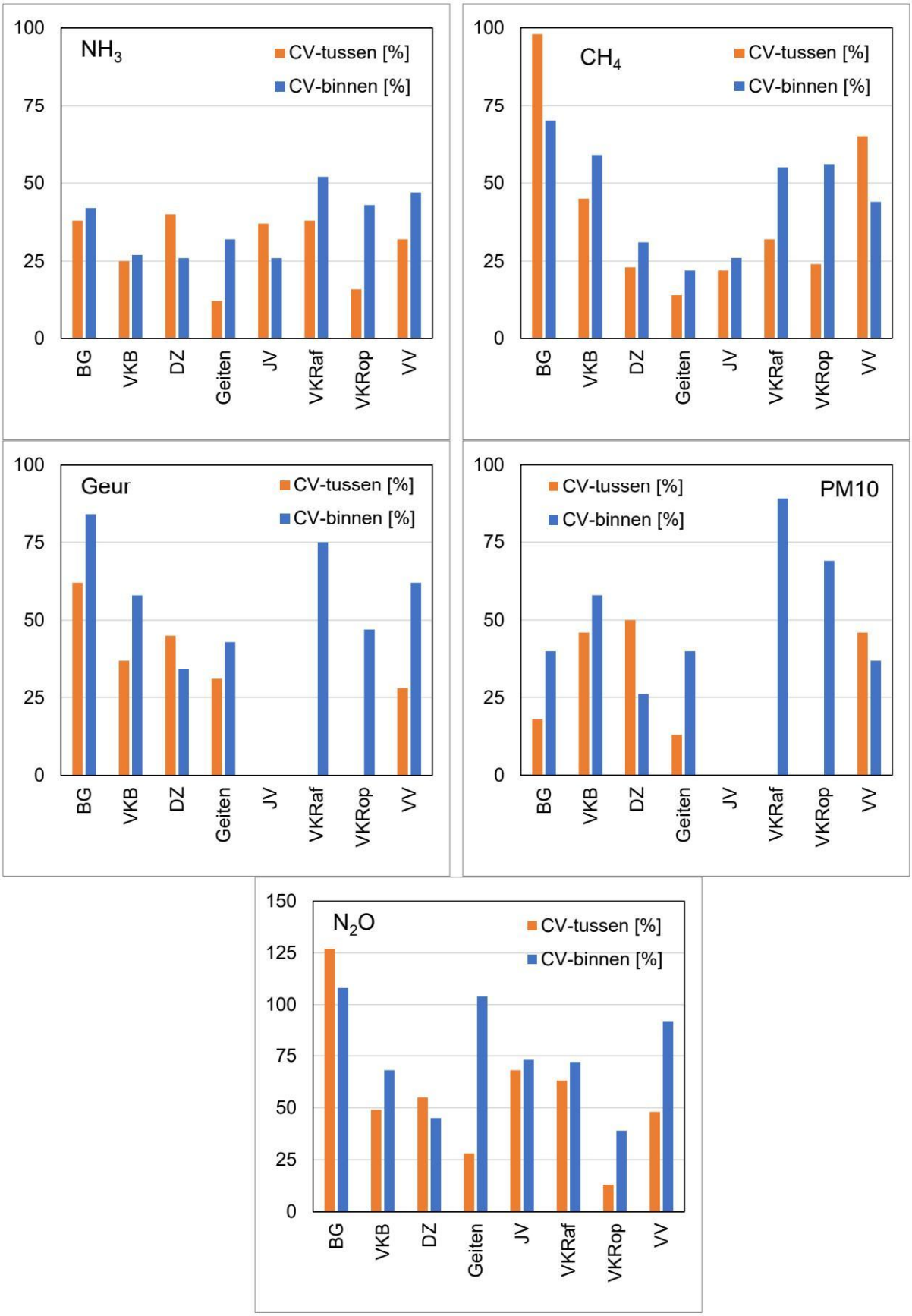
Tabel 8.2 *Geschatte variatiecoëfficiënten (CV) voor de variatie in ammoniakemissie tussen en binnen bedrijven (%). Bron: Mosquera e.a. (2008). Tussen haakjes, het aantal waarnemingen voor de CV-bepalingen.*

Diercategorie	CV-tussen [%]	CV-binnen [%]
Biggen	62 (33)	49 (605)
Vleesvarkens	44 (74)	44 (3193)
Dragende zeugen	30 (58)	22 (948)
Kraamzeugen	26 (22)	32 (367)

Doel van onderhavig onderzoek was de variatie binnen en tussen bedrijven voor alle gemeten componenten en diercategorieën vast te stellen. Voor deze analyse is alleen de data uit de protocollaire metingen gebruikt. De resultaten worden in Tabel 8.3 samengevat en in Figuur 8.1 grafisch weergegeven. De kleinste variatie (binnen en tussen bedrijven) is bij NH_3 te vinden, de grootste variatie bij N_2O. De variatiecoëfficiënten die in dit onderzoek voor ammoniak zijn bepaald, zijn in dezelfde orde van grootte als de resultaten die in Mosquera e.a. (2008) zijn gerapporteerd. Over diercategorieën heen, zijn de variatiecoëfficiënten bij de geiten en rosévleeskalveren (opfokfase) het kleinst, en voor de biggen het hoogst.

Tabel 8.3 *Variatiecoëfficiënten (CV) per component tussen en binnen bedrijven. ---: geen (of te weinig) metingen beschikbaar om de variatiecoëfficiënten te bepalen. Tussen haakjes, het aantal waarnemingen voor de CV-bepalingen.*

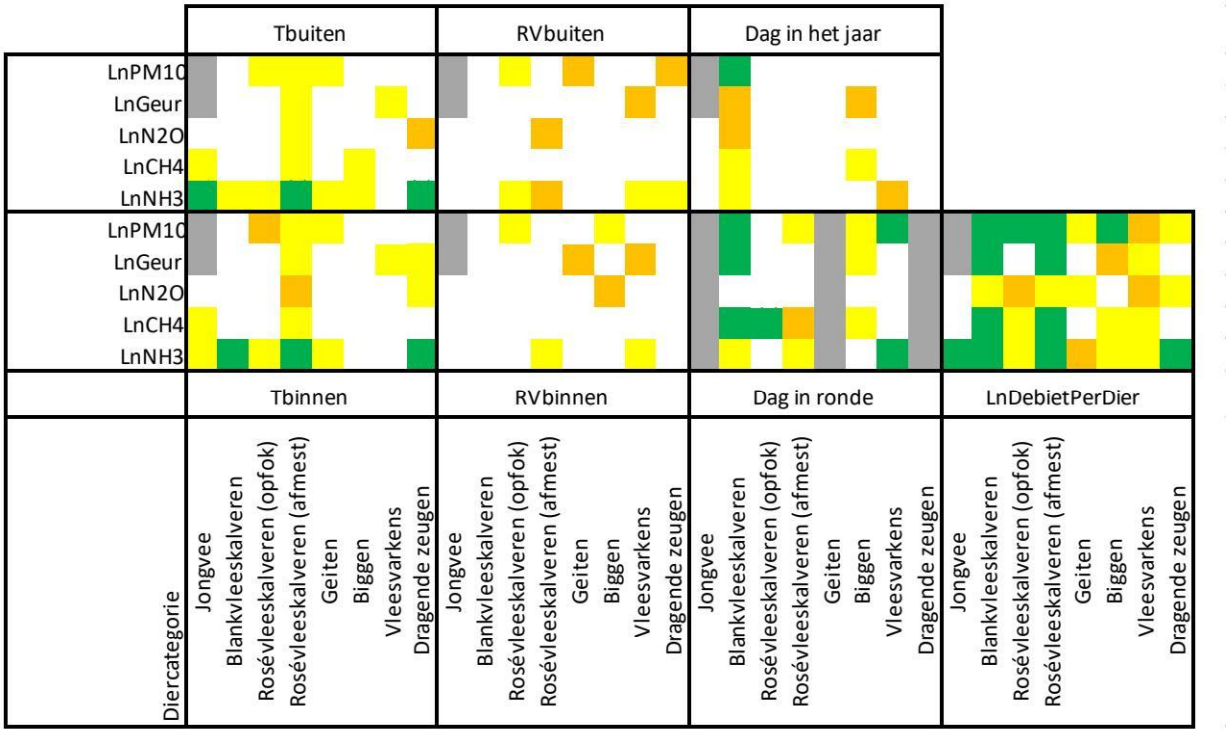
	Component	CV-tussen [%]	CV-binnen [%]		Component	CV-tussen [%]	CV-binnen [%]
Jongvee	NH_3	37 (4)	26 (35)	Geiten	NH_3	12 (5)	32 (39)
	CH_4	22 (4)	26 (35)		CH_4	14 (5)	22 (40)
	N_2O	68 (4)	73 (35)		N_2O	28 (5)	104 (40)
	Geur	---	---		Geur	31 (2)	43 (12)
	PM10	---	---		PM10	13 (2)	40 (12)
Blankvleeskalveren	NH_3	25 (6)	27 (38)	Biggen	NH_3	38 (8)	42 (53)
	CH_4	45 (4)	59 (26)		CH_4	98 (8)	70 (52)
	N_2O	49 (4)	68 (26)		N_2O	127 (8)	108 (54)
	Geur	37 (6)	58 (38)		Geur	62 (6)	84 (30)
	PM10	46 (4)	58 (26)		PM10	18 (4)	40 (21)
Rosévleeskalveren (opfok)	NH_3	16 (4)	43 (32)	Vleesvarkens	NH_3	32 (8)	47 (53)
	CH_4	24 (4)	56 (32)		CH_4	65 (8)	44 (53)
	N_2O	13 (4)	39 (32)		N_2O	48 (8)	92 (45)
	Geur	--- (2)	47 (12)		Geur	28 (6)	62 (33)
	PM10	--- (2)	69 (12)		PM10	46 (4)	37 (23)
Rosévleeskalveren (afmest)	NH_3	38 (4)	52 (34)	Dragende zeugen	NH_3	40 (6)	26 (40)
	CH_4	32 (4)	55 (33)		CH_4	23 (6)	31 (40)
	N_2O	63 (4)	72 (33)		N_2O	55 (6)	45 (37)
	Geur	--- (2)	75 (12)		Geur	45 (2)	34 (10)
	PM10	--- (2)	89 (13)		PM10	50 (2)	26 (10)



Figuur 8.1 *Per component en diercategorie, de geschatte variatiecoëfficiënten binnen en tussen bedrijven.*

Doel 3. De mate van samenhang tussen gemeten emissies en bedrijfsfactoren vast te stellen.

Zoals hierboven is aangegeven is in de praktijk sprake van een grote variatie in stalemissies. Deze variatie is het gevolg van veranderende bedrijfsfactoren. Daarnaast kan het effect van een bepaalde factor op de emissies van NH_3, CH_4, N_2O, geur en PM10 verschillend zijn, aangezien deze componenten via verschillende processen en bronnen worden geproduceerd. In Figuur 8.2 wordt de significantie van de correlatie tussen een aantal management en omgevingsfactoren en de emissies van de verschillende componenten bij verschillende diercategorieën grafisch (door middel van een kleurenschema) weergegeven. Van de onderzochte parameters had het ventilatiedebiet per dier (op Ln-schaal), het meest significante correlatie met de emissies. De emissies van N_2O en geur lijken niet (lineair) met de onderzochte parameters (met de uitzondering van het ventilatiedebiet per dier) samen te hangen. Voor CH_4 zijn de emissies met zowel het ventilatiedebiet als met de dag in de productieronde gecorreleerd. Voor NH_3 en PM10 hebben naast het ventilatiedebiet ook de buitentemperatuur (met name voor NH_3), en de dag in de productieronde (voor de diercategorieën met een groeitraject; gerelateerd aan diergewicht) een significante correlatie met de emissies. Voor de geiten hebben ook de melkproductie en het melkureum een significante correlatie met de NH_3-emissies, maar niet met de andere emissies (CH_4, N_2O, geur en PM10). Voor alle diercategorieën is te zien dat het ventilatiedebiet en de NH_3-emissie het jaarpatroon van de buitentemperatuur volgen, met hogere waarden bij de warme (zomer)maanden. Voor CH_4 is dit effect minder zichtbaar. In Tabel 8.4 wordt, voor de meest significante (P<0,05) responsvariabelen, de richtingscoëfficiënt van de relatie tussen de emissies per emissiecomponent en deze responsvariabelen gerapporteerd.



Figuur 8.2 *Per diercategorie, significantie (P-waarde) van het richtingscoëfficiënt van de relatie tussen de emissies per emissiecomponent (op Ln-schaal) en diercategorie, en een aantal management- en omgevingsfactoren. P≤0,001: sterk significant (groen); 0,001<P<0,05: significant (geel); 0,05≤P<0,10: zwak significant (oranje); P>0,10: niet significant (geen kleur). Grijs: niet gemeten of niet van toepassing.*

Tabel 8.4 *Richtingscoëfficiënt van de relatie tussen de emissies per emissiecomponent (op Ln-schaal) en diercategorie, en de meest significante (P<0,05) responsvariabelen (zie hoofdstuk 3.3.3).*

	Diercategorie	Ln(DebietPerDier)	Tbuiten	Dag in ronde	Melkproductie	Melkureum
LN(NH_3)	Jongvee	0,59	0,032			
	Blankvleeskalveren	0,52	0,021	0,002		
	Rosévleeskalveren (opfok)	0,50	0,043			
	Rosévleeskalveren (afmest)	0,75	0,051	0,005		
	Geiten		0,023		0,34	0,051
	Biggen	0,36	0,030			
	Vleesvarkens	0,39		0,007		
	Dragende zeugen	0,47	0,032			
LN(CH_4)	Jongvee		-0,023			
	Blankvleeskalveren	1,24		0,010		
	Rosévleeskalveren (opfok)	0,50		0,016		
	Rosévleeskalveren (afmest)	0,64	0,039			
	Geiten					
	Biggen	0,65	0,036	0,020		
	Vleesvarkens	0,33				
	Dragende zeugen					
LN(N_2O)	Jongvee					
	Blankvleeskalveren	0,83				
	Rosévleeskalveren (opfok)					
	Rosévleeskalveren (afmest)	0,63	0,044			
	Geiten	0,71				
	Biggen					
	Vleesvarkens					
	Dragende zeugen	0,39				
Ln(Geur)	Jongvee					
	Blankvleeskalveren	1,07		0,007		
	Rosévleeskalveren (opfok)					
	Rosévleeskalveren (afmest)	0,85	0,074			
	Geiten					
	Biggen			0,031		
	Vleesvarkens	0,77	0,051			
	Dragende zeugen					
Ln(PM10)	Jongvee					
	Blankvleeskalveren	1,25		0,009		
	Rosévleeskalveren (opfok)	0,97	0,079			
	Rosévleeskalveren (afmest)	1,13	0,094	0,014		
	Geiten	0,50	0,038			
	Biggen	0,85		0,024		
	Vleesvarkens			0,011		
	Dragende zeugen	0,53				

Doel 4. Ervaring opdoen met directe bedrijfsmonitoring met sensoren.

In het huidige ammoniakmeetprotocol (Ogink e.a., 2017) wordt voor het bepalen van ammoniakemissiefactoren voor huisvestingssystemen minimaal zes metingen per locatie op minimaal vier meetlocaties voorgeschreven. Deze metingen dienen met erkende meetmethoden te worden uitgevoerd (referentiemethode, of een andere methode waar de gelijkwaardigheid met de referentiemethode is aangetoond) en over de seizoenen en (waar van toepassing) de productieroden gelijkmatig te worden verdeeld. Dit meetschema is voorgeschreven om rekening te houden met de variatie in klimaat en groeistadia van de dieren (variatie binnen bedrijven) en verschillen in management (variatie tussen bedrijven). Voor vergunningverlening (toelaatbare emissie van een specifieke locatie) is de huidige manier van werken (middelvoorschriften op basis van emissiefactoren) ongunstig voor veehouders die door hun bedrijfsmanagement de emissies lager (dan de emissiefactor) kunnen krijgen. Voor deze bedrijven zou het continue kunnen monitoren van de emissies op hun bedrijf (bedrijfsmonitoring), oftewel werken met doelvoorschriften in plaats van met middelvoorschriften, een positieve uitkomst zijn, door de werkelijke emissies op hun bedrijf direct inzichtelijk te kunnen maken.

Om ervaring met bedrijfsmonitoring met sensoren op te doen zijn binnen dit project voor NH_3, CH_4 en CO_2 continue concentratiemetingen met sensoren uitgevoerd. Dit naast het regulier uitvoeren van protocollaire metingen (met erkende meetmethoden), die ook voor controle/validatie van de absolute concentratieniveaus van de sensoren zijn ingezet. Bedrijfsmonitoring met sensoren (continue metingen) voldeed over het algemeen aan de criteria voor de hypothese dat continue en protocollaire metingen niet significant verschillend zijn (Tabel 8.5 voor NH_3, en Tabel 8.6 voor CH_4). Het verschil (Tabel 8.7; zowel op basis van alle waarnemingen als op basis van alleen de dagen waar protocollaire metingen zijn uitgevoerd) was voor zowel NH_3 als voor CH_4, en voor alle diercategorieën (met uitzondering van de NH_3-emissie bij blankvleeskalveren) <10% (en in de meeste gevallen <5%).

Tabel 8.5 *Resultaten uit de enkelvoudige lineaire regressie van de relatie tussen continue en protocollaire emissiemetingen (Continu = a*Protocollair + b) en de gepaarde dubbelzijdig t-toets van de verschillen (Continu-Protocollair) voor NH_3. Getoetst wordt of het voldaan wordt aan de criteria voor de hypothese dat continue- en protocollaire metingen niet significant verschillend zijn. Voor toelichting over de parameters en criteria zie hoofdstuk 3.3.3.*

	P_{CO2} = a*MV + b			t-toets	Aantal	Procentueel
	Helling	Snijpunt			metingen	verschil
	a	b	P-waarde	P-waarde	n	PV
Criteria →	**0,90 < a < 1,10**	**---**	**P>0,10**	**P>0,10**	**n≥24**	**-0,10 < PV < 0,10**
Jongvee	0,86	0,67	0,12	0,18	35	-0,04
Blankvleeskalveren	0,93	0,25	0,09	0,17	26	-0,02
Rosévleeskalveren (opfok)	1,00	0,11	0,39	0,01	32	0,04
Rosévleeskalveren (afmest)	0,96	0,21	0,03	0,23	33	0,02
Geiten	0,97	-0,08	0,78	0,02	39	-0,05
Biggen	0,92	0,04	0,18	0,71	31	-0,01
Vleesvarkens	0,97	0,09	0,45	0,63	31	0,01
Dragende zeugen	1,05	-0,16	0,31	0,20	30	0,02

Tabel 8.6 *Resultaten uit de enkelvoudige lineaire regressie van de relatie tussen continue en protocollaire emissiemetingen (Continu = a*Protocollair + b) en de gepaarde dubbelzijdig t-toets van de verschillen (Continu-Protocollair) voor CH_4. Getoetst wordt of het voldaan wordt aan de criteria voor de hypothese dat continue- en protocollaire metingen niet significant verschillend zijn. Voor toelichting over de parameters en criteria zie hoofdstuk 3.3.3.*

	P_{CO2} = a*MV + b			t-toets	Aantal	Procentueel
	Helling	Snijpunt			metingen	verschil
	a	b	P-waarde	P-waarde	n	PV
Criteria →	**0,90 < a < 1,10**	**---**	**P>0,10**	**P>0,10**	**n≥24**	**-0,10 < PV < 0,10**
Jongvee	0,95	0,71	0,80	0,22	35	-0,03
Blankvleeskalveren	0,97	0,30	0,45	0,11	26	-0,02
Rosévleeskalveren (opfok)	0,99	0,72	0,28	0,13	32	0,01
Rosévleeskalveren (afmest)	0,95	3,65	0,07	0,47	32	-0,01
Geiten	0,77	4,64	0,01	0,03	39	-0,04
Biggen	0,90	0,38	0,29	0,26	28	-0,05
Vleesvarkens	0,89	1,87	0,01	0,40	28	-0,01
Dragende zeugen	0,98	0,75	0,51	0,91	30	0,00

Tabel 8.7 *Relatief verschil tussen protocollaire metingen en continue metingen, op basis van alle meetdagen en van alleen de dagen waar simultaan continue en protocollaire metingen zijn uitgevoerd.*

	Continue/protocollaire metingen [%]			
	Op basis van alle metingen		Op basis van simultane metingen	
Diercategorie	**NH_3-emissie**	**CH_4-emissie**	**NH_3-emissie**	**CH_4-emissie**
Jongvee	98	97	96	97
Blankvleeskalveren	84	96	98	98
Rosévleeskalveren	106	104	103	100
Geiten	100	105	96	95
Biggen	99	95	100	107
Vleesvarkens	95	91	101	99
Dragende zeugen	102	95	102	100

Doel 5. Toepasbaarheid van de CO_2-tracergas ratiomethode.

In het huidige meetprotocol wordt de tracergas-ratiomethode voorgeschreven voor de bepaling van het ventilatiedebiet uit natuurlijk geventileerde stallen,. Naast een kunstmatig geïnjecteerd tracergas is het ook mogelijk om CO_2 (natuurlijk aanwezig tracergas) te gebruiken. Deze methode (CO_2-tracergas ratiomethode) maakt gebruikt van een aantal rekenregels (Pedersen en Sällvik, 2002; Pedersen e.a., 2008) voor de bepaling van de dierlijke CO_2-productie. De toepasbaarheid van deze rekenregels voor een aantal diercategorieën is in Mosquera e.a. (2010) geëvalueerd door een vergelijking met gelijktijdig uitgevoerde metingen met meetwaaiers in de ventilatiekoker. Conclusie uit dit onderzoek was dat de metingen met de CO_2-ratio methode en meetwaaiers goed met elkaar overeenkwamen voor vleeskuikens, vleesvarkens, dragende zeugen en biggen.

In dit project is de toepasbaarheid van het CO_2-productiemodel met de huidige rekenregels (Pedersen en Sällvik, 2002; Pedersen e.a., 2008) voor varkens (biggen, vleesvarkens, dragende zeugen) opnieuw geëvalueerd, en voor andere diercategorieën (geiten, vleeskalveren) onderzocht. De analyse is gedaan door middel van een enkelvoudige lineaire regressie (op Ln-schaal) op basis van de uitgevoerde protocollaire metingen, en een gepaarde t-toets (zie hoofdstuk 3.3.3). De vergelijking was gebaseerd op een directe bepaling van het ventilatiedebiet met *meetwaaiers* (referentie) en een indirecte bepaling door middel van het CO_2-tracergas ratiomethode (PCO2):

$$Ln(Debiet_{PCO2}) = a * Ln(Debiet_{MV}) + b$$

In Tabel 8.8 worden de waarden van de regressieparameters *a* en *b*, de verklaarde variatie (%) van het model (waarden op Ln-schaal), en het verschil (%) tussen beide methoden (waarden op oorspronkelijke schaal) weergegeven. De resultaten uit dit onderzoek laten zien dat het over het algemeen aan de criteria voor gelijkwaardigheid van directe (meetwaaiers) en indirecte (P_{CO2}) bepalingen van het ventilatiedebiet wordt voldaan voor de diercategorieën varkens (biggen, vleesvarkens, dragende zeugen) en geiten. Bij deze diercategorieën is het procentueel verschil tussen beide methoden <10%. Voorwaarde is een nauwkeurige registratie van de benodigde inputparameters, zoals ook in Mosquera e.a. (2010) is geconcludeerd. De resultaten in dit rapport laten zien dat de pot bij de geiten een belangrijke bron van CO_2 was (gemiddeld: 39% van de CO_2-productie uit de dieren), en toenam met de potdikte tot een dikte van 50-60 cm. Een aanvullende eis voor de toepassing van de ratio-methode bij geiten is dat de CO_2-productie uit de pot (voor verschillende potdiktes) nauwkeurig dient te worden bemeten. Voor vleeskalveren (zowel blank als rosé) wordt aan de meeste criteria niet voldaan, en is het procentueel verschil tussen beide methoden >10%.

Tabel 8.8 *Resultaten uit de enkelvoudige lineaire regressie van de relatie tussen indirecte (PCO2) en directe (MV) bepalingen van het ventilatiedebiet (PCO2 = a*MV + b) en de gepaarde dubbelzijdig t-toets van de verschillen (PCO2-MV). Getoetst wordt of het voldaan wordt aan de criteria voor de hypothese dat continue- en protocollaire metingen niet significant verschillend zijn. Voor toelichting over de parameters en criteria zie hoofdstuk 3.3.3.*

	P_{CO2} = a*MV + b				**Aantal**	**Procentueel**
	Helling	**Snijpunt**		**t-toets**	**metingen**	**verschil**
	a	**b**	**P-waarde**	**P-waarde**	**n**	**PV**
Criteria →	**0,90 < a < 1,10**	**---**	**P>0,10**	**P>0,10**	**n≥24**	**-0,10 < PV < 0,10**
Jongvee	---	---	---	---	---	---
Blankvleeskalveren (lineair model)	0,45	59,6	<0,001	0,01	26	0,18
Blankvleeskalveren (niet-lineair model)	0,99	15,4	0,077	<0,001	26	0,18
Rosévleeskalveren (opfok)	0,84	18,3	0,085	0,008	31	0,19
Rosévleeskalveren (afmest)	0,60	72,6	0,003	0,008	34	0,23
Geiten	1,03	-0,73	0,84	0,43	12	0,02
Biggen	1,01	0,57	0,21	0,01	26	0,08
Vleesvarkens	0,86	1,61	0,16	0,01	39	-0,07
Dragende zeugen	1,03	-2,26	0,13	0,04	30	-0,03

Literatuur

Beurskens, A.C.G., J.M.G. Hol. 2004. Onderzoek naar de ammoniak- en geuremissie van stallen LXI; Stal voor vleeskalveren (witvlees productie). A&F rapport 220.

Beurskens, A.C.G., M.J.M. Wagemans, J.M.G. Hol. 2004a. Onderzoek naar de ammoniak- en geuremissie van stallen LXII; Stal voor vleeskalveren (rosévlees productie). Agrotechnology and Food Innovations rapport 331.

Beurskens, A.G.C., P. de Gijsel, J.M.G. Hol. 2004b. Geuremissie van een stal voor melkgeiten. Agrotechnology and Food Innovations rapport 95.

Blanken, K., A. Evers, I. Groeneveld, H. Niyonsaba, W. Ouweltjes, J. Verkaik, I. Vermeij, H. Wemmenhove. 2022. Kwantitatieve Informatie Veehouderij (KWIN) 2022-2023. Wageningen University & Research Handboek 46.

Gerrits, W.J.J., J. Dijkstra, A. Bannink. 2014. Methaanproductie bij witvleeskalveren. Wageningen Livestock Research Rapport 813.

Gilbert, M.S., Y. Cai, G. Folkerts, S. Braber, W.J.J. Gerrits. 2023. Effects of non-digestible oligosaccharides on inflammation, lung health and performance of calves. Journal of Dairy Science (article in press; https://doi.org/10.3168/jds.2023-23887).

Groenestein, C.M., A. J. A. Aarnink. 2008. Notitie over leegstand ten behoeve van het berekenen van een emissiefactor van een stal. Animal Science Group Intern rapport 200808.

Groenestein, C.M., S. Bokma, N.W.M. Ogink. 2014a. Actualisering ammoniakemissiefactoren vleeskalveren tot circa 8 maanden. Wageningen Livestock Research Rapport 778.

Groenestein, C.M., A.J.A. Aarnink, N.W.M. Ogink. 2014b. Actualisering ammoniakemissiefactoren vleesvarkens en biggen. Advies herberekening op basis van welzijnseisen. Wageningen Livestock Research Rapport 786.

Groenestein, C.M., A.J.A. Aarnink, H. Ellen, S. Bokma, P. Bikker. 2017. PAS-referenties huisvesting landbouwhuisdieren. Wageningen Livestock Research Rapport 1083.

Hol, J.W.G. en C.M. Groenestein. 1997. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XXXI: verschillende huisvestingssystemen voor vleeskalveren. DLO Rapport 97-1001.

Huis in 't Veld, J.W.H., E. Evers, G. Mol. 2002. Onderzoek naar de ammoniak- en geuremissie van stallen LVII; Natuurlijk geventileerde potstal voor melkgeiten. IMAG Rapport 2002-18.

IPCC (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Intergovernmental Panel on Climate Change.

Lagerwerf, L.A., A. Bannink, C. van Bruggen, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, J.W.H. van der Kolk, H.H. Luesink, S.M. van der Sluis, G.L. Velthof en J. Vonk. 2019. Methodology for estimating emissions from agriculture in the Netherlands. Calculations of CH4, NH3, N2O, NOx, NMVOC, PM10, PM2.5 and CO2 with the National Emission Model for Agriculture (NEMA) – update 2019. Wageningen, The Statutory Research Tasks Unit for Nature and the Environment. WOt-technical report 148.

Melse, R.W., J.P.M. Ploegaert, N.W.M. Ogink. 2016. Laboratory tests of Draeger Polytron 8000 with FL-6813260 sensor for NH3 measurement. Wageningen Livestock Research Report 972.

Monteny, G.J. en W. van Hoof. 2020. Emissiearme vleeskalverstallen, deelrapport fase 3. Case/control metingen aan emissiereducerende systemen voor wit-/blankvleeskalveren gedurende 2 afmestperiodes in 2018/2019 in Someren (Noord-Brabant).

Mosquera, J., J.M.G. Hol, N.W.M. Ogink. 2008. Analyse ammoniakemissieniveau's van praktijkbedrijven in de varkenshouderij (1990-2003). ASG Rapport 135.

Mosquera, J., J.M.G. Hol, C.M. Groenestein. 2010. Evaluatie van de CIGR methode voor de bepaling van het ventilatiedebiet uit stallen. Wageningen Livestock Research Rapport 429.

Mosquera, J., J.M.G. Hol, A. Winkel, J.W.H. Huis in 't Veld, F.A. Gerrits, N.W.M. Ogink, A.J.A. Aarnink. 2011a. Fijnstofemissie uit stallen: melkvee. Wageningen Livestock Research Rapport 296.

Mosquera, J., J.M.G. Hol, A. Winkel, G.M. Nijeboer, N.W.M. Ogink, A.J.A. Aarnink. 2011b. Fijnstofemissie uit stallen: dragende zeugen. Wageningen Livestock Research Rapport 294.

Mosquera, J., J.M.G. Hol, A. Winkel, E. Lovink, N.W.M. Ogink, A.J.A. Aarnink. 2011c. Fijnstofemissie uit stallen: vleesvarkens. Wageningen Livestock Research Rapport 292.

Mosquera, J., J.P.M. Ploegaert, G.M. Nijeboer, J.M.G. Hol, R.W. Melse, N.W.M.Ogink. 2017a. Onderzoek naar de nauwkeurigheid van een nieuw type sensor voor ammoniakconcentraties in stallucht. Wageningen Livestock Research Rapport 1042.

Mosquera, J., T. van Hattum, G.M. Nijeboer, J.M.G. Hol, H.J.C. van Dooren en S. Bokma. 2017b. Effect of floor type on the ammonia and odour emission from veal calves housing. Wageningen University & Research Rapport 980.

Mosquera, J., J.P.M. Ploegaert, G.C.C. Kupers. 2019. Determination of ammonia concentrations in air from livestock housing systems. Reference method using gas washing as applied by Wageningen Livestock Research. Wageningen Livestock Research Rapport 1187.

Mosquera, J., J.P.M. Ploegaert, G.C.C. Kupers. 2020. Determination of carbon dioxide concentrations in air from livestock housing systems. Reference method using the lung method as applied by Wageningen Livestock Research. Wageningen Livestock Research Rapport 1284.

Mosquera, J., H.J.C. van Dooren, J.M.G. Hol, L. Workel, J.P.M. Ploegaert, N.W.M. Ogink. 2022a. Monitoring van methaan-, ammoniak-, en lachgasemissies uit stallen voor rosé vleeskalveren. Praktijkmetingen in de periode oktober 2018-oktober 2020. Wageningen Livestock Research Rapport 1376.

Mosquera, J., H.J.C. van Dooren, J.M.G. Hol, J.P.M. Ploegaert, N.W.M. Ogink. 2022b. Monitoring van methaan-, ammoniak-, en lachgasemissies uit twee natuurlijk geventileerde geitenstallen. Praktijkmetingen in de periode oktober 2018-oktober 2020. Wageningen Livestock Research Rapport 1378.

Mosquera, J., H.J.C. van Dooren, J.M.G. Hol, J.P.M. Ploegaert, N.W.M. Ogink. 2022c. Monitoring van methaan-, ammoniak-, en lachgasemissies uit stallen voor biggen, dragende zeugen en vleesvarkens. Praktijkmetingen in de periode oktober 2018-oktober 2020. Wageningen Livestock Research Rapport 1377.

Mol, G., N.W.M. Ogink. 2002. Geuremissies uit de veehouderij II: Overzichtsrapportage 2000-2002. IMAG-rapport 2002-09.

NEN-EN 12341. 1998. Luchtkwaliteit - bepaling van de pm10 fractie van zwevend stof - referentiemethode en veldonderzoek om de referentiegelijkwaardigheid aan te tonen van meetmethoden, Nederlands Normalisatie-instituut, Delft.

NEN-EN 14907. 2005. Ambient air quality - standard gravimetric measurement method for the determination of the pm2,5 mass fraction of suspended particulate matter, Nederlands Normalisatie-instituut, Delft.

Ogink, N.W.M., G. Mol. 2002. Uitwerking van een protocol voor het meten van de geuremissie uit stallocaties en stalsystemen in de veehouderij. IMAG nota P 2002-57.

Ogink, N.W.M. 2016. Vaststelling van geuremissiefactoren in de Regeling geurhinder en veehouderij op basis van geuremissie-onderzoek. Wageningen Livestock Research 391.

Ogink, N.W.M. en P.N. Lens, 2001. Geuremissies uit de Veehouderij. Overzichtsrapportage van geurmetingen in de varkenshouderij, pluimveehouderij en rundveehouderij. IMAG-rapport 2001-14.

Ogink, N.W.M., C.M. Groenestein, J. Mosquera. 2014. Actualiseren ammoniakemissiefactoren rundvee: advies voor aanpassing in de Regeling ammoniak en veehouderij. Wageningen Livestock Research Rapport 744.

Ogink, N.W.M., Mosquera, J., Hol, J.M.G., (2017). Protocol voor meting van ammoniakemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2013a. Wageningen Livestock Research, WLR Rapport 1032.

Pedersen, S., en K. Sällvik. 2002. 4th Report of Working Group on Climatization of animal houses. Heat and moisture production at animal and house levels.

Pedersen, S., V. Blanes-Vidal, M.J.W. Heetkamp, en A.J.A. Aarnink. 2008. Carbon dioxide production in animal houses: A literature review. Agricultural Engineering International: CIGR E journal. Manuscript BC 08 008, Vol. X. December, 2008.

Ruyssenaars, P.G., L. van der Net, P.W.H.G. Coenen, J.D. Rienstra ,P.J. Zijlema, E.J.M.M. Arets, K. Baas, R. Dröge, G. Geilenkirchen, M. 't Hoen, E. Honig, B. van Huet, E.P. van Huis, W.W.R. Koch, R.M. te Molder, J.A. Montfoort, T. van der Zee. 2022. Greenhouse gas emissions in the Netherlands 1990–2020. National Inventory Report 2022. RIVM Report-2022-0005.

Van Bruggen, C., A. Bannink, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, L.A. Lagerwerf, H.H. Luesink, M.B.H. Ros, G.L. Velthof, J. Vonk, T. van der Zee. 2021. Emissies naar lucht uit de landbouw berekend met NEMA voor 1990-2019. WOt-technical report 203.

Van der Peet, G., F. Leenstra, I. Vermeij, N. Bondt, L. Puister, J. van Os. 2022. Feiten en cijfers over de Nederlandse veehouderijsectoren 2018. Wageningen University & Research Rapport 1134.

Winkel, A., J. Mosquera, J.M.G. Hol, T.G. van Hattum, E. Lovink, N.W.M. Ogink en A.J.A. Aarnink. 2011. Fijnstofemissie uit stallen: biggen. Wageningen Livestock Research Rapport 293.

Zee, van der T., A. Bannink, C. van Bruggen, K. Groenestein, J. Huijsmans, J. van der Kolk, L. Lagerwerf, H. Luesink, G. Velthof, J. Vonk. 2021. Methodology for estimating emissions from agriculture in the Netherlands Calculations for CH_4, NH_3, N_2O, NO_x, NMVOC, PM10, PM2.5 and CO_2 using the National Emission Model for Agriculture (NEMA) – Update 2021. DOI 10.21945/RIVM-2021-0008.

Zhao, Y., A.J.A. Aarnink, P. Hofschreuder, en P.W.G. Groot Koerkamp. 2009. Validation of cyclone as a pre-separator for airborne dust sampling in animal houses. Aerosol Science 40, 868 – 878.

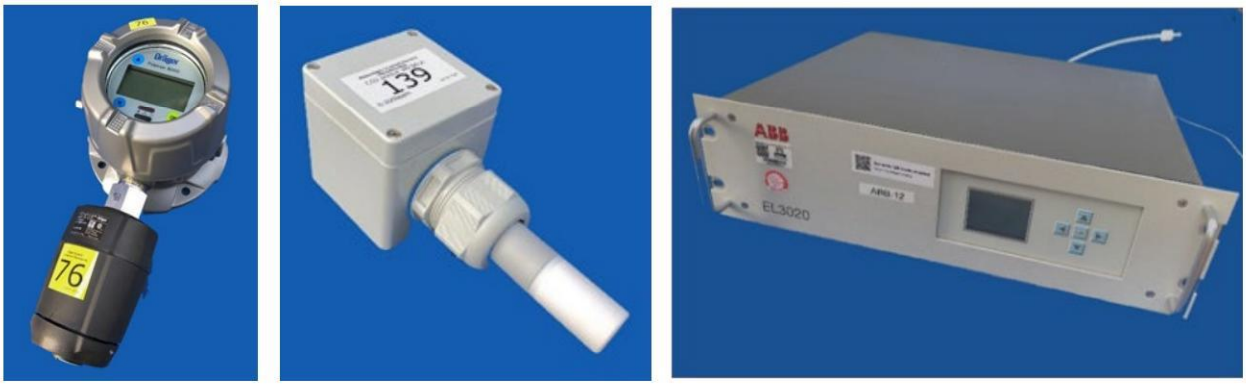
Bijlage A Meetapparatuur

A1 Continue metingen (concentraties)

Het instrument dat tijdens dit onderzoek door WLR is gebruikt om de NH_3-concentraties in stallen continue te monitoren (Figuur A1) is gebaseerd op de diffusie van lucht door een membraan in de vloeibare elektrolytoplossing van een elektrochemische sensor (Dräger Polytron 8000 met de FL-6813260 sensor). In deze elektrolytoplossing is een aantal elektroden geplaatst. In de elektrolytoplossing vindt een chemische omzetting plaats. De omvang van deze omzetting is een maatstaf voor de hoeveelheid aanwezig NH_3 in het luchtmonster. De prestatiekenmerken van dit instrument in het lab en onder praktijkomstandigheden zijn door respectievelijk Melse e.a. (2016) en Mosquera e.a. (2017a) beschreven.

Voor het meten van de CO_2-concentraties in stallen is in dit onderzoek door WLR gebruik gemaakt van een passieve *Non-dispersive infrared* (NDIR)-sensor (Figuur A1; Vaisala CARBOCAP® met GMP252 sensor). Het meetprincipe van dit instrument is gebaseerd op de absorptie van infrarood licht door gasmoleculen. Het instrument vergelijkt twee verschillende signalen: 1) door het luchtmonster bloot te stellen aan infrarood licht met een golflengte die door CO_2 wordt geabsorbeerd, en 2) door een golflengte te gebruiken die niet door CO_2 wordt geabsorbeerd. De verhouding tussen deze twee signalen wordt dan gebruikt om de CO_2-concentratie in het luchtmonster te bepalen.

Voor het meten van de CH_4-concentraties in stallen wordt in dit onderzoek door WLR gebruik gemaakt van een NDIR-monitor (Figuur A1; ABB EasyLine EL3000 met Uras26 sensor). Zoals hierboven aangegeven maakt NDIR gebruik van de eigenschap van gasmoleculen om infrarood licht te absorberen. Ook hier worden twee signalen met elkaar vergelijken (een door het luchtmonster bloot te stellen aan infrarood licht in een golflengte die door CH_4 wordt geabsorbeerd, en een tweede door hetzelfde infrarood licht door een referentie cel (gevuld met een gas die het infrarood licht niet absorbeert zoals N_2) te laten passeren) om de CH_4-concentratie in het luchtmonster te bepalen.



Figuur A1 *Links: Dräger Polytron 8000 met de FL-6813260 sensor voor NH_3-concentratiemetingen. Midden: Vaisala CARBOCAP® met GMP252 sensor voor CO_2-concentratiemetingen. Rechts: ABB EasyLine EL3000 met Uras26 sensor voor CH_4-concentratiemetingen.*

A2 Protocollaire metingen (concentraties)

A2.1 NH_3: Natchemisch met wasflessen en impingers

Deze methode wordt uitgebreid in Mosquera e.a. (2019) beschreven. Bij de nat-chemische methode wordt de lucht via een monsternameleiding met een constante luchtstroom (tussen 0,5-1,0 l/min) aangezogen met behulp van een pomp (Thomas Industries Inc., model 607CD32, Wabasha, Minnesota, VS) en een kritische capillair die een luchtstroom geeft van ~1,0 l/min. Alle lucht wordt door een impinger (geplaatst in een wasfles met 100 ml 0,05 M salpeterzuur) geleid, waarbij de NH_3 wordt opgevangen. Om rekening te houden met eventuele doorslag wordt een tweede fles in serie geplaatst. Om doorslag naar de pomp te voorkomen wordt de lucht na de impingers met zuur door een vochtvanger (impinger zonder vloeistof) geleid (zie foto hieronder). Na de bemonsteringstijd wordt de concentratie gebonden NH_3 spectrofotometrisch bepaald. Voor en na de meting werd de exacte luchtstroom bepaald met behulp van een flowmeter (Defender 510-m, Bios Int. Corp, USA; zie foto hieronder). Door de bemonsteringsduur, de bemonsteringsflow, het NH_4^+ gehalte en de hoeveelheid opvangvloeistof te verrekenen kan de NH_3-concentratie in de bemonsterde lucht worden bepaald.



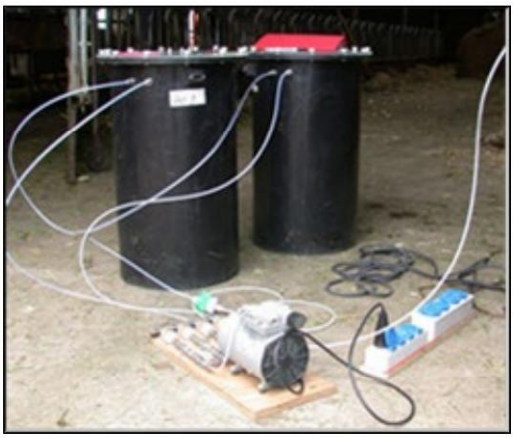
Figuur A2 *Meetopstelling WLR voor NH_3- protocollaire metingen. Links: wasflessen. Midden: Droge gasstroommeter (DryCal® Defender 510-m, Bios Int. Corp, VS). Rechts: pomp (Thomas Industries Inc., model 617CD32, Wabasha, Minnesota, VS), monsternameleiding (teflon of polyethyleen) en kritische openingen (borosilicaatglas (diameter: 8 mm; lengte: 80 mm), gehuisvest in a roestvrijstaal container voor bescherming).*

A2.2 Geur en broeikasgassen (CO_2, CH_4 en N_2O): Longmethode

Bij de toepassing van de longmethode (Ogink en Mol, 2002) wordt eerst een 40 liter Nalophan monsterzak in een gesloten vat geplaatst. Door lucht uit het vat met behulp van een pomp (Thomas Industries Inc., model 607CD32, Wabasha, Minnesota, VS) via een teflon/PE-slang te zuigen, ontstaat in het vat onderdruk en wordt de te bemonsteren lucht aangezogen in de zak. Deze methode wordt (voor CO_2) uitgebreid in Mosquera e.a. (2020) beschreven.

Bij de bepaling van de broeikasgasconcentraties (CO_2, CH_4 en N_2O) wordt de monsterzak gedurende 24 uur continu gevuld met een vaste luchtstroom van 0,02 l/min. Op deze wijze wordt een 24-uurs monster verkregen. Het gehalte aan broeikasgassen in het monster wordt in het laboratorium van Wageningen Livestock Research (WLR) met een gaschromatograaf (Interscience, Thermo Trace 1300 GC; kolom: Haysep Q; detector: CH_4: FID, N_2O: ECD, CO_2: TCD) bepaald.

Bij de bepaling van de geurconcentratie wordt gedurende twee uur (tussen 10:00 en 12:00 uur) stallucht aangezogen met een flow van circa 0,4 l/min. Voordat de lucht in een geurvrije zak wordt verzameld, wordt de lucht door een stoffilter geleid (type #1130, diameter: 50 mm, 1-2 µm, Savillex® Corp., Minnetonka, VS). De geurmonsters worden aangeboden aan het geurlaboratorium van BuroBlauw in Wageningen om geanalyseerd te worden volgens de Europese norm EN 13725 (CEN, 2003). Het geurlaboratorium is onder nummer L400 geaccrediteerd door de Raad voor Accreditatie te Utrecht voor het uitvoeren van geuranalyses.



Figuur A3 *Meetopstelling WLR voor geur- en broeikasgas- protocollaire metingen (via longmethode). Gesloten vaten met 40 liter Nalophan monsternamezakken voor luchtbemonstering, monsternameleiding (teflon of polyethyleen) en kritische openingen (borosilicaatglas (binnendiameter: 8 mm; lengte: 80 mm), ondergebracht in een roestvrijstalen container voor bescherming; flow: ~ 20 ml/min voor broeikasgassen, ~0,4 l/min voor geur). Lucht wordt met behulp van een pomp (Thomas Industries Inc., model 617CD32, Wabasha, Minnesota, VS) uit het vat gezogen, waardoor de lucht in de zakken wordt aangezogen.*

A2.3 PM10: gravimetrische methode

De gravimetrische meetmethode is er op gebaseerd om het verschil in gewicht van het filter voor en na de meting te bepalen om zodoende de hoeveelheid ingevangen stof vast te stellen. Omdat het bij deze meetmethode slechts om kleine gewichtsverschillen gaat is de meetmethode om het stof te verzamelen aan strikte randvoorwaarde verbonden. De apparatuur voor gravimetrische meting van PM10 is gebaseerd op de standaard referentie monsternamekoppen voor bepaling van PM10-concentraties in de buitenlucht (NEN-EN 12341, 1998; NEN-EN 14907, 2005). Het verschil tussen de gebruikte apparatuur en de standaard apparatuur voor de buitenlucht is dat de impactor voorafscheider is vervangen door een cycloon voorafscheider. Dit vanwege het gevaar van overbelading van de impactieplaat (Zhao e.a., 2009). In Hofschreuder e.a. (2008) worden correctielijnen vermeld voor omrekening van de concentraties gemeten met cycloon monsternamekoppen naar impactor monsternamekoppen. De volgende correcties zijn uitgevoerd:

PM10: < 222,6 µg/m^3: Y = 1,0877 X
> 222,6 µg/m^3: Y = 0,8304 X + 57,492

Voor de bepaling van de PM10-concentraties in de ingaande (achtergrond) en uitgaande stallucht wordt lucht door inlaat, cycloon en filter gezogen met monsternamepompen van het type Charlie HV (roterend, 6 m^3/uur, Ravebo Supply BV, Brielle; zie foto hieronder). De pompen worden geprogrammeerd op een flow van 1,0 m^3/uur en op een start- en eindtijd van de monsternameperiode.

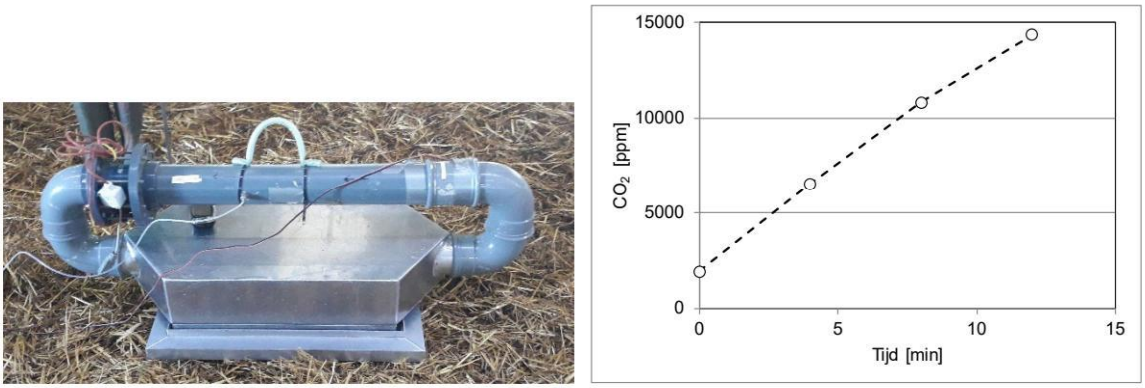


Figuur A4 *Gravimetrische methode voor het meten van PM10-concentraties. Lucht wordt door inlaat, cycloon en filter gezogen met behulp van monsternamepompen van het type Charlie HV (roterend, 6 m3/uur, Ravebo Supply BV, Brielle), geprogrammeerd op een flow van 1,0 m3/uur.*

PM10 wordt verzameld op glasvezelfilters met een diameter van 47 mm (type MN GF-3, Macherey-Nagel GmbH & Co., Düren, Duitsland), nadat de grotere stofdeeltjes worden afgescheiden met behulp van een PM10-cycloon (URG corp., Chapel Hill, VS). De filters worden voor en na de stofmonstername door BuroBlauw in Wageningen gewogen onder standaard condities: temperatuur 20 °C ± 1 °C en 50% ± 5% relatieve luchtvochtigheid (NEN-EN 14907, 2005). De hoeveelheid verzameld stof wordt bepaald door het verschil in gewicht te bepalen van het filter voor en na de monstername.

A3 Boxmetingen

Voor de boxmetingen wordt een fluxkamer van roestvrij staal gebruikt (Figuur A5). De kamer heeft een oppervlakte van 41 x 61 cm (0,250 m^2), en een inhoud van 0,068 m^3. Om een goed gemengde recirculatieluchtstroom over het gemeten gebied te creëren, is een ventilator geplaatst in de PVC-buis die inlaat en uitlaat verbindt. Via een PE-slang (1/4") worden gasmonsters uit de recirculatieluchtstroom genomen. Op elke plek (boxmeting) worden minimaal 4 gasconcentratiemetingen uitgevoerd nadat de kamer op de pot is geplaatst, om de toename in gasconcentratie te kunnen bepalen. Gasconcentraties worden elke 2 tot 4 minuten gemeten. Om rekening te houden met de ruimtelijke variatie in CO_2-productie uit de pot wordt deze procedure op verschillende plekken in de stal toegepast (Figuur A7), waardoor een gemiddelde CO_2-productie uit de pot kan worden bepaald. Na elke boxmeting wordt de fluxkamer enkele minuten geopend voordat de kamer naar een andere plek in de pot wordt verplaatst.

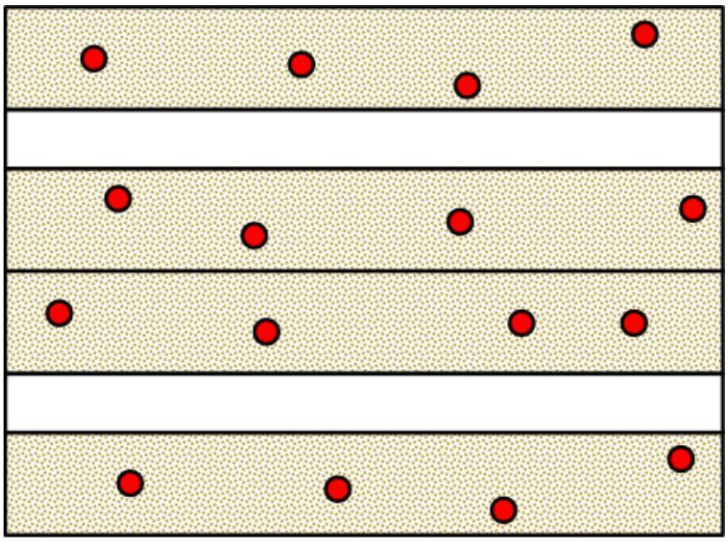


Figuur A5 *Boxmetingen (bij geitenstallen) om de CO_2-productie uit de pot te bepalen. Links: meetopstelling. Rechts: voorbeeld van toename in CO_2-concentratie*

Voor het meten van de gasconcentraties wordt gebruikt gemaakt van een fotoakoestische gasmonitor (Figuur A6). De meetprincipe is gebaseerd op het effect van infrarood licht op gassen. Als een gas wordt blootgesteld aan infrarood licht met een golflengte die dat gas absorbeert zal een deel van het licht worden geabsorbeerd. Als gevolg hiervan krijgt een aantal moleculen een hoger energieniveau wat leidt tot een stijging van temperatuur en druk. Valt het infrarood licht weg dan zullen de moleculen weer terugvallen naar hun oorspronkelijke energieniveau, temperatuur en druk zullen weer dalen. Wanneer een gas pulserend wordt belicht ontstaat een steeds wisselend druk die resulteert in een geluidsgolf die met behulp van microfoons kan worden gedetecteerd. De concentratie van het gas in een monster wordt dan door de sterkte van het signaal bepaald.



Figuur A6 *Twee voorbeelden van fotoakoestische gasmonitoren voor het meten van gasconcentraties bij boxmetingen. Links: Innova 1312 (LumaSense Technologies, Denemarken); Rechts: Gasera One (Gasera Ltd., Finland).*



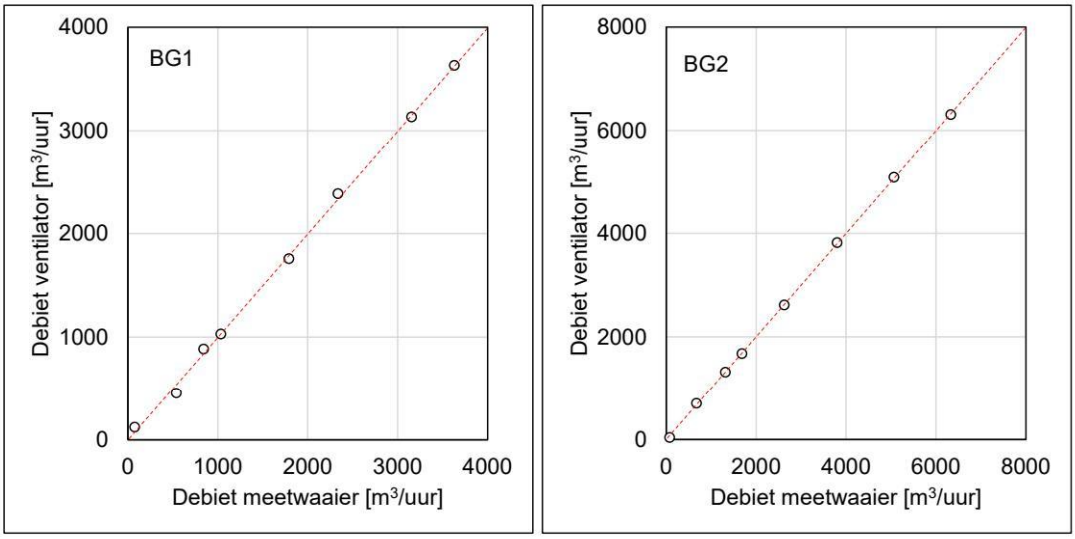
Figuur A7 *Schematische weergave van een geitenstal, en van de verschillende plekken in de pot waar boxmetingen worden uitgevoerd om rekening te houden met de ruimtelijke variatie in de CO_2-productie uit de pot.*

A4 Ventilatiedebiet

Voor de bepaling van het ventilatiedebiet zijn, afhankelijk van de diercategorie, verschillende methoden toegepast:

a) Gekalibreerde meetwaaiers. De toegepaste meetwaaiers zijn in de windtunnels van Vostermans Ventilation BV te Venlo gekalibreerd. Deze meetwaaiers hadden dezelfde diameter als de stalventilatoren, en zijn (luchtdicht) aan de ventilatiekoker (onder de ventilatiekokers) bevestigd. Het signaal uit de meetwaaiers werd elke 5 minuten in een datalogsysteem (CR1000X; Campbell Scientific Inc., Logan, VS) opgeslagen. Op basis van het opgeslagen signaal en de kalibratielijn voor de verschillende meetwaaiers is het ventilatiedebiet bepaald.
b) Registratie via de klimaatcomputer: a) als signaal (in pulsen) uit de ventilatoren en toepassing van de standaard kalibratielijn van de aanwezige ventilatoren (Stienen, Fancom); of b) als percentage van de maximale capaciteit van de ventilatoren of direct als ventilatie in m^3/uur.
c) CO_2-productiemodel (deze methode is in Bijlage B toegelicht)

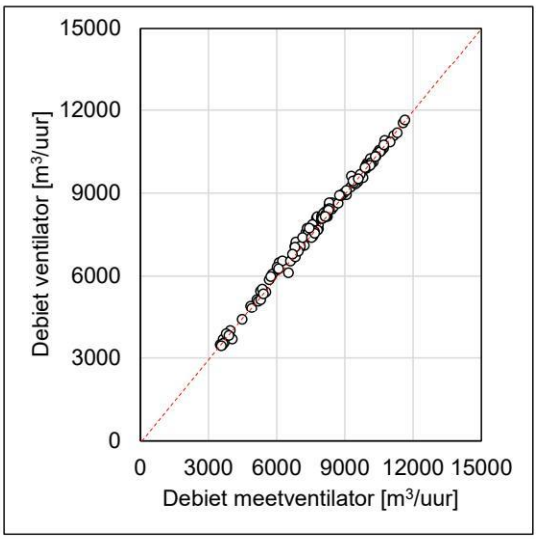
Voor varkens (biggen, vleesvarkens en dragende zeugen) is in 2010, op basis van beschikbare meetdata, een analyse uitgevoerd om deze drie methoden met elkaar te vergelijken (Mosquera e.a., 2010). Uit de analyse werd geconcludeerd dat de resultaten van het CO_2-productiemodel niet significant verschillend waren ten opzichte van gekalibreerde meetwaaiers of registratie via de klimaatcomputer. Voor varkens is het daardoor gekozen om in onderhavig onderzoek het ventilatiedebiet voornamelijk met gegevens uit de klimaatcomputer te bepalen. Deze gegevens zijn met behulp van het CO_2-productiemodel gecontroleerd. Daarnaast zijn op twee locaties (BG1 en BG2) meetwaaiers geplaatst, en de directe bepaling van het ventilatiedebiet met meetwaaiers met de gegevens uit de klimaatcomputer (gebruik makend van de standaard kalibratielijn van de aanwezige ventilatoren) vergeleken. Figuur A8 laat weinig verschillen tussen beide methoden zien.



Figuur A8 *Vergelijking tussen een directe bepaling van het ventilatiedebiet met meetwaaiers, en registratie via de klimaatcomputer bij twee biggenlocaties (BG1 en BG2).*

Het CO_2-productiemodel voor geiten was in 2010 (Mosquera e.a., 2010) niet gevalideerd. Evaluatie van het model is daardoor als specifiek doel in onderhavig onderzoek opgenomen. Echter, door het groot aantal ventilatoren in de stal en/of de grote diameter van de ventilatoren was het te kostbaar en soms niet mogelijk om eigen gekalibreerde meetwaaiers te installeren. Daardoor ie het besloten om binnen dit project voor mechanisch geventileerde **geitenstallen** het ventilatiedebiet op basis van gegevens uit de klimaatcomputer te bepalen, en deze gegevens met het CO_2-productiemodel te vergelijken.

Voor **vleeskalveren** is het CO_2-productiemodel in 2010 ook niet gevalideerd. Binnen dit project is geprobeerd om in elke stal minimaal 1 eigen gekalibreerde meetwaaier te plaatsen. Dit is voor alle 4 bedrijven voor blankvleeskalveren gelukt. Bij VKB1 is aanvullend gedurende vier maanden het ventilatiedebiet met de eigen gekalibreerde meetwaaier met de gegevens uit de klimaatcomputer vergeleken. De gemeten waarden met beide methoden waren vergelijkbaar (Figuur A9). Voor rosévleeskalveren zijn bij 2 van de 4 bedrijven (VKR1 en VKR2, zowel opfok als afmest) ook meetwaaiers geplaatst. Bij VKR3 is een eigen gekalibreerde meetwaaier geplaatst. Het is echter geconstateerd dat de ventilatieregime op die locatie te complex was om met alleen 1 eigen gekalibreerde meetwaaier het ventilatiedebiet van de hele stal te bepalen. Bij VKR4 was de meetapparatuur in de centrale afzuigkanaal (boven de ventilatiekokers) geplaatst, en was te complex om een eigen meetwaaier daar te plaatsen. Voor deze twee locaties is het daardoor gebruik gemaakt van de ventilatiegegevens uit de klimaatcomputer.



Figuur A9 *Vergelijking tussen een directe bepaling van het ventilatiedebiet met meetwaaiers, en registratie via de klimaatcomputer, bij een blankvleeskalverstal (VKB1).*

Bijlage B CO_2-productie uit stallen

Voor de bepaling van de CO_2-productie uit stallen (op stalniveau) wordt rekening gehouden met zowel de CO_2-productie uit de dieren als de CO_2-productie uit de mest. Bij strooiselstallen (bijvoorbeeld geitenstallen) kan de mest/strooisel-laag (pot) een aanzienlijke bron van CO_2 zijn. Voor stallen met drijfmest is de bijdrage uit de mest gering (10% volgens Pedersen e.a., 2008).

$$PCO2 = PCO2\ (dieren) + PCO2\ (pot)$$

De CO_2-productie uit de dieren in de stal wordt berekend met behulp van de CIGR rekenregels zoals beschreven in Pedersen en Sällvik (2002) en Pedersen e.a. (2008):

$$\mathrm{PCO_2\ (jongvee)} = \mathrm{a} * \left(6{,}44 * \mathrm{m}^{0{,}70} + \frac{13{,}3 * \mathrm{Y_2} * (6{,}28 + 0{,}0188 * \mathrm{m})}{1 - 0{,}3 * \mathrm{Y_2}}\right)/1000$$

$$\mathrm{PCO_2\ (vleeskalveren)} = \mathrm{a} * \left(7{,}64 * m^{0{,}69} + Y_2 * \left[\frac{23}{M} - 1\right] * \left[\frac{57{,}27 + 0{,}302 * m}{1 - 0{,}171 * Y_2}\right]\right)/1000$$

$$\mathrm{PCO_2\ (melkgeiten)} = \mathrm{a} * (5{,}5 * \mathrm{m}^{0{,}75} + 13 * \mathrm{Y_1})/1000$$

$$\mathrm{PCO_2\ (bokken)} = \mathrm{a} * (5{,}5 * \mathrm{m}^{0{,}75})/1000$$

$$\mathrm{PCO_2\ (opfoklammeren)} = \mathrm{a} * (6{,}3 * \mathrm{m}^{0{,}75})/1000$$

$$\mathrm{PCO_2\ (biggen)} = \mathrm{a} * (7{,}4 * m^{0{,}66} + [1 - (0{,}47 + 0{,}003 * m)] * [ME - 7{,}4 * m^{0{,}66}])/1000$$

$$\mathrm{PCO_2\ (vleesvarkens)} = \mathrm{a} * (5{,}09 * m^{0{,}75} + [1 - (0{,}47 + 0{,}003 * m)] * [ME - 5{,}09 * m^{0{,}75}])/1000$$

$$\mathrm{PCO_2\ (dragende\ zeugen)} = \mathrm{a} * (4{,}85 * m^{0{,}75} + 8 * 10^{-5} * p^3 + 76 * Y_2)/1000$$

Met:
m = diergewicht in kg
M = energiegehalte van het voer, in MJ/kg ds
Standaardwaarde is M=10 voor ruwvoer, M=11-12 voor krachtvoer
Y_1 = melkproductie, in kg/dag
Y_2 = gewichtstoename
Standaardwaarde voor vleeskalveren is 0,7-1,1 kg/dag; voor jongvee 0,5 kg/dag; voor dragende zeugen 0,18 kg/dag
p = dagen in dracht
Standaardwaarde is 60 voor dragende zeugen
ME = metaboliseerbare energieopname, uitgedrukt in aantal keer (n) het onderhoudsbehoefte

Biggen: $ME = n * 7{,}4 * m^{0{,}66}$

Vleesvarkens: $ME = n * 5{,}09 * m^{0{,}75}$

Vopn = voeropname, in kg/dag
EW = energiewaarde varkensvoer, verhoudingsgetal

Voor metingen op stalniveau (inclusief de CO_2-productie uit drijfmest, exclusief de bijdrage van de pot) worden de volgende waarden voor *a* aangenomen (Pedersen e.a., 2008):

Diercategorie	a
Jongvee	0,170
Vleeskalveren	0,170
Geiten	0,185
Biggen	0,185
Vleesvarkens	0,200
Dragende zeugen	0,180

De totale CO_2-productie in de stal uit de dieren (m^3 CO_2/uur; standaardtemperatuur van 20 °C) wordt bepaald als:

$$PCO2\ (jongvee) = \quad PCO2\ (jongvee) * aantal\ dieren$$

$$PCO2\ (vleeskalveren) = \quad PCO2\ (vleeskalveren) * aantal\ dieren$$

$$PCO2\ (geiten) = \quad PCO2\ (melkgeiten) * aantal\ melkgeiten + PCO2\ (bokken) * aantal\ bokken + PCO2\ (opfoklammeren) * aantal\ opfoklammeren$$

$$PCO2\ (biggen) = \quad PCO2\ (biggen) * aantal\ dieren$$

$$PCO2\ (vleesvarkens) = \quad PCO2\ (vleesvarkens) * aantal\ dieren$$

$$PCO2\ (dragende\ zeugen) = \quad PCO2\ (dragende\ zeugen) * aantal\ dieren$$

Aangezien tijdens de metingen de staltemperatuur (t_{stal}) anders is dan 20°C, wordt een correctiefactor toegepast om de werkelijke CO_2-productie PCO_2 in de stal (uit de dieren) te bepalen (Pedersen en Sällvik, 2002):

$$PCO2\ (jongvee) = PCO2(jongvee) * \big(1000 + 4 * (20 - t_{stal})\big)/1000$$

$$PCO2\ (vleeskalveren) = PCO2(vleeskalveren) * \big(1000 + 4 * (20 - t_{stal})\big)/1000$$

$$PCO2\ (geiten) = PCO2(geiten) * \big(1000 + 12 * (20 - t_{stal})\big)/1000$$

$$PCO2\ (biggen) = PCO2(biggen) * \big(1000 + 12 * (20 - t_{stal})\big)/1000$$

$$PCO2\ (vleesvarkens) = PCO2(vleesvarkens) * \big(1000 + 12 * (20 - t_{stal})\big)/1000$$

$$PCO2\ (dragende\ zeugen) = PCO2(dragende\ zeugen) * \big(1000 + 12 * (20 - t_{stal})\big)/1000$$

De CO_2-productie uit de pot voor geiten wordt bepaald met behulp van de statische fluxkamermethode. Deze methode is in Bijlage A beschreven.

Bijlage C Resultaten per bedrijf: Jongvee

JV1

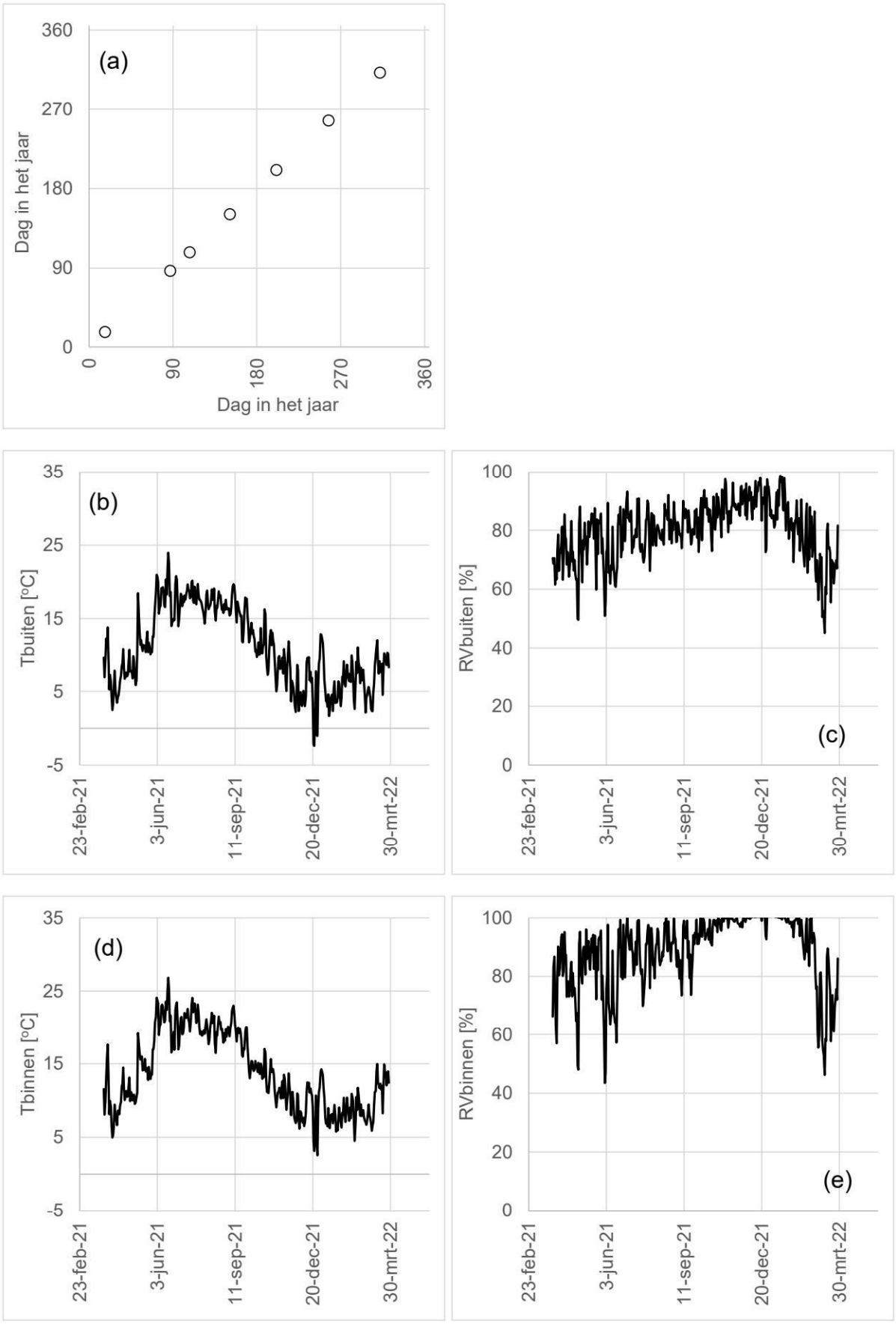
In Tabel JV1.1 worden de gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue als protocollaire metingen samengevat. De data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens en meetresultaten tijdens de protocollaire metingen, worden in Tabel JV1.2 samengevat. Bij de bepaling van de jaaremissies is geen leegstandsfactor toegepast (Groenestein en Aarnink, 2008).

De gerapporteerde resultaten hebben betrekking op metingen die in de periode 26/03/2021 – 28/03/2022 zijn uitgevoerd. In deze periode zijn er zeven protocollaire metingen uitgevoerd, verdeeld over de verschillende seizoenen (Figuur JV1.1). De gemiddelde dag in het jaar bij de protocollaire metingen was 162. Bij zowel de continue als de protocollaire metingen was de gemiddelde buitentemperatuur (Tabel JV1.1) hoger en de relatieve luchtvochtigheid vergelijkbaar met de langdurige 20-jaargemiddelden (2001-2020) bij het KNMI-weerstation in De Bilt (T: 10,7 °C; RV: 81%). In Figuur JV1.1 worden de continue metingen voor een aantal klimaatparameters (gemeten binnentemperatuur en -luchtvochtigheid; buitentemperatuur en relatieve luchtvochtigheid buiten bij het KNMI-meteostation De Bilt) grafisch weergegeven.

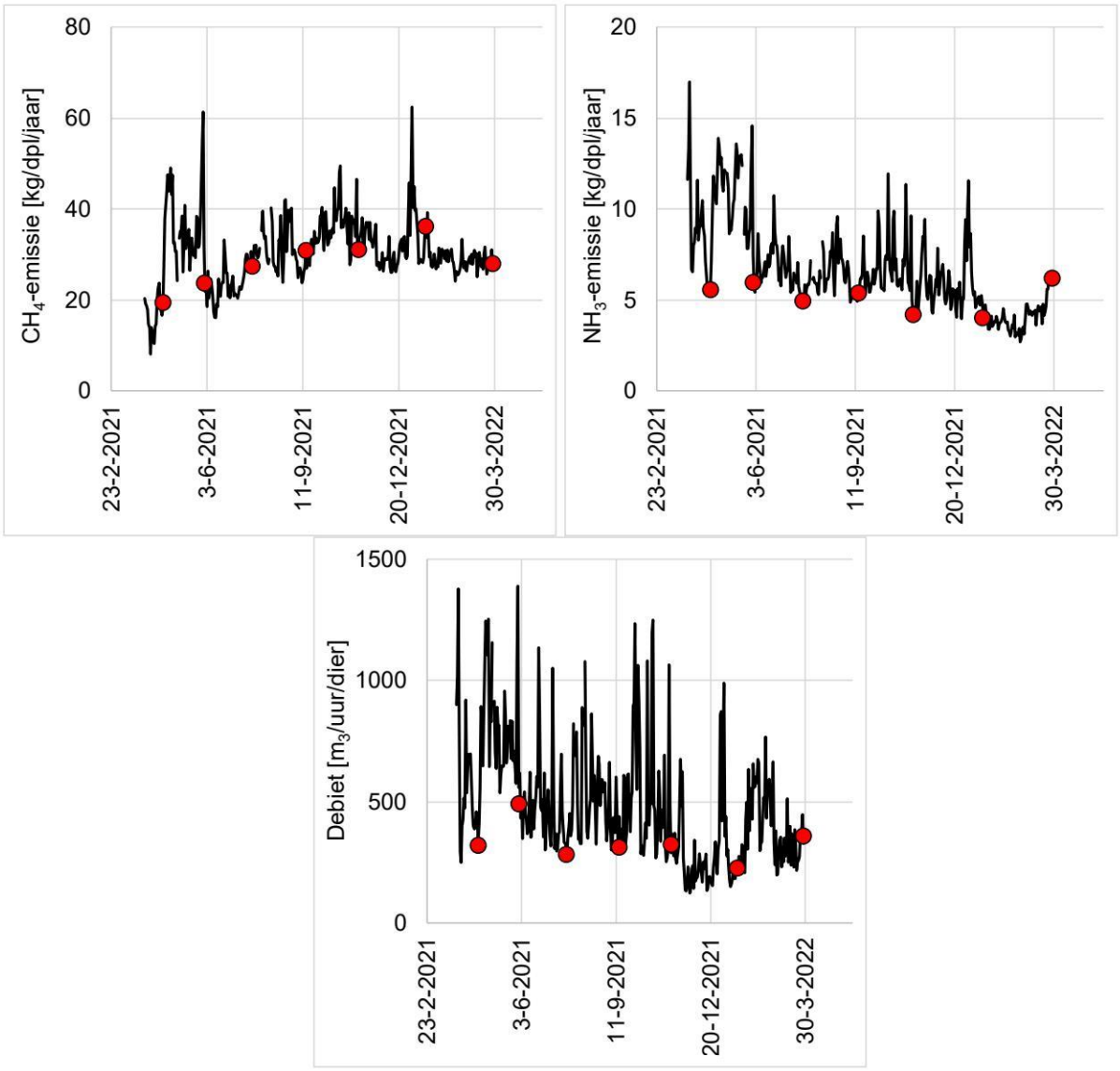
In Figuur JV1.2 worden per dag de ammoniak- en methaanemissies en het ventilatiedebiet voor de continue metingen weergegeven. **Op basis van alle meetgegevens (continue metingen)** werd een ventilatiedebiet gemeten van 485 m^3/uur per dier. De emissies van NH_3 en CH_4 op jaarbasis waren respectievelijk 6,7 kg NH_3/jaar/dierplaats en 30 kg CH_4/jaar/dierplaats. Voor N_2O, PM10 en geur zijn geen continue metingen uitgevoerd. **Op basis van de protocollaire metingen** werd een ventilatiedebiet gemeten van 330 m^3/uur per dier. De emissies van NH_3, CH_4 en N_2O op jaarbasis waren respectievelijk 5,2 kg NH_3/jaar/dierplaats, 28 kg CH_4/jaar/dierplaats, en 137 g N_2O/jaar/dierplaats. Voor geur en PM10 zijn op deze locatie geen emissiemetingen uitgevoerd.

Tabel JV1.1 Gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue als protocollaire metingen. Voor de emissies per dierplaats is geen leegstandsfactor toegepast (Groenestein en Aarnink; 2008). ---: niet gemeten. Op deze locatie zijn voor geur en PM10 geen metingen uitgevoerd.

	Kenmerk	Continue	Protocol
Klimaat	T-binnen [°C]	13,9 (2,5 : 26,8)	15,4 (9,4 : 22,6)
	RV-binnen [%]	89 (43 : 101)	85 (62 : 101)
	T-buiten [°C]	11,0 (-2,4 : 24,0)	11,8 (6,4 : 17,3)
	RV-buiten [%]	80 (45 : 99)	79 (64 : 87)
Resultaten	Aantal meetdagen	365	7
	Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]	485 (123 : 1499)	330 (226 : 493)
	CO_2 stal [ppm]	700 (489 : 1122)	775 (662 : 887)
	CO_2 ingaand [ppm]	488 (416 : 581)	517 (490 : 549)
	Aantal meetdagen	365	7
	NH_3 stal [ppm]	3,8 (1,0 : 9,0)	3,9 (3,0 : 4,8)
	NH_3 ingaand [ppm]	---	0,11 (0,05 : 0,17)
	NH_3-emissie [kg/jaar per dierplaats]	6,7 (2,7 : 17,0)	5,2 (4,1 : 6,2)
	NH_3-emissie [kg/jaar per dier]	10,2 (4,0 : 27,9)	7,9 (5,6 : 10,2)
	Aantal meetdagen	361	7
	CH_4 stal [ppm]	22,5 (5,2 : 57,7)	25,6 (16,5 : 38,4)
	CH_4 ingaand [ppm]	---	3,5 (2,7 : 5,5)
	CH_4-emissie [kg/jaar per dierplaats]	30 (8 : 63)	28 (20 : 36)
	CH_4-emissie [kg/jaar per dier]	45 (14 : 104)	42 (34 : 50)
	Aantal meetdagen	---	7
	N_2O stal [ppm]	---	0,42 (0,38 : 0,47)
	N_2O ingaand [ppm]	---	0,38 (0,35 : 0,40)
	N_2O-emissie [kg/jaar per dierplaats]	---	0,14 (0,02 : 0,31)
	N_2O-emissie [kg/jaar per dier]	---	0,20 (0,02 : 0,44)



Figuur JV1.1 *a) Verdeling van de metingen over de seizoenen; b) t/m e) Continue metingen van een aantal klimaatparameters. T: temperatuur; RV: relatieve vochtigheid.*



***Figuur JV1.2**. Linksboven: CH_4-emissie [kg/jaar per dierplaats]; Rechtsboven: NH_3-emissie [kg/jaar per dierplaats]; Onder: Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]. De protocollaire metingen worden met rode cirkels weergegeven. De emissies in deze figuur zijn niet door leegstand gecorrigeerd.*

Tabel JV1.2 *Data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, gemiddelde klimaat- en managementgegevens, en meetresultaten (ventilatiedebiet, concentraties en emissies) tijdens de protocollaire metingen. Voor jongvee wordt geen leegstandsfactor toegepast (Groenestein en Aarnink, 2008).*

		1	2	3	4	5	6	7
	Datum	18-4-2021	31-5-2021	20-7-2021	14-9-2021	8-11-2021	17-1-2022	28-3-2022
	Dag in het jaar	108	151	201	257	312	17	87
Klimaat	T-binnen [°C]	11,9	20,8	22,6	19,5	11,1	9,4	12,4
	RV-binnen [%]	82,5	62,0	69,9	93,8	99,2	100,7	86,2
	T-buiten [°C]	8,4	16,7	17,2	17,3	8,1	6,4	8,3
	RV-buiten [%]	75,0	63,7	70,9	85,5	86,5	86,8	81,7
Management	Dierplaatsen	97	97	97	97	97	97	97
	Aantal dieren	56	57	68	69	67	70	68
	Weide [aantal uren]	0	0	0	0	0	0	0
	Bezettingsgraad [%]	58	59	70	71	69	72	70
Meetresultaten	CO_2 stal [ppm]	785	662	813	793	764	887	721
	CO_2 ingaand [ppm]	490	494	549	547	519	530	492
	Debiet [m^3/dier/uur]	319	493	282	311	323	226	358
	NH_3 stal [ppm]	4,8	3,4	4,1	4,0	3,0	3,8	4,0
	NH_3 ingaand [ppm]	0,11	0,17	0,08	0,16	0,05	0,07	0,15
	NH_3 emissie [kg/dierplaats/jaar]	5,6	6,0	5,0	5,4	4,2	4,1	6,2
	NH_3 emissie [kg/dier/jaar]	9,7	10,2	7,1	7,6	6,1	5,6	8,9
	CH_4 stal [ppm]	20,0	16,5	29,1	27,3	25,4	38,4	22,5
	CH_4 ingaand [ppm]	2,7	2,7	5,5	3,7	2,7	2,9	4,2
	CH_4 emissie [kg/dierplaats/jaar]	19,5	23,8	27,5	30,9	31,2	36,2	28,1
	CH_4 emissie [kg/dier/jaar]	33,9	40,5	39,2	43,5	45,1	50,2	40,0
	N_2O stal [ppm]	0,38	0,41	0,45	0,47	0,41	0,40	0,40
	N_2O ingaand [ppm]	0,35	0,39	0,35	0,40	0,38	0,40	0,38
	N_2O emissie [kg/dierplaats/jaar]	0,10	0,09	0,31	0,25	0,12	0,02	0,07
	N_2O emissie [kg/dier/jaar]	0,17	0,16	0,44	0,35	0,18	0,02	0,10

JV2

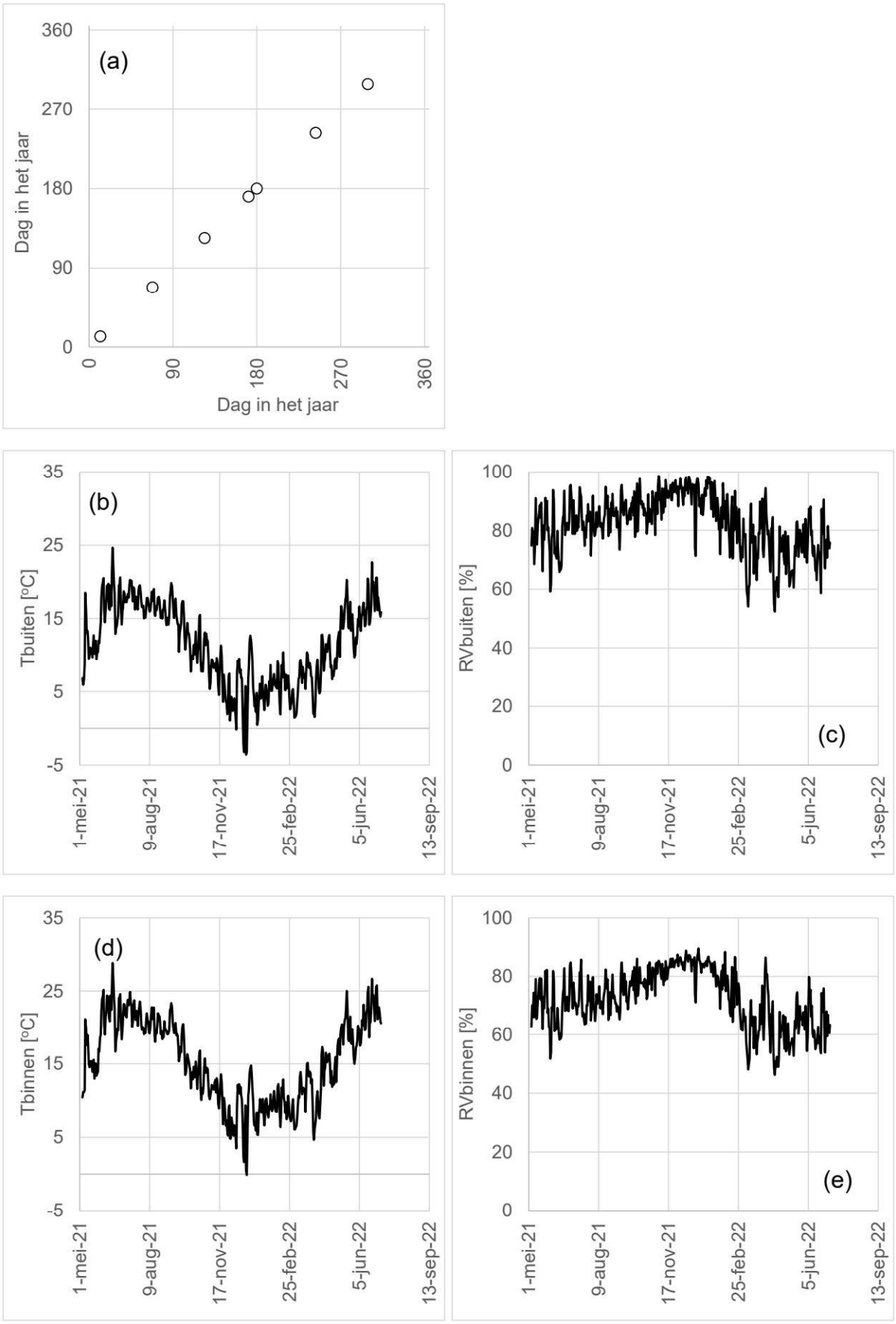
In Tabel JV2.1 worden de gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue als protocollaire metingen samengevat. De data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens en meetresultaten tijdens de protocollaire metingen, worden in Tabel JV2.2 samengevat. Bij de bepaling van de jaaremissies is geen leegstandsfactor toegepast (Groenestein en Aarnink, 2008).

De gerapporteerde resultaten hebben betrekking op metingen die in de periode 05/05/2021 – 06/07/2022 zijn uitgevoerd. In deze periode zijn er zeven protocollaire metingen uitgevoerd, verdeeld over de verschillende seizoenen (Figuur JV2.1). De gemiddelde dag in het jaar bij de protocollaire metingen was 157. Bij zowel de continue als de protocollaire metingen was de gemiddelde buitentemperatuur (Tabel JV2.1) hoger en de relatieve luchtvochtigheid vergelijkbaar met de langdurige 20-jaargemiddelden (2001-2020) bij het KNMI-weerstation in De Bilt (T: 10,7 °C; RV: 81%). In Figuur JV2.1 worden de continue metingen voor een aantal klimaatparameters (gemeten binnentemperatuur en -luchtvochtigheid; buitentemperatuur en relatieve luchtvochtigheid buiten bij het KNMI-meteostation De Bilt) grafisch weergegeven.

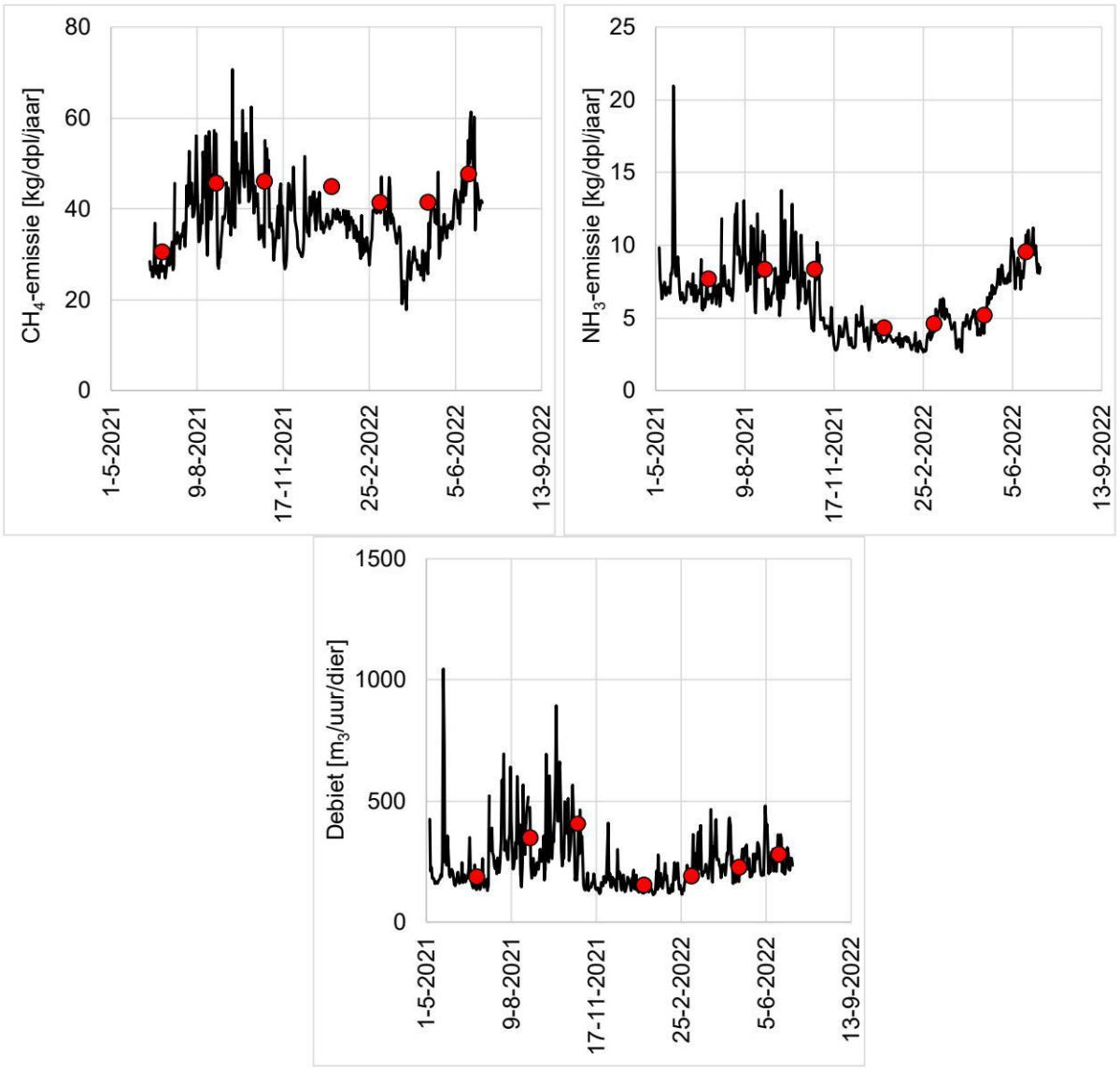
In Figuur JV2.2 worden per dag de ammoniak- en methaanemissies en het ventilatiedebiet voor de continue metingen weergegeven. **Op basis van alle meetgegevens (continue metingen)** werd een ventilatiedebiet gemeten van 245 m^3/uur per dier. De emissies van NH_3 en CH_4 op jaarbasis waren respectievelijk 6,2 kg NH_3/jaar/dierplaats en 38 kg CH_4/jaar/dierplaats. Voor N_2O, PM10 en geur zijn geen continue metingen uitgevoerd. **Op basis van de protocollaire metingen** werd een ventilatiedebiet gemeten van 255 m^3/uur per dier. De emissies van NH_3, CH_4 en N_2O op jaarbasis waren respectievelijk 6,9 kg NH_3/jaar/dierplaats, 43 kg CH_4/jaar/dierplaats, en 111 g N_2O/jaar/dierplaats. Voor geur en PM10 zijn op deze locatie geen emissiemetingen uitgevoerd.

Tabel JV2.1 *Gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue als protocollaire metingen. Voor de emissies per dierplaats is geen leegstandsfactor toegepast (Groenestein en Aarnink; 2008). ---: niet gemeten. Op deze locatie zijn voor geur en PM10 geen metingen uitgevoerd.*

	Kenmerk	Continue	Protocol
Klimaat	T-binnen [°C]	15,3 (-0,1 : 28,8)	15,5 (8,2 : 20,9)
	RV-binnen [%]	72 (46 : 90)	70 (54 : 86)
	T-buiten [°C]	11,3 (-3,6 : 24,7)	11,0 (3,6 : 16,6)
	RV-buiten [%]	82 (52 : 99)	81 (59 : 98)
Resultaten	Aantal meetdagen	426	7
	Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]	245 (112 : 1044)	255 (153 : 407)
	CO_2 stal [ppm]	835 (490 : 1205)	834 (693 : 1049)
	CO_2 ingaand [ppm]	460 (407 : 574)	492 (447 : 566)
	Aantal meetdagen	426	7
	NH_3 stal [ppm]	5,3 (1,7 : 10,0)	5,4 (4,0 : 8,4)
	NH_3 ingaand [ppm]	---	0,22 (0,11 : 0,32)
	NH_3-emissie [kg/jaar per dierplaats]	6,2 (2,7 : 21,0)	6,9 (4,4 : 9,6)
	NH_3-emissie [kg/jaar per dier]	7,5 (3,1 : 26,0)	8,2 (5,0 : 11,2)
	Aantal meetdagen	385	7
	CH_4 stal [ppm]	38,2 (13,2 : 66,4)	39,4 (26,3 : 56,5)
	CH_4 ingaand [ppm]	---	4,3 (2,9 : 7,8)
	CH_4-emissie [kg/jaar per dierplaats]	38 (18 : 71)	43 (31 : 48)
	CH_4-emissie [kg/jaar per dier]	45 (20 : 88)	50 (38 : 57)
	Aantal meetdagen	---	7
	N_2O stal [ppm]	---	0,42 (0,38 : 0,45)
	N_2O ingaand [ppm]	---	0,39 (0,37 : 0,41)
	N_2O-emissie [kg/jaar per dierplaats]	---	0,11 (0,04 : 0,19)
	N_2O-emissie [kg/jaar per dier]	---	0,13 (0,05 : 0,22)



Figuur JV2.1 *a) Verdeling van de metingen over de seizoenen; b) t/m e) Continue metingen van een aantal klimaatparameters. T: temperatuur; RV: relatieve vochtigheid.*



***Figuur JV2.2**. Linksboven: CH_4-emissie [kg/jaar per dierplaats]; Rechtsboven: NH_3-emissie [kg/jaar per dierplaats]; Onder: Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]. De protocollaire metingen worden met rode cirkels weergegeven. De emissies in deze figuur zijn niet door leegstand gecorrigeerd.*

Tabel JV2.2 *Data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, gemiddelde klimaat- en managementgegevens, en meetresultaten (ventilatiedebiet, concentraties en emissies) tijdens de protocollaire metingen. Voor jongvee wordt geen leegstandsfactor toegepast (Groenestein en Aarnink, 2008).*

		1	2	3	4	5	6	7
	Datum	29-6-2021	31-8-2021	26-10-2021	12-1-2022	9-3-2022	4-5-2022	20-6-2022
	Dag in het jaar	180	243	299	12	68	124	171
Klimaat	T-binnen [°C]	20,9	19,6	14,4	8,2	9,2	15,8	20,6
	RV-binnen [%]	83,7	73,6	82,9	86,2	54,9	54,2	57,0
	T-buiten [°C]	16,6	16,3	12,2	3,6	4,7	9,7	14,3
	RV-buiten [%]	95,0	84,8	91,6	98,2	59,4	65,1	72,1
Management	Dierplaatsen	62	62	62	62	62	62	62
	Aantal dieren	50	50	54	54	54	54	53
	Weide [aantal uren]	0	0	0	0	0	0	0
	Bezettingsgraad [%]	81	81	87	87	87	87	85
Meetresultaten	CO_2 stal [ppm]	876	701	693	1049	985	812	721
	CO_2 ingaand [ppm]	467	473	501	523	566	470	447
	Debiet [m^3/dier/uur]	187	347	407	153	191	226	279
	NH_3 stal [ppm]	8,4	4,9	4,0	5,0	4,6	4,4	6,7
	NH_3 ingaand [ppm]	0,20	0,15	0,28	0,11	0,32	0,22	0,27
	NH_3 emissie [kg/dierplaats/jaar]	7,7	8,4	8,4	4,4	4,7	5,2	9,6
	NH_3 emissie [kg/dier/jaar]	9,6	10,4	9,6	5,0	5,3	6,0	11,2
	CH_4 stal [ppm]	37,7	30,3	26,3	56,5	48,1	39,6	37,3
	CH_4 ingaand [ppm]	3,1	3,0	4,8	2,9	7,8	4,6	3,5
	CH_4 emissie [kg/dierplaats/jaar]	30,5	45,7	46,0	44,9	41,4	41,4	47,7
	CH_4 emissie [kg/dier/jaar]	37,9	56,6	52,9	51,5	47,5	47,6	55,7
	N_2O stal [ppm]	0,44	0,41	0,41	0,43	0,43	0,45	0,38
	N_2O ingaand [ppm]	0,39	0,38	0,38	0,41	0,40	0,40	0,37
	N_2O emissie [kg/dierplaats/jaar]	0,11	0,13	0,15	0,05	0,10	0,19	0,04
	N_2O emissie [kg/dier/jaar]	0,14	0,16	0,17	0,06	0,11	0,22	0,05

JV3

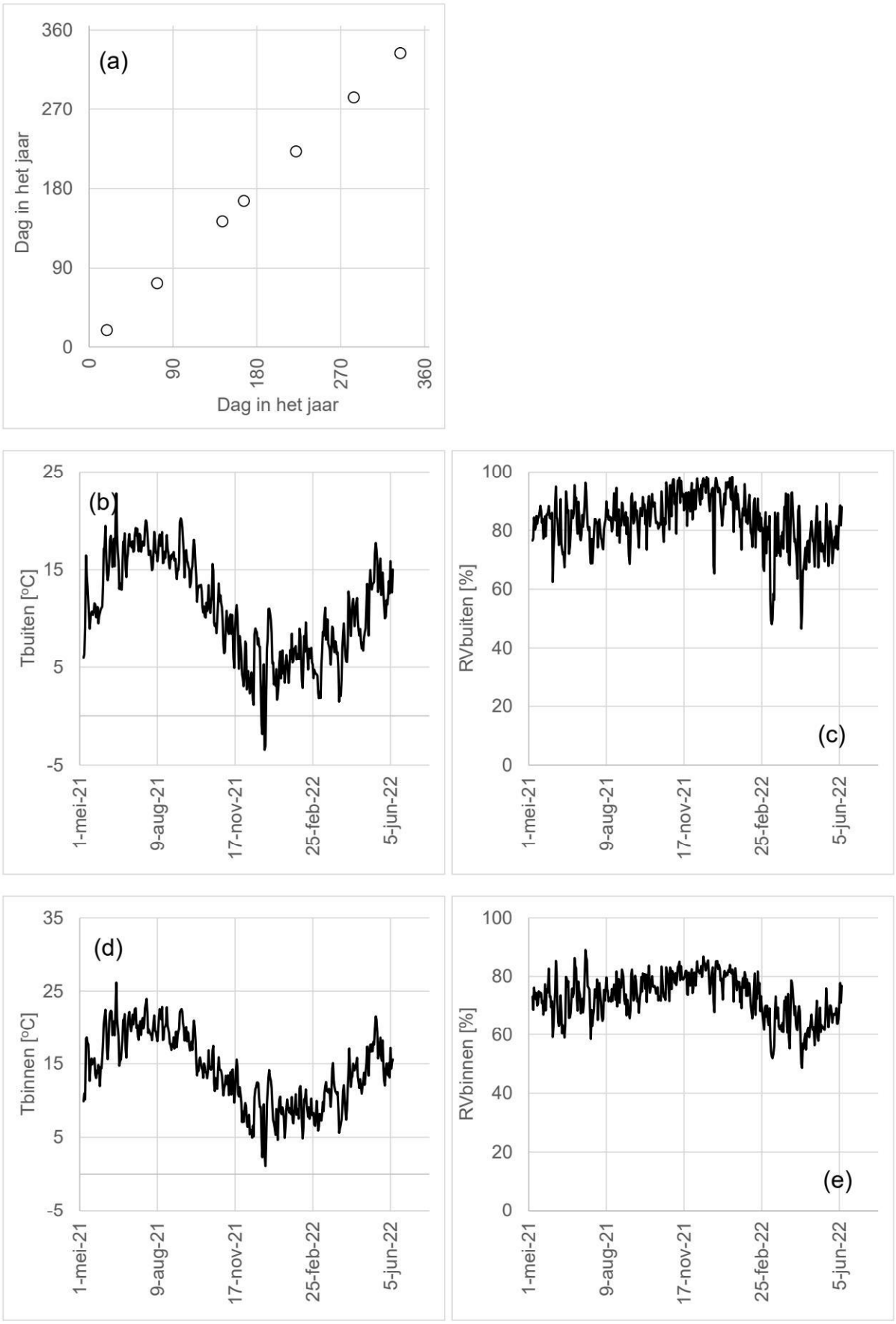
In Tabel JV3.1 worden de gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue als protocollaire metingen samengevat. De data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens en meetresultaten tijdens de protocollaire metingen, worden in Tabel JV3.2 samengevat. Bij de bepaling van de jaaremissies is geen leegstandsfactor toegepast (Groenestein en Aarnink, 2008).

De gerapporteerde resultaten hebben betrekking op metingen die in de periode 06/05/2021 – 08/06/2022 zijn uitgevoerd. In deze periode zijn er zeven protocollaire metingen uitgevoerd, verdeeld over de verschillende seizoenen (Figuur JV3.1). De gemiddelde dag in het jaar bij de protocollaire metingen was 177. Bij zowel de continue als de protocollaire metingen waren zowel de gemiddelde buitentemperatuur als de relatieve luchtvochtigheid (Tabel JV3.1) hoger dan de langdurige 20-jaargemiddelden (2001-2020) bij het KNMI-weerstation in De Bilt (T: 10,7 °C; RV: 81%). In Figuur JV3.1 worden de continue metingen voor een aantal klimaatparameters (gemeten binnentemperatuur en -luchtvochtigheid; buitentemperatuur en relatieve luchtvochtigheid buiten bij het KNMI-meteostation De Bilt) grafisch weergegeven.

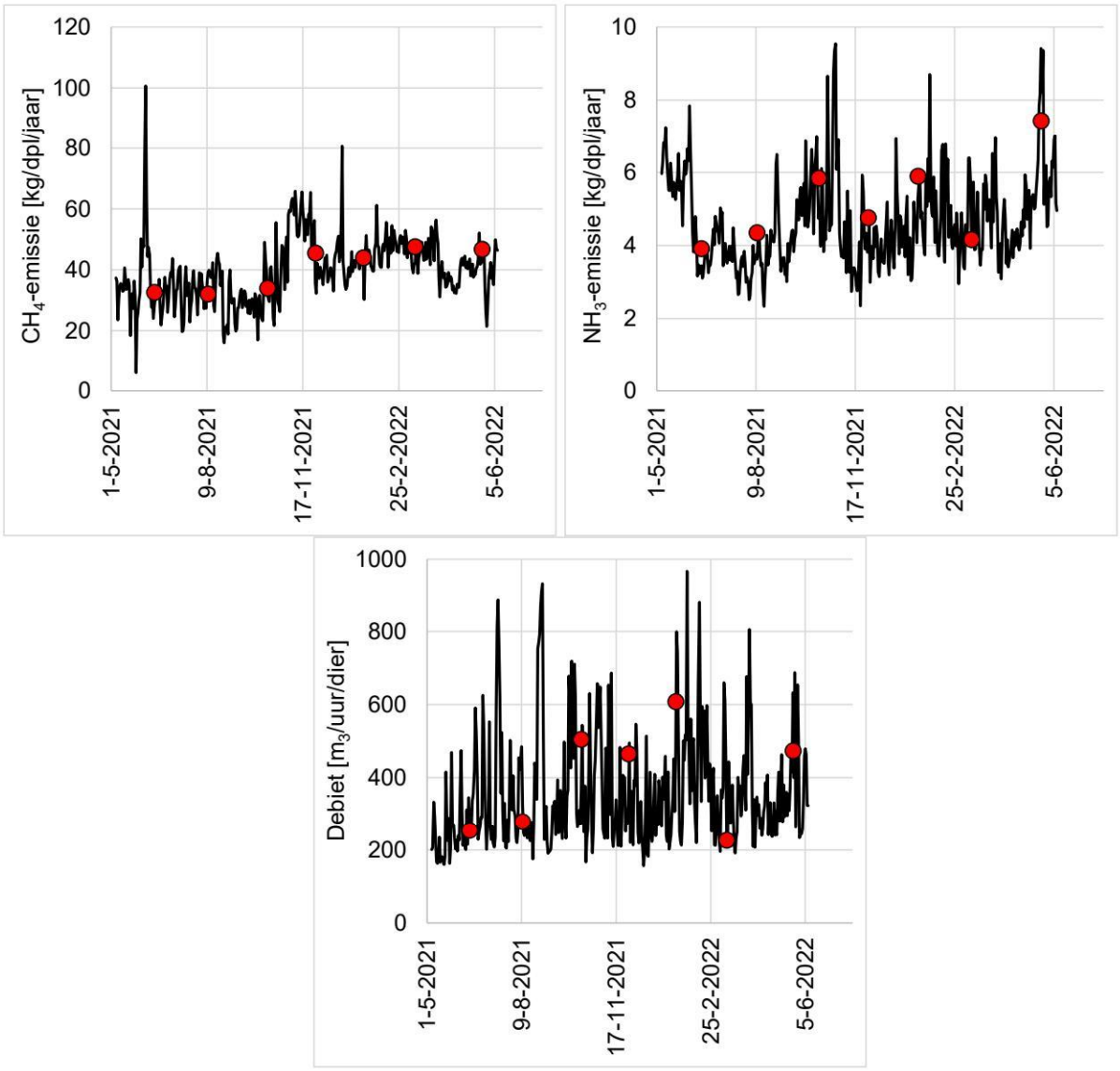
In Figuur JV3.2 worden per dag de ammoniak- en methaanemissies en het ventilatiedebiet voor de continue metingen weergegeven. **Op basis van alle meetgegevens (continue metingen)** werd een ventilatiedebiet gemeten van 358 m^3/uur per dier. De emissies van NH_3 en CH_4 op jaarbasis waren respectievelijk 4,6 kg NH_3/jaar/dierplaats en 40 kg CH_4/jaar/dierplaats. Voor N_2O, PM10 en geur zijn geen continue metingen uitgevoerd. **Op basis van de protocollaire metingen** werd een ventilatiedebiet gemeten van 402 m^3/uur per dier. De emissies van NH_3, CH_4 en N_2O op jaarbasis waren respectievelijk 5,2 kg NH_3/jaar/dierplaats, 40 kg CH_4/jaar/dierplaats, en 147 g N_2O/jaar/dierplaats. Voor geur en PM10 zijn op deze locatie geen emissiemetingen uitgevoerd.

Tabel JV3.1 *Gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue als protocollaire metingen. Voor de emissies per dierplaats is geen leegstandsfactor toegepast (Groenestein en Aarnink; 2008). ---: niet gemeten. Op deze locatie zijn voor geur en PM10 geen metingen uitgevoerd.*

	Kenmerk	Continue	Protocol
Klimaat	T-binnen [°C]	14,1 (1,1 : 26,1)	14,3 (7,4 : 19,5)
	RV-binnen [%]	73 (49 : 89)	73 (62 : 81)
	T-buiten [°C]	10,9 (-3,5 : 22,8)	11,5 (5,1 : 16,6)
	RV-buiten [%]	83 (47 : 98)	84 (72 : 94)
Resultaten	Aantal meetdagen	399	7
	Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]	358 (156 : 967)	402 (227 : 608)
	CO_2 stal [ppm]	777 (541 : 1092)	746 (625 : 955)
	CO_2 ingaand [ppm]	480 (444 : 597)	490 (437 : 551)
	Aantal meetdagen	399	7
	NH_3 stal [ppm]	2,4 (1,0 : 5,5)	2,4 (1,6 : 2,9)
	NH_3 ingaand [ppm]	---	0,14 (0,05 : 0,36)
	NH_3-emissie [kg/jaar per dierplaats]	4,6 (2,3 : 9,5)	5,2 (3,9 : 7,4)
	NH_3-emissie [kg/jaar per dier]	4,8 (2,5 : 9,9)	5,5 (4,1 : 7,3)
	Aantal meetdagen	399	7
	CH_4 stal [ppm]	24,9 (4,6 : 50,3)	22,8 (14,8 : 38,8)
	CH_4 ingaand [ppm]	---	3,2 (2,5 : 5,4)
	CH_4-emissie [kg/jaar per dierplaats]	40 (6 : 101)	40 (32 : 48)
	CH_4-emissie [kg/jaar per dier]	41 (5 : 87)	43 (35 : 49)
	Aantal meetdagen	---	7
	N_2O stal [ppm]	---	0,42 (0,40 : 0,44)
	N_2O ingaand [ppm]	---	0,39 (0,37 : 0,42)
	N_2O-emissie [kg/jaar per dierplaats]	---	0,15 (0,09 : 0,32)
	N_2O-emissie [kg/jaar per dier]	---	0,15 (0,09 : 0,31)



Figuur JV3.1 *a) Verdeling van de metingen over de seizoenen; b) t/m e) Continue metingen van een aantal klimaatparameters. T: temperatuur; RV: relatieve vochtigheid.*



***Figuur JV3.2**. Linksboven: CH_4-emissie [kg/jaar per dierplaats]; Rechtsboven: NH_3-emissie [kg/jaar per dierplaats]; Onder: Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]. De protocollaire metingen worden met rode cirkels weergegeven. De emissies in deze figuur zijn niet door leegstand gecorrigeerd.*

Tabel JV3.2 *Data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, gemiddelde klimaat- en managementgegevens, en meetresultaten (ventilatiedebiet, concentraties en emissies) tijdens de protocollaire metingen. Voor jongvee wordt geen leegstandsfactor toegepast (Groenestein en Aarnink, 2008).*

		1	2	3	4	5	6	7
	Datum	15-6-2021	10-8-2021	11-10-2021	30-11-2021	19-1-2022	14-3-2022	23-5-2022
	Dag in het jaar	166	222	284	334	19	73	143
Klimaat	T-binnen [°C]	18,9	19,5	13,9	9,7	7,4	12,5	18,6
	RV-binnen [%]	61,9	75,4	75,8	81,3	80,3	68,0	66,7
	T-buiten [°C]	15,3	16,6	11,6	7,7	5,1	7,9	16,1
	RV-buiten [%]	72,5	84,6	85,0	93,8	90,4	86,1	74,7
Management	Dierplaatsen	194	194	194	194	194	194	194
	Aantal dieren	182	179	163	179	183	199	199
	Weide [aantal uren]	0	0	0	0	0	0	0
	Bezettingsgraad [%]	94	92	84	92	94	103	103
Meetresultaten	CO_2 stal [ppm]	838	816	653	680	659	955	625
	CO_2 ingaand [ppm]	491	497	480	472	501	551	437
	Debiet [m^3/dier/uur]	255	279	505	465	608	227	474
	NH_3 stal [ppm]	2,9	2,8	2,2	1,8	1,6	2,9	2,6
	NH_3 ingaand [ppm]	0,36	0,14	0,06	0,08	0,05	0,19	0,12
	NH_3 emissie [kg/dierplaats/jaar]	3,9	4,4	5,8	4,8	5,9	4,2	7,4
	NH_3 emissie [kg/dier/jaar]	4,2	4,7	7,0	5,2	6,3	4,1	7,3
	CH_4 stal [ppm]	26,0	23,6	16,1	20,6	14,8	38,8	19,4
	CH_4 ingaand [ppm]	3,1	2,5	2,9	3,1	2,5	5,4	3,0
	CH_4 emissie [kg/dierplaats/jaar]	32,6	32,1	34,0	45,5	44,0	47,6	46,8
	CH_4 emissie [kg/dier/jaar]	34,8	34,8	40,5	49,3	46,6	46,4	45,6
	N_2O stal [ppm]	0,41	0,44	0,40	0,42	0,43	0,42	0,41
	N_2O ingaand [ppm]	0,39	0,39	0,38	0,41	0,42	0,39	0,37
	N_2O emissie [kg/dierplaats/jaar]	0,09	0,20	0,10	0,12	0,10	0,09	0,32
	N_2O emissie [kg/dier/jaar]	0,10	0,21	0,12	0,13	0,10	0,09	0,31

JV4

Er zijn op deze locatie twee afdelingen gemeten:

a) voor het huisvesten van jongere dieren (tot een leeftijd van maximaal 1 jaar; mechanisch geventileerd)
b) voor het huisvesten van oudere dieren (1 jaar en ouder; natuurlijk geventileerd)

In Tabel JV4.1 worden de gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue als protocollaire metingen samengevat. De data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens en meetresultaten tijdens de protocollaire metingen, worden in Tabel JV4.2 samengevat (bij de bepaling van de jaaremissies is geen leegstandsfactor toegepast, in overeenstemming met Groenestein en Aarnink, 2008). Er is voor gekozen om de resultaten per afdeling (a: jonge dieren; b: oude dieren) te rapporteren. Bij Tabel JV4.1 zijn daarnaast de resultaten over de gehele productieronde (beide afdelingen samen) te presenteren.

De gerapporteerde resultaten hebben betrekking op metingen die in de periode 14/07/2021 – 27/06/2022 zijn uitgevoerd. In deze periode zijn er per afdeling zeven protocollaire metingen uitgevoerd, verdeeld over de verschillende seizoenen (Figuur JV4.1). De gemiddelde dag in het jaar bij de protocollaire metingen was 204. Bij zowel de continue als de protocollaire metingen was de gemiddelde buitentemperatuur (Tabel JV4.1) hoger en de relatieve luchtvochtigheid vergelijkbaar met de langdurige 20-jaargemiddelden (2001-2020) bij het KNMI-weerstation in De Bilt (T: 10,7 °C; RV: 81%). In Figuur JV4.1 worden de continue metingen voor een aantal klimaatparameters (gemeten binnentemperatuur en -luchtvochtigheid; buitentemperatuur en relatieve luchtvochtigheid buiten bij het KNMI-meteostation De Bilt) voor beide afdelingen grafisch weergegeven.

In Figuur JV4.2 worden per afdeling per dag de ammoniak- en methaanemissies en het ventilatiedebiet voor de continue metingen weergegeven. **Op basis van alle meetgegevens (continue metingen)** werd een ventilatiedebiet gemeten van 213 m^3/uur per dier (Tabel JV4.1c). De emissies van NH_3 en CH_4 op jaarbasis waren respectievelijk 6,5 kg NH_3/jaar/dierplaats en 45 kg CH_4/jaar/dierplaats. Voor N_2O, PM10 en geur zijn geen continue metingen uitgevoerd. **Op basis van de protocollaire metingen** werd een ventilatiedebiet gemeten van 227 m^3/uur per dier (Tabel JV4.1c). De emissies van NH_3, CH_4 en N_2O op jaarbasis waren respectievelijk 7,2 kg NH_3/jaar/dierplaats, 46 kg CH_4/jaar/dierplaats, en 242 g N_2O/jaar/dierplaats. Voor geur en PM10 zijn op deze locatie geen emissiemetingen uitgevoerd.

Tabel JV4.1a *Gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue als protocollaire metingen voor de afdeling met jonge dieren (tot een leeftijd van 1 jaar). Voor de emissies per dierplaats is geen leegstandsfactor toegepast (Groenestein en Aarnink; 2008). ---: niet gemeten. Op deze locatie zijn voor geur en PM10 geen metingen uitgevoerd.*

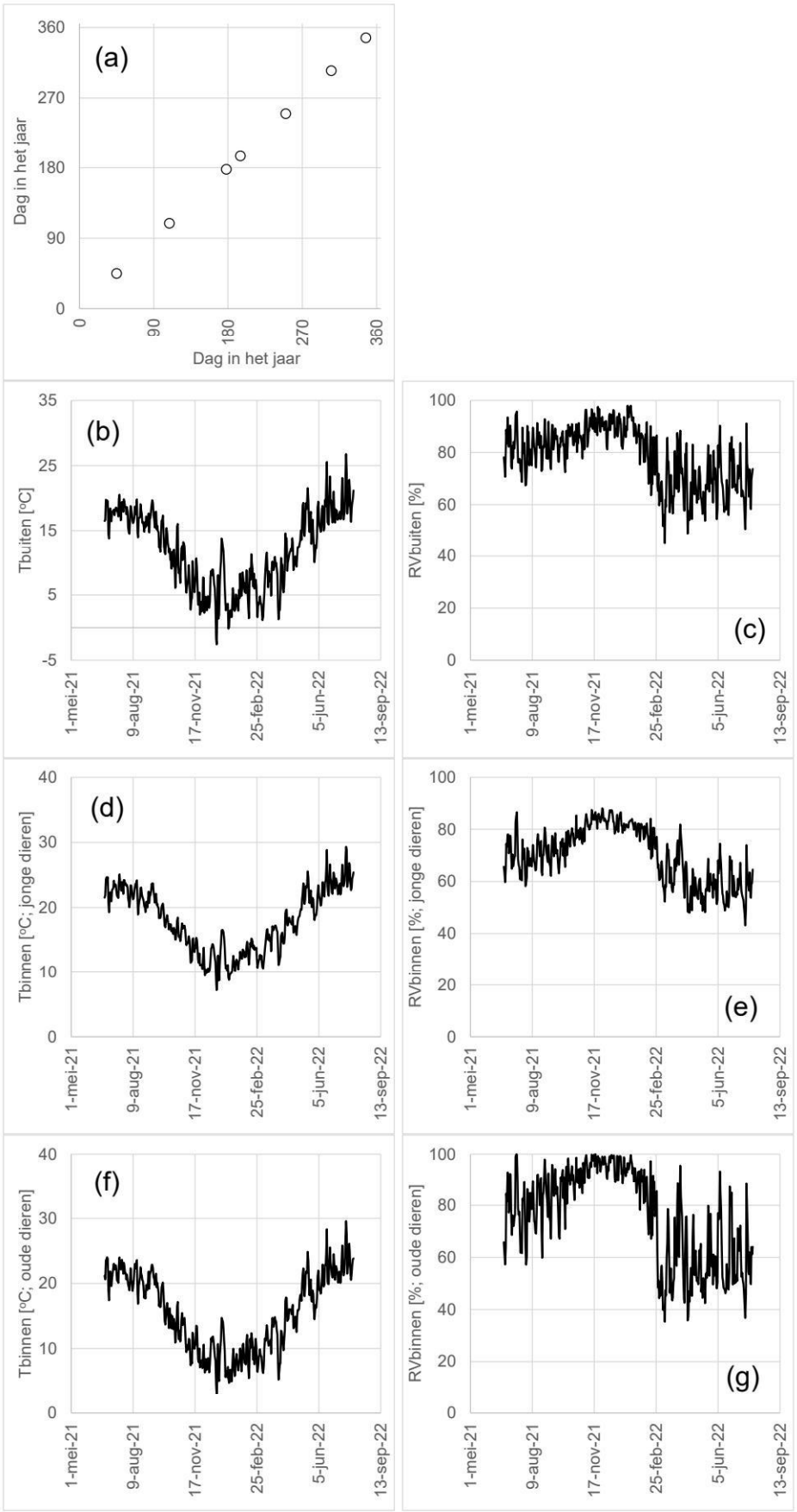
	Kenmerk	Continue	Protocol
Klimaat	T-binnen [°C]	17,9 (7,2 : 29,3)	18,5 (13,8 : 22,6)
	RV-binnen [%]	70 (43 : 88)	72 (51 : 87)
	T-buiten [°C]	11,9 (-2,6 : 26,8)	13,1 (8,7 : 18,3)
	RV-buiten [%]	79 (45 : 98)	79 (58 : 95)
Resultaten	Aantal meetdagen	403	7
	Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]	80 (36 : 152)	80 (46 : 121)
	CO_2 stal [ppm]	1167 (789 : 1828)	1154 (822 : 1536)
	CO_2 ingaand [ppm]	501 (455 : 572)	480 (447 : 523)
	Aantal meetdagen	403	7
	NH_3 stal [ppm]	6,9 (3,4 : 13,4)	6,8 (5,9 : 8,3)
	NH_3 ingaand [ppm]	---	0,16 (0,05 : 0,22)
	NH_3-emissie [kg/jaar per dierplaats]	3,7 (1,8 : 6,4)	3,8 (2,2 : 5,2)
	NH_3-emissie [kg/jaar per dier]	3,8 (1,7 : 6,9)	3,8 (2,1 : 4,7)
	Aantal meetdagen	395	7
	CH_4 stal [ppm]	72,4 (28,0 : 163,2)	75,2 (34,4 : 117,5)
	CH_4 ingaand [ppm]	---	4,1 (2,6 : 6,0)
	CH_4-emissie [kg/jaar per dierplaats]	32 (18 : 56)	34 (25 : 49)
	CH_4-emissie [kg/jaar per dier]	33 (20 : 65)	35 (24 : 52)
	Aantal meetdagen	---	7
	N_2O stal [ppm]	---	0,71 (0,48 : 1,10)
	N_2O ingaand [ppm]	---	0,40 (0,38 : 0,41)
	N_2O-emissie [kg/jaar per dierplaats]	---	0,42 (0,12 : 0,83)
	N_2O-emissie [kg/jaar per dier]	---	0,43 (0,14 : 0,83)

Tabel JV4.1b *Gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue als protocollaire metingen voor de afdeling met oude dieren (1 jaar en ouder). Voor de emissies per dierplaats is geen leegstandsfactor toegepast (Groenestein en Aarnink; 2008). ---: niet gemeten. Op deze locatie zijn voor geur en PM10 geen metingen uitgevoerd.*

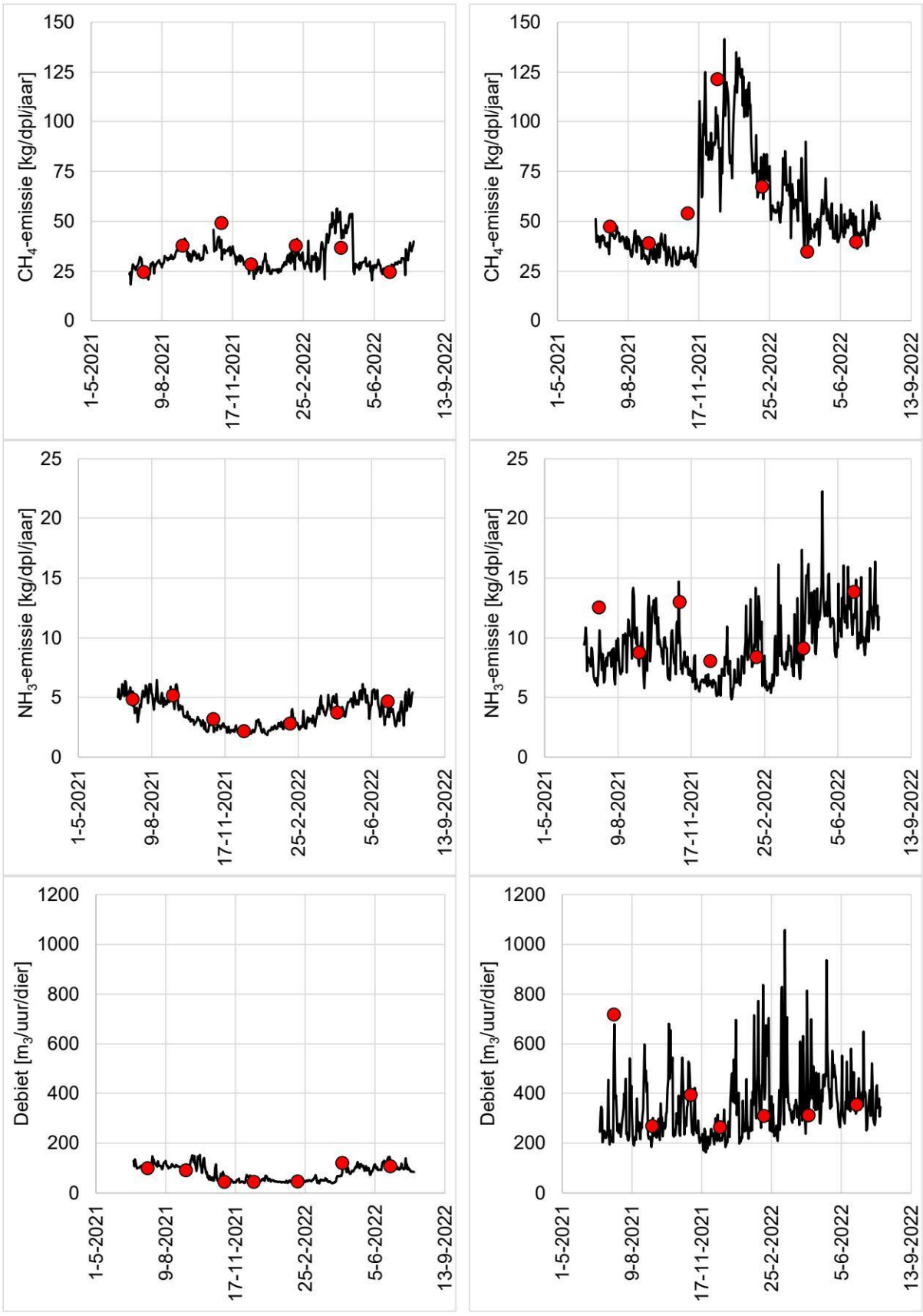
	Kenmerk	Continue	Protocol
Klimaat	T-binnen [°C]	15,4 (3,0 : 29,6)	16,5 (11,5 : 22,0)
	RV-binnen [%]	76 (35 : 100)	81 (47 : 100)
	T-buiten [°C]	11,9 (-2,6 : 26,8)	13,1 (8,7 : 18,3)
	RV-buiten [%]	79 (45 : 98)	79 (58 : 95)
Resultaten	Aantal meetdagen	403	7
	Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]	346 (162 : 1057)	374 (264 : 718)
	CO_2 stal [ppm]	749 (508 : 1007)	750 (592 : 871)
	CO_2 ingaand [ppm]	455 (393 : 551)	483 (456 : 523)
	Aantal meetdagen	403	7
	NH_3 stal [ppm]	5,4 (2,4 : 9,8)	5,8 (3,5 : 7,7)
	NH_3 ingaand [ppm]	---	0,24 (0,10 : 0,66)
	NH_3-emissie [kg/jaar per dierplaats]	9,3 (4,8 : 22,2)	10,6 (8,1 : 13,9)
	NH_3-emissie [kg/jaar per dier]	10,8 (5,8 : 24,7)	12,4 (9,2 : 16,7)
	Aantal meetdagen	403	7
	CH_4 stal [ppm]	40,5 (13,4 : 136,5)	39,1 (17,9 : 95,9)
	CH_4 ingaand [ppm]	---	4,3 (3,5 : 6,0)
	CH_4-emissie [kg/jaar per dierplaats]	57 (27 : 142)	58 (35 : 122)
	CH_4-emissie [kg/jaar per dier]	66 (32 : 171)	67 (38 : 144)
	Aantal meetdagen	---	7
	N_2O stal [ppm]	---	0,41 (0,40 : 0,43)
	N_2O ingaand [ppm]	---	0,40 (0,39 : 0,42)
	N_2O-emissie [kg/jaar per dierplaats]	---	0,06 (0,01 : 0,11)
	N_2O-emissie [kg/jaar per dier]	---	0,07 (0,01 : 0,13)

Tabel JV4.1c *Gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue als protocollaire metingen over de gehele productieronde. Voor de emissies per dierplaats is geen leegstandsfactor toegepast (Groenestein en Aarnink; 2008). ---: niet gemeten. Op deze locatie zijn voor geur en PM10 geen metingen uitgevoerd.*

	Kenmerk	Continue	Protocol
Klimaat	T-binnen [°C]	16,7 (3,0 : 29,6)	17,5 (11,5 : 22,6)
	RV-binnen [%]	73 (35 : 100)	76 (47 : 100)
	T-buiten [°C]	11,9 (-2,6 : 26,8)	13,1 (8,7 : 18,3)
	RV-buiten [%]	79 (45 : 98)	79 (58 : 95)
Resultaten	Aantal meetdagen	403	7
	Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]	213 (36 : 1057)	227 (46 : 718)
	CO_2 stal [ppm]	958 (508 : 1828)	952 (592 : 1536)
	CO_2 ingaand [ppm]	478 (393 : 572)	481 (447 : 523)
	Aantal meetdagen	403	7
	NH_3 stal [ppm]	6,2 (2,4 : 13,4)	6,3 (3,5 : 8,3)
	NH_3 ingaand [ppm]	0,21 (0,10 : 0,44)	0,20 (0,05 : 0,66)
	NH_3-emissie [kg/jaar per dierplaats]	6,5 (1,8 : 22,2)	7,2 (2,2 : 13,9)
	NH_3-emissie [kg/jaar per dier]	7,3 (1,7 : 24,7)	8,1 (2,1 : 16,7)
	Aantal meetdagen	399	7
	CH_4 stal [ppm]	56,3 (13,4 : 163,2)	57,1 (17,9 : 117,5)
	CH_4 ingaand [ppm]	4,2 (3,6 : 5,1)	4,2 (2,6 : 6,0)
	CH_4-emissie [kg/jaar per dierplaats]	45 (18 : 142)	46 (25 : 122)
	CH_4-emissie [kg/jaar per dier]	50 (20 : 171)	51 (24 : 144)
	Aantal meetdagen	---	7
	N_2O stal [ppm]	---	0,56 (0,40 : 1,10)
	N_2O ingaand [ppm]	---	0,40 (0,38 : 0,42)
	N_2O-emissie [kg/jaar per dierplaats]	---	0,24 (0,01 : 0,83)
	N_2O-emissie [kg/jaar per dier]	---	0,25 (0,01 : 0,83)



Figuur JV4.1 *a) Verdeling van de metingen over de seizoenen; b) t/m g) Continue metingen van een aantal klimaatparameters. T: temperatuur; RV: relatieve vochtigheid.*



Figuur JV4.2. *Links: afdeling met jonge dieren; Rechts: afdeling met oude dieren; Boven: CH_4-emissie [kg/jaar per dierplaats]; Midden: NH_3-emissie [kg/jaar per dierplaats]; Onder: Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]. De protocollaire metingen worden met rode cirkels weergegeven. De emissies in deze figuur zijn niet door leegstand gecorrigeerd.*

Tabel JV4.2a *Data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, gemiddelde klimaat- en managementgegevens, en meetresultaten (ventilatiedebiet, concentraties en emissies) tijdens de protocollaire metingen voor de afdeling met jongere dieren (< 1 jaar). Voor jongvee wordt geen leegstandsfactor toegepast (Groenestein en Aarnink, 2008).*

		1	2	3	4	5	6	7
	Datum	14-7-2021	7-9-2021	1-11-2021	13-12-2021	14-2-2022	19-4-2022	27-6-2022
	Dag in het jaar	195	250	305	347	45	109	178
Klimaat	T-binnen [°C]	21,8	22,6	16,6	13,8	14,5	17,9	22,1
	RV-binnen [%]	85,2	65,8	75,4	87,3	72,4	51,3	68,1
	T-buiten [°C]	18,0	18,3	9,9	8,7	9,1	11,6	16,3
	RV-buiten [%]	95,1	76,4	81,2	88,6	71,5	57,6	86,0
Management	Dierplaatsen	39	39	39	39	39	39	39
	Aantal dieren	40	43	37	41	39	33	39
	Weide [aantal uren]	0	0	0	0	0	0	0
	Bezettingsgraad [%]	103	110	95	105	100	85	100
Meetresultaten	CO_2 stal [ppm]	906	993	1485	1536	1455	822	881
	CO_2 ingaand [ppm]	459	508	483	523	474	447	467
	Debiet [m^3/dier/uur]	100	92	46	46	47	121	108
	NH_3 stal [ppm]	5,9	6,5	7,1	8,3	6,4	6,9	6,2
	NH_3 ingaand [ppm]	0,05	0,15	0,21	0,22	0,20	0,19	0,12
	NH_3 emissie [kg/dierplaats/jaar]	4,8	5,2	3,2	2,2	2,8	3,7	4,7
	NH_3 emissie [kg/dier/jaar]	4,7	4,7	3,4	2,1	2,8	4,4	4,7
	CH_4 stal [ppm]	34,4	54,0	116,7	117,5	91,8	74,1	37,8
	CH_4 ingaand [ppm]	2,6	4,7	4,2	6,0	3,5	3,8	3,8
	CH_4 emissie [kg/dierplaats/jaar]	24,7	37,9	49,2	28,6	37,9	36,8	24,7
	CH_4 emissie [kg/dier/jaar]	24,1	34,4	51,9	27,2	37,9	43,5	24,7
	N_2O stal [ppm]	0,52	0,58	0,99	0,69	1,10	0,48	0,63
	N_2O ingaand [ppm]	0,40	0,41	0,40	0,41	0,39	0,40	0,38
	N_2O emissie [kg/dierplaats/jaar]	0,24	0,36	0,71	0,20	0,83	0,12	0,50
	N_2O emissie [kg/dier/jaar]	0,23	0,33	0,75	0,19	0,83	0,14	0,50

Tabel JV4.2b *Data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, gemiddelde klimaat- en managementgegevens, en meetresultaten (ventilatiedebiet, concentraties en emissies) tijdens de protocollaire metingen voor de afdeling met oudere dieren (1 jaar en ouder). Voor jongvee wordt geen leegstandsfactor toegepast (Groenestein en Aarnink, 2008).*

		1	2	3	4	5	6	7
	Datum	14-7-2021	7-9-2021	1-11-2021	13-12-2021	14-2-2022	19-4-2022	27-6-2022
	Dag in het jaar	195	250	305	347	45	109	178
Klimaat	T-binnen [°C]	20,5	22,0	12,8	11,6	11,5	15,9	20,9
	RV-binnen [%]	99,9	73,8	88,5	96,8	73,9	47,0	84,9
	T-buiten [°C]	18,0	18,3	9,9	8,7	9,1	11,6	16,3
	RV-buiten [%]	95,1	76,4	81,2	88,6	71,5	57,6	86,0
Management	Dierplaatsen	70	70	70	70	70	70	70
	Aantal dieren	58	57	60	59	64	64	58
	Weide [aantal uren]	0	0	0	0	0	0	0
	Bezettingsgraad [%]	83	81	86	84	91	91	83
Meetresultaten	CO_2 stal [ppm]	592	836	716	871	771	746	717
	CO_2 ingaand [ppm]	468	508	483	523	474	456	467
	Debiet [m^3/dier/uur]	718	268	393	264	309	311	354
	NH_3 stal [ppm]	3,5	7,1	6,2	5,9	4,8	5,3	7,7
	NH_3 ingaand [ppm]	0,10	0,66	0,21	0,22	0,20	0,20	0,12
	NH_3 emissie [kg/dierplaats/jaar]	12,6	8,8	13,0	8,1	8,4	9,2	13,9
	NH_3 emissie [kg/dier/jaar]	15,2	10,8	15,2	9,6	9,2	10,0	16,7
	CH_4 stal [ppm]	17,9	35,3	30,7	95,9	42,7	24,3	26,8
	CH_4 ingaand [ppm]	4,3	4,7	4,2	6,0	3,5	3,8	3,8
	CH_4 emissie [kg/dierplaats/jaar]	47,4	39,2	54,0	121,6	67,4	34,9	39,8
	CH_4 emissie [kg/dier/jaar]	57,3	48,1	63,0	144,2	73,8	38,1	48,0
	N_2O stal [ppm]	0,40	0,41	0,40	0,43	0,41	0,43	0,41
	N_2O ingaand [ppm]	0,40	0,41	0,40	0,41	0,39	0,42	0,39
	N_2O emissie [kg/dierplaats/jaar]	0,01	0,03	0,03	0,08	0,11	0,05	0,11
	N_2O emissie [kg/dier/jaar]	0,01	0,03	0,04	0,09	0,12	0,05	0,13

Bijlage D Resultaten per bedrijf: Blankvleeskalveren

VKB1

In tabellen VKB1.1 en VKB1.2 worden de productieresultaten en het rantsoen tijdens de gemeten productieronden weergegeven. De lengte van de productieronden en het gemiddelde begin- en eindgewicht van de dieren waren iets hoger dan de landelijke gemiddelden (Blanken e.a., 2022). Ook bij het rantsoen lagen de toegepaste hoeveelheden kalvermelkpoeder, mengvoer en stro hoger dan de landelijke gemiddelden.

Tabel VKB1.1 *Productieresultaten en landelijk gemiddelden (Blanken e.a., 2022).*

	Ronde 1	Ronde 2	Landelijk gemiddelde
Begindatum	02-4-2021	23-11-2021	---
Einddatum	20-10-2021	26-6-22	---
Lengte productieronde (dagen)	201	204	190
Aantal dieren aan het begin van de ronde	132	136	---
Aantal dieren afgeleverd	128	135	---
Gemiddeld gewicht (kg; begin ronde)	52	42	44
Gemiddeld gewicht (kg; afloop ronde)	291	280	268

Tabel VKB1.2 *Rantsoen tijden de gemeten productieronden en landelijk gemiddelden (Blanken e.a., 2022).*

	Ronde 1	Ronde 2	Landelijk gemiddelde
Kalvermelkpoeder [kg/dier]	278	254	235
Mengvoer [kg/dier]	371	374	325
Stro [kg/dier]	70	63	38
% ds krachtvoer	90	91	94
% ds ruwvoer	10	9	6

De gerapporteerde resultaten hebben betrekking op metingen die in de periode 20/05/2021 – 14/06/2022 zijn uitgevoerd. In deze periode zijn er zes protocollaire metingen uitgevoerd, verdeeld over de verschillende seizoenen en de verschillende fasen in een productieronde (Figuur VKB1.1). De gemiddelde dag in het jaar bij de protocollaire metingen was 152, de gemiddelde dag in de productieronde was 124. In Tabel VKB1.3 worden de gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue als protocollaire metingen samengevat. De gemiddelde buitentemperatuur tijdens de protocollaire metingen was hoger dan, en de relatieve luchtvochtigheid lager dan de langdurige 20-jaargemiddelden (2001-2020) bij het KNMI-weerstation in De Bilt (T: 10,7 °C; RV: 81%). Voor de continue metingen was de gemiddelde buitentemperatuur hoger dan de langdurige 10-jaargemiddelde, de relatieve luchtvochtigheid was vergelijkbaar. De CO_2-concentratie in de stal lag altijd onder de 3000 ppm. In Figuur VKB1.1 worden de continue metingen voor een aantal klimaatparameters (gemeten binnentemperatuur en -luchtvochtigheid; buitentemperatuur en relatieve luchtvochtigheid buiten bij het KNMI-meteostation De Bilt) grafisch weergegeven.

In Figuur VKB1.2 worden per dag de ammoniak- en methaanemissies en het ventilatiedebiet voor de continue metingen weergegeven. De resultaten van de emissiemetingen worden in Tabel VKB1.3 voor zowel de continue als voor de protocollaire metingen samengevat. Bij de bepaling van deze jaaremissies is een leegstandsfactor van 0,93 (7% leegstand) toegepast (Groenestein en Aarnink, 2008).

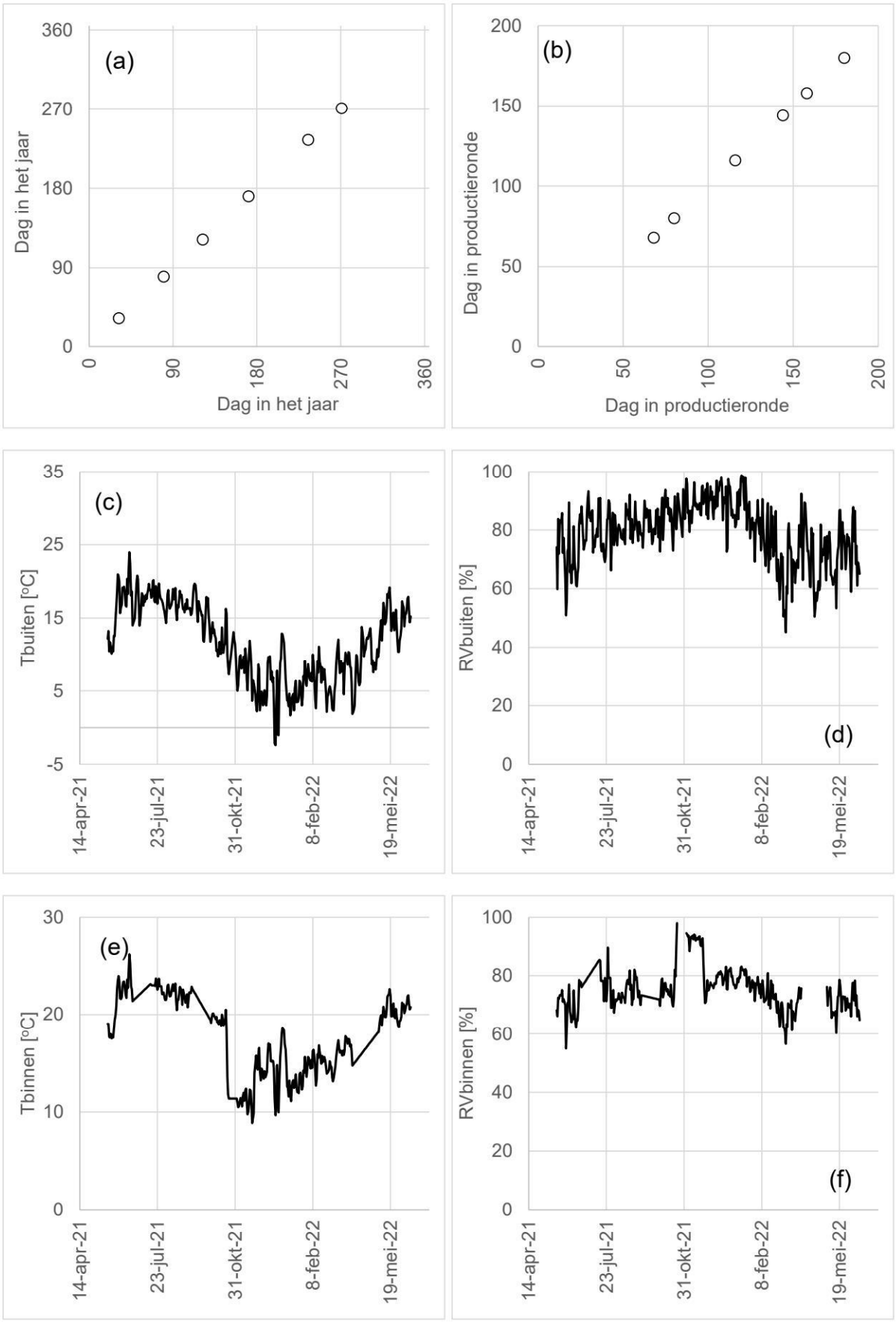
Op basis van alle meetgegevens (continue metingen) werd een ventilatiedebiet gemeten van 89 m^3/uur per dier. De emissies van NH_3 en CH_4 op jaarbasis waren respectievelijk 3,7 kg NH_3/jaar/dierplaats en 13 kg CH_4/jaar/dierplaats. Voor N_2O, PM10 en geur zijn geen continue metingen uitgevoerd.

Op basis van de protocollaire metingen werd een ventilatiedebiet gemeten van 99 m^3/uur per dier. De emissies van NH_3, CH_4, N_2O, PM10 en geur op jaarbasis waren respectievelijk 5,0 kg NH_3/jaar/dierplaats, 17 kg CH_4/jaar/dierplaats, 57 g N_2O/jaar/dierplaats, 11 g PM10/jaar/dierplaats, en 119 OU_E/s/dierplaats.

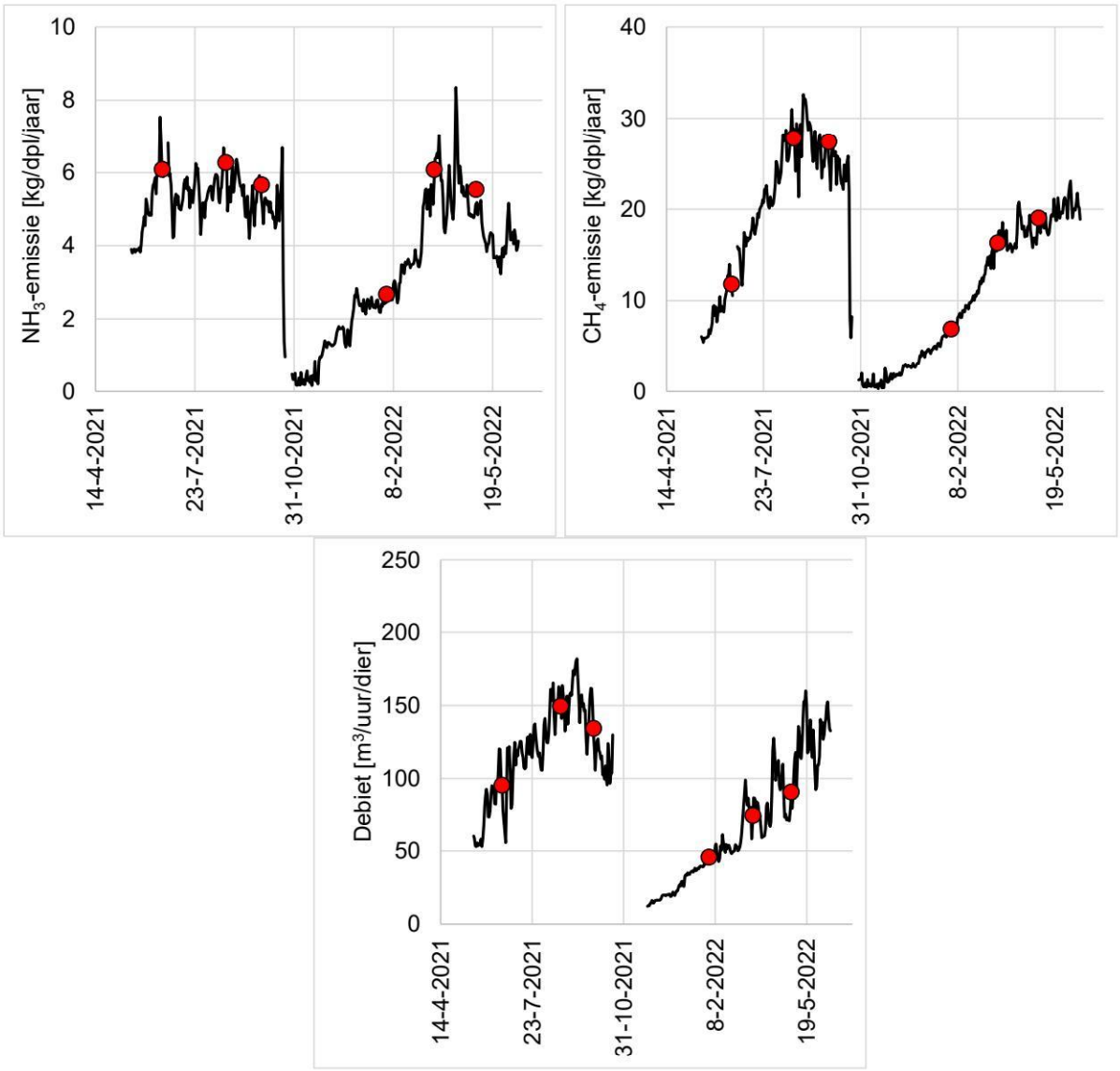
In Tabel VKB1.4 worden de data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens en meetresultaten tijdens de protocollaire metingen samengevat.

Tabel VKB1.3 *Gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue als protocollaire metingen. Voor de emissies per dierplaats is een leegstandsfactor van 0,93 (7% leegstand) toegepast (Groenestein en Aarnink; 2008). Voor de emissies per dier is geen leegstandsfactor toegepast.* ---: niet gemeten.

	Kenmerk	Continue	Protocol
Klimaat	T-binnen (°C)	17,9 (8,8 : 26,2)	18,9 (14,5 : 22,6)
	RV-binnen (%)	75 (55 : 98)	74 (66 : 78)
	T-buiten (°C)	11,5 (-2,4 : 24,0)	12,8 (7,4 : 18,6)
	RV-buiten (%)	79 (45 : 99)	75 (63 : 83)
Resultaten	Aantal meetdagen	350	6
	Ventilatiedebiet (m^3/uur/dier)	89 (12 : 182)	99 (46 : 150)
	CO_2 stal (ppm)	1354 (494 : 1891)	1340 (1167 : 1604)
	CO_2 buiten (ppm)	500 (434 : 1123)	485 (456 : 585)
	Aantal meetdagen	380	6
	NH_3 stal (ppm)	8,7 (4,0 : 14,9)	8,9 (6,6 : 12,0)
	NH_3 buiten (ppm)	---	0,08 (0,05 : 0,11)
	NH_3-emissie (kg/jaar per dierplaats)	3,7 (0,1 : 7,8)	5,0 (2,5 : 5,8)
	NH_3-emissie (g/dag per dier)	11,5 (2,4 : 21,7)	14,3 (6,9 : 16,8)
	Aantal meetdagen	380	6
	CH_4 stal (ppm)	30 (15 : 52)	32 (23 : 37)
	CH_4 buiten (ppm)	---	2,5 (2,1 : 3)
	CH_4-emissie (kg/jaar per dierplaats)	13,2 (0,3 : 30,3)	17,0 (6,4 : 25,9)
	CH_4-emissie (g/dag per dier)	40,8 (2,5 : 89,4)	48,5 (17,9 : 75,1)
	Aantal meetdagen	---	6
	N_2O stal (ppm)	---	0,43 (0,39 : 0,49)
	N_2O buiten (ppm)	---	0,40 (0,36 : 0,48)
	N_2O-emissie (kg/jaar per dierplaats)	---	0,06 (0,01 : 0,22)
	N_2O-emissie (g/dag per dier)	---	0,16 (0,03 : 0,63)
	Aantal meetdagen	---	6
	Geur stal [OU_E/m^3]	---	5155 (3439 : 8578)
	Geur buiten [OU_E/m^3]	---	---
	Geuremissie [OU_E/s per dierplaats]	---	128 (53 : 320)
	Geuremissie [OU_E/s per dier]		124 (50 : 320)
	Aantal meetdagen	---	6
	PM10 stal [mg/m^3]	---	0,021 (0,015 : 0,027)
	PM10 buiten [mg/m^3]	---	0,008 (0,004 : 0,013)
	PM10-emissie [g/jaar per dierplaats]	---	10,8 (4,1 : 17,9)
	PM10-emissie [mg/dag per dier]	---	31,0 (11,3 : 52,7)



Figuur VKB1.1 *Verdeling van de metingen over de seizoenen (a) en binnen een productieronde (b); c) t/m f) Continue metingen van een aantal klimaatparameters. T: temperatuur; RV: relatieve vochtigheid.*



Figuur VKB1.2 *Linksboven: NH_3-emissie; Rechtsboven: CH_4-emissie. Onder: ventilatiedebiet. De protocollaire metingen worden met rode cirkels weergegeven.*

Tabel VKB1.4 *Data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, gemiddelde klimaat- en managementgegevens, en meetresultaten (ventilatiedebiet, concentraties en emissies) tijdens de protocollaire metingen. ---: niet gemeten.*

		1	2	3	4	5	6
	Datum	20-6-2021	23-8-2021	28-9-2021	1-2-2022	21-3-2022	2-5-2022
	Dag in het jaar	171	235	271	32	80	122
Klimaat	T-binnen (°C)	22,6	22,3	19,6	14,5	16,2	18,0
	RV-binnen (%)	77,8	75,1	71,9	77,5	66,4	---
	T-buiten (°C)	18,6	18,2	14,0	7,4	7,7	10,8
	RV-buiten (%)	82,3	76,9	77,5	83,5	69,4	62,9
Management	Dierplaatsen	128	128	128	128	128	128
	Aanwezige dieren	132	131	128	136	135	135
	Bezettingsgraad	103	102	100	106	105	105
	Dag in productieronde	80	144	180	68	116	158
	Gewicht [kg]	146	221	264	120	176	224
Resultaten	CO_2 stal (ppm)	1167	1217	1326	1375	1604	1351
	CO_2 buiten (ppm)	458	463	465	480	585	456
	Debiet (m^3/uur/dier)	96	150	134	46	75	91
	NH_3 stal (ppm)	10,1	6,6	6,8	8,6	12,0	9,1
	NH_3 buiten (ppm)	0,10	0,05	0,11	0,05	0,10	0,05
	NH_3 emissie (kg/jaar per dierplaats)	6,1	6,3	5,7	2,7	6,1	5,5
	CH_4 stal (ppm)	22,7	33,6	37,0	25,7	36,8	35,6
	CH_4 buiten (ppm)	2,1	2,9	2,7	2,1	2,8	2,4
	CH_4 emissie (kg/jaar per dierplaats)	11,8	27,8	27,4	6,9	16,3	19,1
	N_2O stal (ppm)	0,40	0,46	0,41	0,39	0,49	0,46
	N_2O buiten (ppm)	0,38	0,36	0,38	0,37	0,48	0,46
	N_2O emissie (kg/jaar per dierplaats)	0,02	0,24	0,07	0,02	0,02	0,01
	Geur stal [OU_E/m^3]	6972	3967	8578	3939	4033	3439
	Geur buiten [OU_E/m^3]	---	---	---	---	---	---
	Geur emissie [OU_E/s per dierplaats]	191	169	320	53	88	92
	PM10 stal [mg/m^3]	0,015	0,017	0,026	0,023	0,018	0,027
	PM10 buiten [mg/m^3]	0,006	0,004	0,010	0,013	0,006	0,011
	PM10 emissie [g/jaar per dierplaats]	7,8	17,1	19,2	4,4	8,4	12,9

VKB2

In tabellen VKB2.1 en VKB2.2 worden de productieresultaten en het rantsoen tijdens de gemeten productieronden weergegeven. De lengte van de productieronden en het gemiddelde begin- en eindgewicht van de dieren waren vergelijkbaar met de landelijke gemiddelden (Blanken e.a., 2022). Ook bij het rantsoen zijn de toegepaste hoeveelheden kalvermelkpoeder, mengvoer en stro vergelijkbaar met de landelijke gemiddelden.

Tabel VKB2.1 *Productieresultaten en landelijk gemiddelden (Blanken e.a., 2022).*

	Ronde 1	Ronde 2	Landelijk gemiddelde
Begindatum	04-6-2021	06-1-2022	---
Einddatum	8-12-2021	20-7-22	---
Lengte productieronde (dagen)	188	196	190
Aantal dieren aan het begin van de ronde	446	447	---
Aantal dieren afgeleverd	437	434	---
Gemiddeld gewicht (kg; begin ronde)	48	48	44
Gemiddeld gewicht (kg; afloop ronde)	260	292	268

Tabel VKB2.2 *Rantsoen tijden de gemeten productieronden en landelijk gemiddelden (Blanken e.a., 2022).*

	Ronde 1	Ronde 2	Landelijk gemiddelde
Kalvermelkpoeder [kg/dier]	228	260	235
Mengvoer [kg/dier]	310	367	325
Stro [kg/dier]	31	37	38
% ds krachtvoer	95	94	94
% ds ruwvoer	5	6	6

De gerapporteerde resultaten hebben betrekking op metingen die in de periode 26/05/2021 – 21/07/2022 zijn uitgevoerd. In deze periode zijn er zeven protocollaire metingen uitgevoerd, verdeeld over de verschillende seizoenen en de verschillende fasen in een productieronde (Figuur VKB2.1). De gemiddelde dag in het jaar bij de protocollaire metingen was 186, de gemiddelde dag in de productieronde was 96. In Tabel VKB2.3 worden de gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue als protocollaire metingen samengevat. De gemiddelde buitentemperatuur en relatieve luchtvochtigheid tijdens de protocollaire metingen waren hoger dan de langdurige 20-jaargemiddelden (2001-2020) bij het KNMI-weerstation in De Bilt (T: 10,7 °C; RV: 81%). Voor de continue metingen was de gemiddelde buitentemperatuur hoger dan de langdurige 10-jaargemiddelde, de relatieve luchtvochtigheid was vergelijkbaar. De CO_2-concentratie in de stal lag altijd onder de 3000 ppm. In Figuur VKB2.1 worden de continue metingen voor een aantal klimaatparameters (gemeten binnentemperatuur en -luchtvochtigheid; buitentemperatuur en relatieve luchtvochtigheid buiten bij het KNMI-meteostation De Bilt) grafisch weergegeven.

In Figuur VKB2.2 worden per dag de ammoniak- en methaanemissies en het ventilatiedebiet voor de continue metingen weergegeven. De resultaten van de emissiemetingen worden in Tabel VKB2.3 voor zowel de continue als voor de protocollaire metingen samengevat. Bij de bepaling van deze jaaremissies is een leegstandsfactor van 0,93 (7% leegstand) toegepast (Groenestein en Aarnink, 2008).

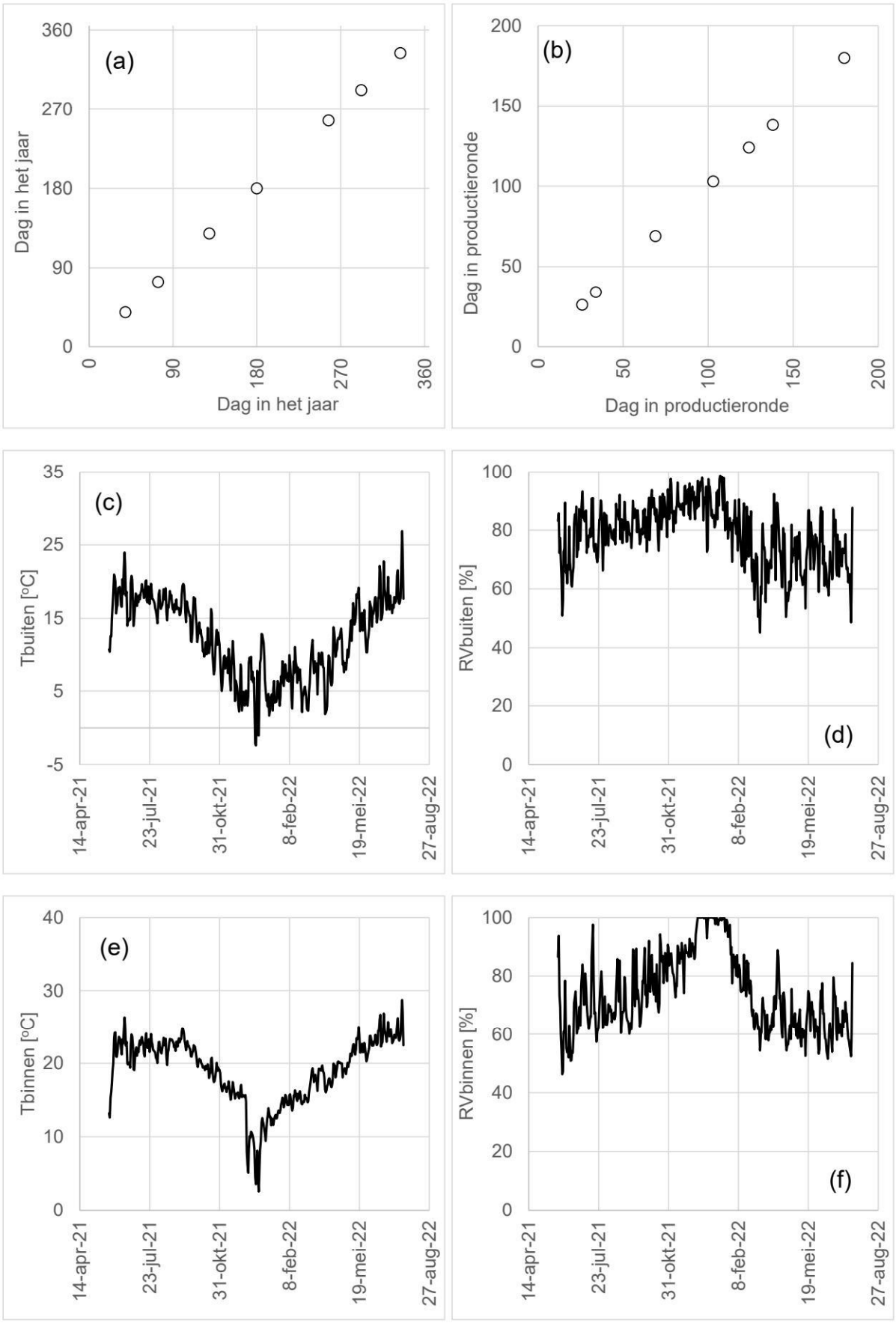
Op basis van alle meetgegevens (continue metingen) werd een ventilatiedebiet gemeten van 84 m^3/uur per dier. De emissies van NH_3 en CH_4 op jaarbasis waren respectievelijk 4,0 kg NH_3/jaar/dierplaats en 11 kg CH_4/jaar/dierplaats. Voor N_2O, PM10 en geur zijn geen continue metingen uitgevoerd.

Op basis van de protocollaire metingen werd een ventilatiedebiet gemeten van 89 m^3/uur per dier. De emissies van NH_3, CH_4, N_2O, PM10 en geur op jaarbasis waren respectievelijk 4,8 kg NH_3/jaar/dierplaats, 12 kg CH_4/jaar/dierplaats, 70 g N_2O/jaar/dierplaats, 7 g PM10/jaar/dierplaats, en 48 OU_E/s/dierplaats.

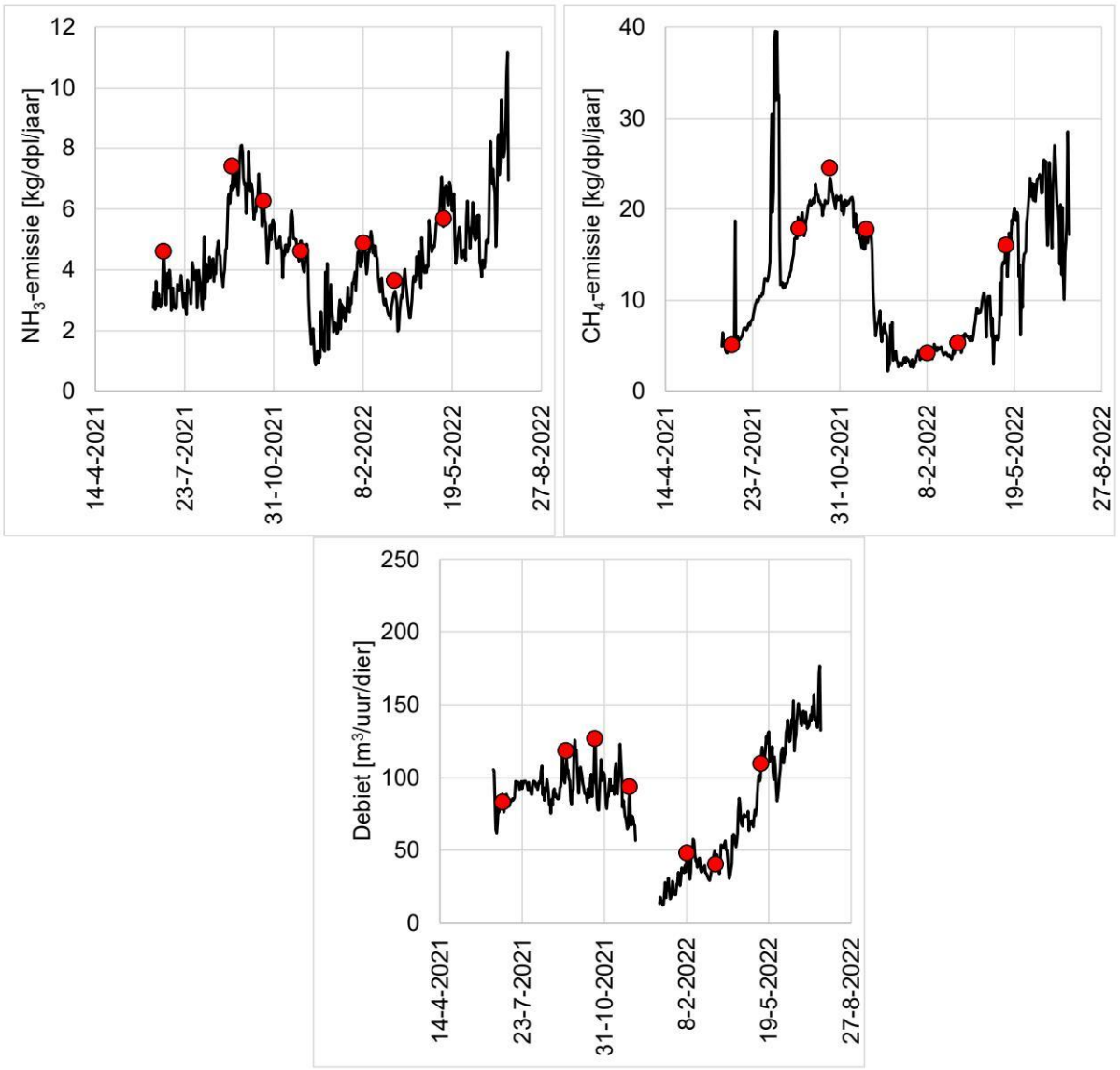
In Tabel VKB2.4 worden de data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens en meetresultaten tijdens de protocollaire metingen samengevat.

Tabel VKB2.3 *Gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue als protocollaire metingen. Voor de emissies per dierplaats is een leegstandsfactor van 0,93 (7% leegstand) toegepast (Groenestein en Aarnink; 2008). Voor de emissies per dier is geen leegstandsfactor toegepast. ---: niet gemeten.*

	Kenmerk	Continue	Protocol
Klimaat	T-binnen (°C)	19,0 (2,5 : 28,7)	19,6 (15,7 : 22,5)
	RV-binnen (%)	74 (46 : 100)	79 (56 : 94)
	T-buiten (°C)	12,2 (-2,4 : 26,9)	13,0 (7,4 : 17,3)
	RV-buiten (%)	78,4 (45,2 : 98,7)	84,3 (64,4 : 95,9)
Resultaten	Aantal meetdagen	371	7
	Ventilatiedebiet (m^3/uur/dier)	84 (12 : 176)	89 (41 : 127)
	CO_2 stal (ppm)	1269 (502 : 2125)	1305 (781 : 1808)
	CO_2 buiten (ppm)	555 (450 : 989)	502 (455 : 569)
	Aantal meetdagen	399	7
	NH_3 stal (ppm)	9,9 (3,8 : 23,3)	10,4 (7,9 : 15,5)
	NH_3 buiten (ppm)	---	0,16 (0,07 : 0,40)
	NH_3-emissie (kg/jaar per dierplaats)	4,0 (0,8 : 10,1)	4,8 (3,3 : 6,7)
	NH_3-emissie (g/dag per dier)	12,5 (5,1 : 30,2)	14,4 (9,8 : 20,2)
	Aantal meetdagen	399	7
	CH_4 stal (ppm)	28 (8 : 76)	26 (12 : 35)
	CH_4 buiten (ppm)	---	2,8 (2,1 : 4)
	CH_4-emissie (kg/jaar per dierplaats)	11,4 (2,0 : 35,9)	11,8 (3,9 : 22,3)
	CH_4-emissie (g/dag per dier)	35,5 (6,9 : 106,7)	35,4 (11,5 : 66,9)
	Aantal meetdagen	---	7
	N_2O stal (ppm)	---	0,45 (0,41 : 0,50)
	N_2O buiten (ppm)	---	0,40 (0,38 : 0,41)
	N_2O-emissie (kg/jaar per dierplaats)	---	0,07 (0,04 : 0,12)
	N_2O-emissie (g/dag per dier)	---	0,21 (0,13 : 0,35)
	Aantal meetdagen	---	7
	Geur stal [OU_E/m^3]	---	2434 (1162 : 3332)
	Geur buiten [OU_E/m^3]	---	---
	Geuremissie [OU_E/s per dierplaats]	---	52 (16 : 101)
	Geuremissie [OU_E/s per dier]		53 (16 : 103)
	Aantal meetdagen	---	7
	PM10 stal [mg/m^3]	---	0,018 (0,013 : 0,034)
	PM10 buiten [mg/m^3]	---	0,009 (0,002 : 0,023)
	PM10-emissie [g/jaar per dierplaats]	---	6,7 (2,5 : 10,6)
	PM10-emissie [mg/dag per dier]	---	20,0 (7,5 : 31,9)



Figuur VKB2.1 *Verdeling van de metingen over de seizoenen (a) en binnen een productieronde (b); c) t/m f) Continue metingen van een aantal klimaatparameters. T: temperatuur; RV: relatieve vochtigheid.*



Figuur VKB2.2 *Linksboven: NH_3-emissie; Rechtsboven: CH_4-emissie. Onder: ventilatiedebiet. De protocollaire metingen worden met rode cirkels weergegeven.*

Tabel VKB2.4 *Data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, gemiddelde klimaat- en managementgegevens, en meetresultaten (ventilatiedebiet, concentraties en emissies) tijdens de protocollaire metingen. ---: niet gemeten.*

		1	2	3	4	5	6	7
	Datum	29-6-2021	14-9-2021	19-10-2021	30-11-2021	8-2-2022	15-3-2022	9-5-2022
	Dag in het jaar	180	257	292	334	39	74	129
Klimaat	T-binnen (°C)	22,5	22,4	20,6	16,7	15,7	17,4	21,9
	RV-binnen (%)	80,6	76,0	94,3	92,7	81,8	72,6	55,7
	T-buiten (°C)	17,3	17,3	16,3	8,6	10,0	7,4	14,3
	RV-buiten (%)	90,5	85,5	91,5	95,9	79,9	82,3	64,4
Management	Dierplaatsen	446	446	446	446	446	446	446
	Aanwezige dieren	442	437	437	437	445	443	440
	Bezettingsgraad	99	98	98	98	100	99	99
	Dag in productieronde	26	103	138	180	34	69	124
	Gewicht [kg]	76	163	202	250	89	133	201
Resultaten	CO_2 stal (ppm)	781	1184	1263	1563	1297	1808	1240
	CO_2 buiten (ppm)	455	508	467	487	488	569	541
	Debiet (m^3/uur/dier)	84	119	127	94	48	41	110
	NH_3 stal (ppm)	8,8	10,1	8,0	7,9	15,5	14,0	8,5
	NH_3 buiten (ppm)	0,07	0,10	0,11	0,14	0,14	0,16	0,40
	NH_3 emissie (kg/jaar per dierplaats)	4,5	7,2	6,1	4,5	4,8	3,6	5,6
	CH_4 stal (ppm)	12,5	28,3	35,0	34,4	16,7	24,8	28,5
	CH_4 buiten (ppm)	2,1	2,7	2,4	2,7	2,3	3,2	4,2
	CH_4 emissie (kg/jaar per dierplaats)	5,0	17,5	23,9	17,4	4,2	5,3	15,7
	N_2O stal (ppm)	0,45	0,47	0,43	0,42	0,50	0,48	0,41
	N_2O buiten (ppm)	0,41	0,40	0,38	0,39	0,39	0,41	0,39
	N_2O emissie (kg/jaar per dierplaats)	0,06	0,12	0,11	0,05	0,09	0,05	0,05
	Geur stal [OU_E/m^3]	1660	2539	2928	3332	1162	2626	2795
	Geur buiten [OU_E/m^3]	---	---	---	---	---	---	---
	Geur emissie [OU_E/s per dierplaats]	38	82	101	85	16	29	84
	PM10 stal [mg/m^3]	0,015	0,023	0,014	0,017	0,014	0,013	0,034
	PM10 buiten [mg/m^3]	0,007	0,015	0,005	0,002	0,004	0,005	0,023
	PM10 emissie [g/jaar per dierplaats]	5,2	7,4	8,9	11,4	4,4	2,7	10,2

VKB3

In tabellen VKB3.1 en VKB3.2 worden de productieresultaten en het rantsoen tijdens de gemeten productieronden weergegeven. De lengte van de productieronden en het gemiddelde begin- en eindgewicht van de dieren waren vergelijkbaar met de landelijke gemiddelden (Blanken e.a., 2022). Ook bij het rantsoen zijn de toegepaste hoeveelheden kalvermelkpoeder en mengvoer vergelijkbaar met de landelijke gemiddelden. Er is iets meer stro gebruikt dan de landelijk gemiddelde.

Tabel VKB3.1 *Productieresultaten en landelijk gemiddelden (Blanken e.a., 2022).*

	Ronde 1	Ronde 2	Landelijk gemiddelde
Begindatum	26-6-2021	18-1-2022	---
Einddatum	26-12-2021	9-8-22	---
Lengte productieronde (dagen)	184	204	190
Aantal dieren aan het begin van de ronde	363	362	---
Aantal dieren afgeleverd	363	363	---
Gemiddeld gewicht (kg; begin ronde)	47	46	44
Gemiddeld gewicht (kg; afloop ronde)	269	293	268

Tabel VKB3.2 *Rantsoen tijden de gemeten productieronden en landelijk gemiddelden (Blanken e.a., 2022).*

	Ronde 1	Ronde 2	Landelijk gemiddelde
Kalvermelkpoeder [kg/dier]	231	269	235
Mengvoer [kg/dier]	329	368	325
Stro [kg/dier]	44	52	38
% ds krachtvoer	93	93	94
% ds ruwvoer	7	7	6

De gerapporteerde resultaten hebben betrekking op metingen die in de periode 20/07/2021 – 06/08/2022 zijn uitgevoerd. In deze periode zijn er zes protocollaire metingen uitgevoerd, verdeeld over de verschillende seizoenen en de verschillende fasen in een productieronde (Figuur VKB3.1). De gemiddelde dag in het jaar bij de protocollaire metingen was 190, de gemiddelde dag in de productieronde was 96. In Tabel VKB3.3 worden de gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue als protocollaire metingen samengevat. De gemiddelde buitentemperatuur en relatieve luchtvochtigheid tijdens de protocollaire metingen waren hoger dan de langdurige 20-jaargemiddelden (2001-2020) bij het KNMI-weerstation in De Bilt (T: 10,7 °C; RV: 81%). Voor de continue metingen was de gemiddelde buitentemperatuur hoger dan de langdurige 10-jaargemiddelde, de relatieve luchtvochtigheid was vergelijkbaar. De CO_2-concentratie in de stal lag altijd onder de 3000 ppm. In Figuur VKB3.1 worden de continue metingen voor een aantal klimaatparameters (gemeten binnentemperatuur en -luchtvochtigheid; buitentemperatuur en relatieve luchtvochtigheid buiten bij het KNMI-meteostation De Bilt) grafisch weergegeven.

In Figuur VKB3.2 worden per dag de ammoniak- en methaanemissies en het ventilatiedebiet voor de continue metingen weergegeven. De resultaten van de emissiemetingen worden in Tabel VKB3.3 voor zowel de continue als voor de protocollaire metingen samengevat. Bij de bepaling van deze jaaremissies is een leegstandsfactor van 0,93 (7% leegstand) toegepast (Groenestein en Aarnink, 2008).

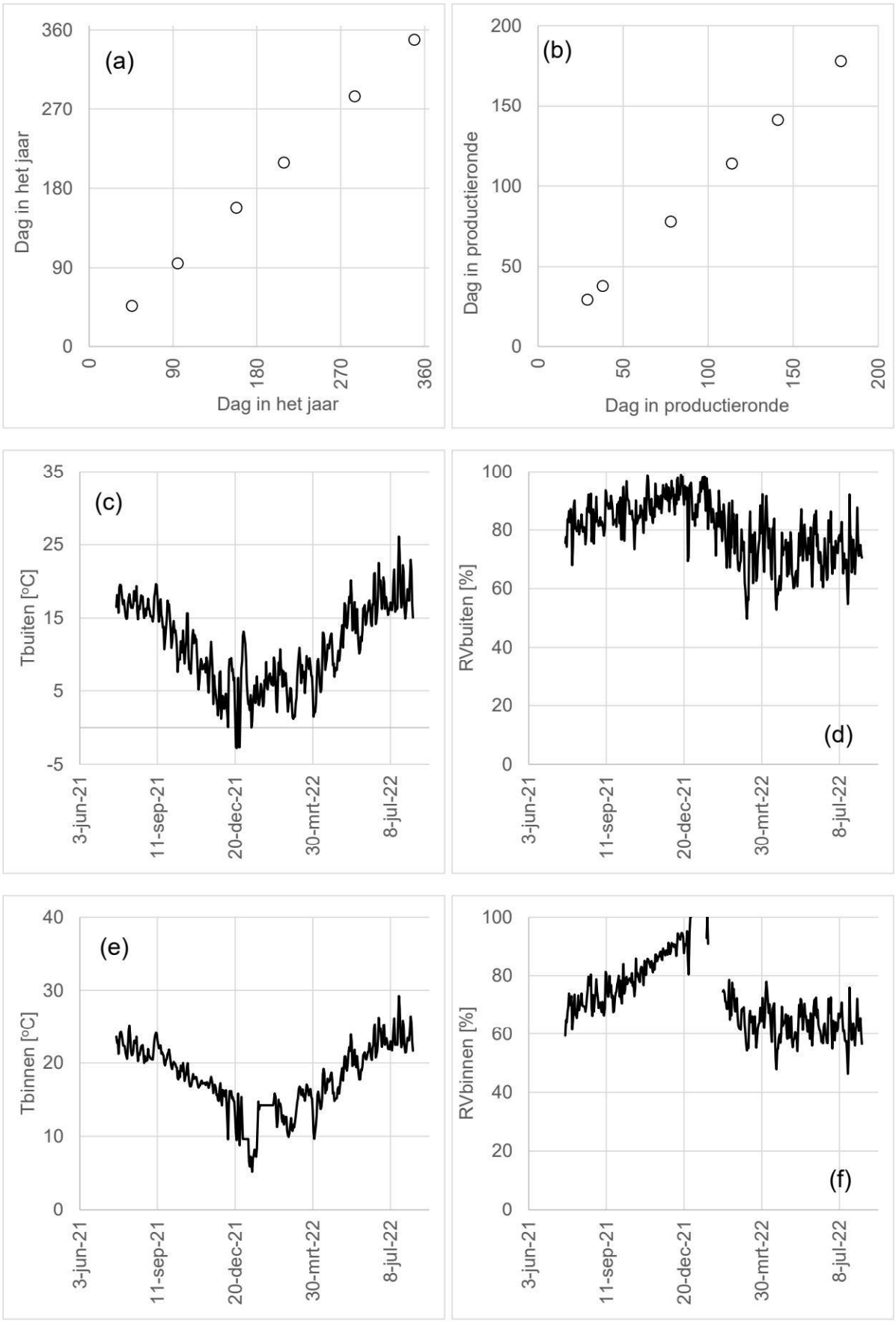
Op basis van alle meetgegevens (continue metingen) werd een ventilatiedebiet gemeten van 89 m^3/uur per dier. De emissies van NH_3 en CH_4 op jaarbasis waren respectievelijk 4,6 kg NH_3/jaar/dierplaats en 35 kg CH_4/jaar/dierplaats. Voor N_2O, PM10 en geur zijn geen continue metingen uitgevoerd.

Op basis van de protocollaire metingen werd een ventilatiedebiet gemeten van 85 m^3/uur per dier. De emissies van NH_3, CH_4, N_2O, PM10 en geur op jaarbasis waren respectievelijk 4,5 kg NH_3/jaar/dierplaats, 34 kg CH_4/jaar/dierplaats, 117 g N_2O/jaar/dierplaats, 26 g PM10/jaar/dierplaats, en 38 OU_E/s/dierplaats.

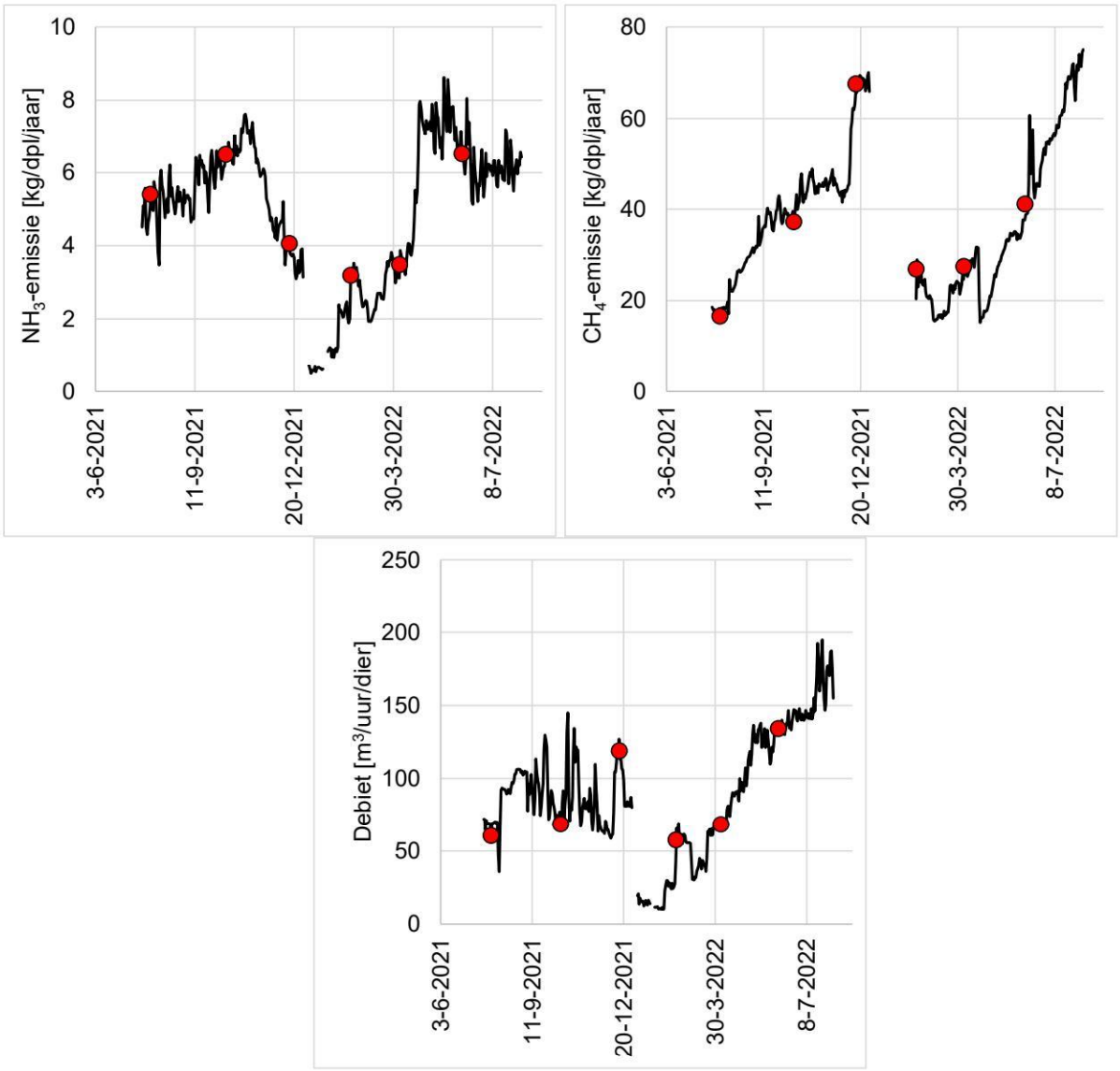
In Tabel VKB3.4 worden de data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens en meetresultaten tijdens de protocollaire metingen samengevat.

Tabel VKB3.3 *Gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue als protocollaire metingen. Voor de emissies per dierplaats is een leegstandsfactor van 0,93 (7% leegstand) toegepast (Groenestein en Aarnink; 2008). Voor de emissies per dier is geen leegstandsfactor toegepast. ---: niet gemeten.*

	Kenmerk	Continue	Protocol
Klimaat	T-binnen (°C)	17,9 (5,2 : 29,2)	18,1 (14,2 : 23,2)
	RV-binnen (%)	71 (46 : 100)	77 (67 : 92)
	T-buiten (°C)	11,2 (-2,8 : 26,1)	11,3 (7,2 : 17,3)
	RV-buiten (%)	80,2 (49,8 : 99,0)	86,2 (78,6 : 92,0)
Resultaten	Aantal meetdagen	375	6
	Ventilatiedebiet (m^3/uur/dier)	89 (10 : 195)	85 (58 : 134)
	CO_2 stal (ppm)	1327 (835 : 2713)	1274 (1005 : 1625)
	CO_2 buiten (ppm)	490 (420 : 580)	479 (454 : 532)
	Aantal meetdagen	375	6
	NH_3 stal (ppm)	9,6 (4,5 : 18,7)	9,9 (5,4 : 15,0)
	NH_3 buiten (ppm)	---	0,10 (0,06 : 0,20)
	NH_3-emissie (kg/jaar per dierplaats)	4,6 (0,5 : 8,0)	4,5 (3,0 : 6,1)
	NH_3-emissie (g/dag per dier)	13,5 (1,3 : 23,6)	13,2 (6,9 : 16,5)
	Aantal meetdagen	336	6
	CH_4 stal (ppm)	71 (31 : 143)	74 (49 : 97)
	CH_4 buiten (ppm)	---	2,6 (2,3 : 3)
	CH_4-emissie (kg/jaar per dierplaats)	35,4 (14,2 : 69,8)	33,7 (15,5 : 62,9)
	CH_4-emissie (g/dag per dier)	103,8 (41,6 : 206,9)	49,5 (17,6 : 74,2)
	Aantal meetdagen	---	6
	N_2O stal (ppm)	---	0,49 (0,42 : 0,64)
	N_2O buiten (ppm)	---	0,40 (0,37 : 0,47)
	N_2O-emissie (kg/jaar per dierplaats)	---	0,12 (0,04 : 0,17)
	N_2O-emissie (g/dag per dier)	---	0,20 (0,03 : 0,48)
	Aantal meetdagen	---	6
	Geur stal [OU_E/m^3]	---	2074 (1048 : 4107)
	Geur buiten [OU_E/m^3]	---	---
	Geuremissie [OU_E/s per dierplaats]	---	41 (17 : 79)
	Geuremissie [OU_E/s per dier]		41 (17 : 78)
	Aantal meetdagen	---	6
	PM10 stal [mg/m^3]	---	0,041 (0,021 : 0,069)
	PM10 buiten [mg/m^3]	---	0,006 (0,003 : 0,009)
	PM10-emissie [g/jaar per dierplaats]	---	25,8 (8,6 : 42,9)
	PM10-emissie [mg/dag per dier]	---	75,8 (25,2 : 125,4)



Figuur VKB3.1 *Verdeling van de metingen over de seizoenen (a) en binnen een productieronde (b); c) t/m f) Continue metingen van een aantal klimaatparameters. T: temperatuur; RV: relatieve vochtigheid.*



Figuur VKB3.2 *Linksboven: NH_3-emissie; Rechtsboven: CH_4-emissie. Onder: ventilatiedebiet. De protocollaire metingen worden met rode cirkels weergegeven.*

Tabel VKB3.4 *Data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, gemiddelde klimaat- en managementgegevens, en meetresultaten (ventilatiedebiet, concentraties en emissies) tijdens de protocollaire metingen. ---: niet gemeten.*

		1	2	3	4	5	6
	Datum	28-7-2021	12-10-2021	15-12-2021	15-2-2022	5-4-2022	7-6-2022
	Dag in het jaar	209	285	349	46	95	158
Klimaat	T-binnen (°C)	23,2	19,3	16,2	14,2	15,6	20,5
	RV-binnen (%)	73,0	78,4	92,3	71,5	78,0	66,5
	T-buiten (°C)	17,3	10,4	9,6	7,2	9,0	14,5
	RV-buiten (%)	84,7	86,2	92,0	84,4	91,6	78,6
Management	Dierplaatsen	360	360	360	360	360	360
	Aanwezige dieren	363	363	363	362	361	358
	Bezettingsgraad	101	101	101	101	100	99
	Dag in productieronde	38	114	178	29	78	141
	Gewicht [kg]	92	183	261	79	139	215
Resultaten	CO_2 stal (ppm)	1005	1625	1433	1049	1333	1201
	CO_2 buiten (ppm)	459	482	532	491	459	454
	Debiet (m^3/uur/dier)	61	69	119	58	69	134
	NH_3 stal (ppm)	14,5	15,0	5,4	8,7	8,0	7,9
	NH_3 buiten (ppm)	0,20	0,10	0,06	0,10	0,07	0,09
	NH_3 emissie (kg/jaar per dierplaats)	5,4	6,5	4,1	3,2	3,5	6,5
	CH_4 stal (ppm)	49,4	93,6	96,7	80,1	69,1	54,9
	CH_4 buiten (ppm)	2,7	2,7	2,5	2,9	2,3	2,6
	CH_4 emissie (kg/jaar per dierplaats)	16,7	37,3	67,6	26,9	27,5	41,2
	N_2O stal (ppm)	0,42	0,49	0,50	0,64	0,46	0,46
	N_2O buiten (ppm)	0,37	0,37	0,40	0,47	0,37	0,40
	N_2O emissie (kg/jaar per dierplaats)	0,05	0,13	0,19	0,16	0,10	0,13
	Geur stal [OU_E/m^3]	1094	2382	2176	1048	4107	1641
	Geur buiten [OU_E/m^3]	---	---	---	---	---	---
	Geur emissie [OU_E/s per dierplaats]	19	46	73	17	79	61
	PM10 stal [mg/m^3]	0,023	0,069	0,053	0,021	0,034	0,047
	PM10 buiten [mg/m^3]	0,005	0,004	0,009	0,003	0,005	0,008
	PM10 emissie [g/jaar per dierplaats]	9,5	39,4	46,1	9,2	17,0	45,4

VKB4

In tabellen VKB4.1 en VKB4.2 worden de productieresultaten en het rantsoen tijdens de gemeten productieronden weergegeven. De lengte van de productieronden was vergelijkbaar met en het gemiddelde begin- en eindgewicht van de dieren groter dan de landelijke gemiddelden (Blanken e.a., 2022). Bij het rantsoen zijn de toegepaste hoeveelheden kalvermelkpoeder, mengvoer en stro hoger dan de landelijke gemiddelden.

Tabel VKB4.1 *Productieresultaten en landelijk gemiddelden (Blanken e.a., 2022).*

	Ronde 1	**Ronde 2**	**Landelijk gemiddelde**
Begindatum	11-10-2021	23-6-2022	---
Einddatum	25-4-2022	5-1-2023	---
Lengte productieronde (dagen)	197	197	190
Aantal dieren aan het begin van de ronde	245	243	---
Aantal dieren afgeleverd	241	241	---
Gemiddeld gewicht (kg; begin ronde)	56	56	44
Gemiddeld gewicht (kg; afloop ronde)	339	321	268

Tabel VKB4.2 *Rantsoen tijden de gemeten productieronden en landelijk gemiddelden (Blanken e.a., 2022).*

	Ronde 1	**Ronde 2**	**Landelijk gemiddelde**
Kalvermelkpoeder [kg/dier]	256	242	235
Mengvoer [kg/dier]	386	379	325
Stro [kg/dier]	52	56	38
% ds krachtvoer	93	92	94
% ds ruwvoer	7	8	6

De gerapporteerde resultaten hebben betrekking op metingen die in de periode 10/09/2021 – 23/10/2022 zijn uitgevoerd. In deze periode zijn er zeven protocollaire metingen uitgevoerd, verdeeld over de verschillende seizoenen en de verschillende fasen in een productieronde (Figuur VKB4.1). De gemiddelde dag in het jaar bij de protocollaire metingen was 196, de gemiddelde dag in de productieronde was 80. In Tabel VKB4.3 worden de gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue als protocollaire metingen samengevat. Tijdens zowel de continue als de protocollaire metingen was de gemiddelde buitentemperatuur iets hoger en de relatieve luchtvochtigheid iets lager dan de langdurige 20-jaargemiddelden (2001-2020) bij het KNMI-weerstation in De Bilt (T: 10,7 °C; RV: 81%). De CO_2-concentratie in de stal lag altijd onder de 3000 ppm. In Figuur VKB4.1 worden de continue metingen voor een aantal klimaatparameters (gemeten binnentemperatuur en -luchtvochtigheid; buitentemperatuur en relatieve luchtvochtigheid buiten bij het KNMI-meteostation De Bilt) grafisch weergegeven.

In Figuur VKB4.2 worden per dag de ammoniak- en methaanemissies en het ventilatiedebiet voor de continue metingen weergegeven. De resultaten van de emissiemetingen worden in Tabel VKB4.3 voor zowel de continue als voor de protocollaire metingen samengevat. Bij de bepaling van deze jaaremissies is een leegstandsfactor van 0,93 (7% leegstand) toegepast (Groenestein en Aarnink, 2008).

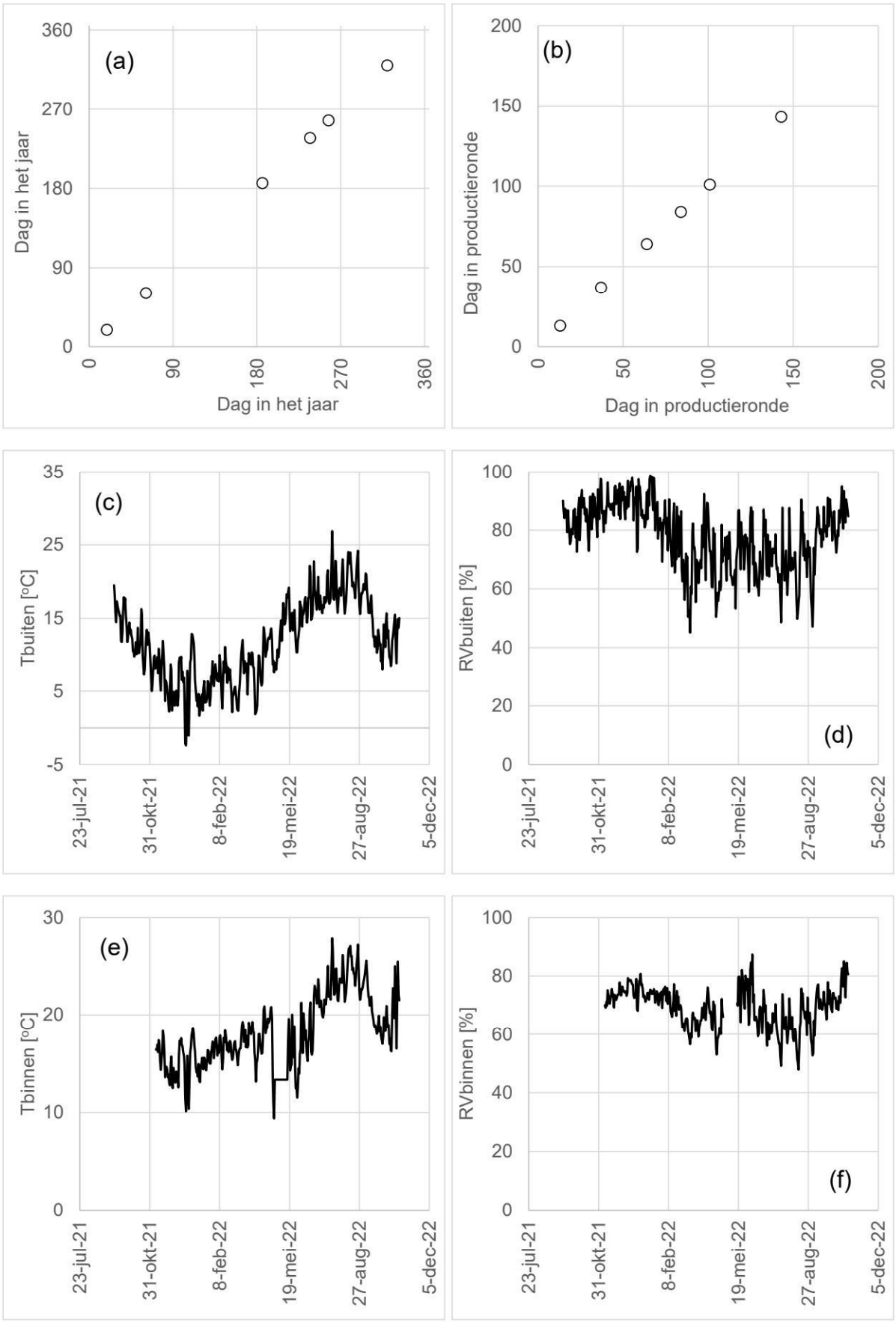
Op basis van alle meetgegevens (continue metingen) werd een ventilatiedebiet gemeten van 58 m^3/uur per dier. De emissies van NH_3 en CH_4 op jaarbasis waren respectievelijk 2,7 kg NH_3/jaar/dierplaats en 12 kg CH_4/jaar/dierplaats. Voor N_2O, PM10 en geur zijn geen continue metingen uitgevoerd.

Op basis van de protocollaire metingen werd een ventilatiedebiet gemeten van 59 m^3/uur per dier. De emissies van NH_3, CH_4, N_2O, PM10 en geur op jaarbasis waren respectievelijk 2,5 kg NH_3/jaar/dierplaats, 13 kg CH_4/jaar/dierplaats, 47 g N_2O/jaar/dierplaats, 10 g PM10/jaar/dierplaats, en 41 OU_E/s/dierplaats.

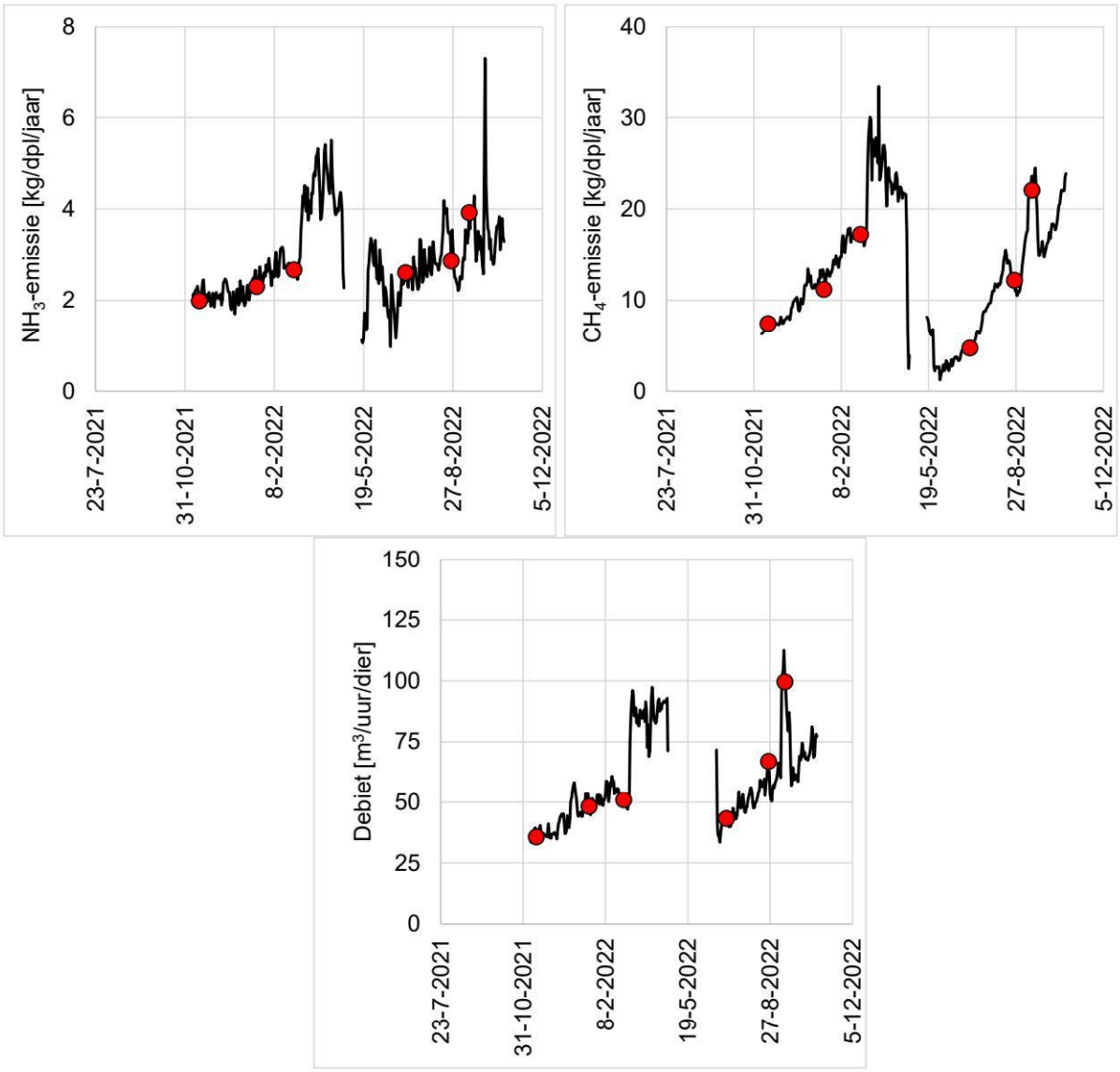
In Tabel VKB4.4 worden de data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens en meetresultaten tijdens de protocollaire metingen samengevat.

Tabel VKB4.3 *Gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue als protocollaire metingen. Voor de emissies per dierplaats is een leegstandsfactor van 0,93 (7% leegstand) toegepast (Groenestein en Aarnink; 2008). Voor de emissies per dier is geen leegstandsfactor toegepast. ---: niet gemeten.*

	Kenmerk	Continue	Protocol
Klimaat	T-binnen (°C)	18,1 (9,4 : 27,9)	18,6 (14,3 : 27,2)
	RV-binnen (%)	69 (48 : 87)	67 (60 : 74)
	T-buiten (°C)	11,7 (-2,4 : 26,9)	11,2 (3,6 : 24,2)
	RV-buiten (%)	77,8 (45,2 : 98,7)	77,3 (64,1 : 92,2)
Resultaten	Aantal meetdagen	291	7
	Ventilatiedebiet (m^3/uur/dier)	58 (33 : 113)	59 (36 : 100)
	CO_2 stal (ppm)	1298 (417 : 2187)	1446 (940 : 2115)
	CO_2 buiten (ppm)	507 (468 : 574)	487 (437 : 541)
	Aantal meetdagen	330	7
	NH_3 stal (ppm)	7,6 (1,4 : 16,9)	7,7 (6,3 : 9,6)
	NH_3 buiten (ppm)	---	0,07 (0,05 : 0,11)
	NH_3-emissie (kg/jaar per dierplaats)	2,7 (0,9 : 6,8)	2,5 (1,9 : 3,6)
	NH_3-emissie (g/dag per dier)	8,1 (3,2 : 20,0)	7,5 (5,4 : 10,7)
	Aantal meetdagen	330	7
	CH_4 stal (ppm)	38 (5 : 68)	42 (21 : 60)
	CH_4 buiten (ppm)	---	2,9 (2,4 : 4)
	CH_4-emissie (kg/jaar per dierplaats)	12,2 (1,1 : 31,2)	12,9 (4,4 : 20,5)
	CH_4-emissie (g/dag per dier)	39,3 (9,2 : 91,8)	37,9 (13,0 : 60,5)
	Aantal meetdagen	---	7
	N_2O stal (ppm)	---	0,43 (0,39 : 0,46)
	N_2O buiten (ppm)	---	0,38 (0,35 : 0,41)
	N_2O-emissie (kg/jaar per dierplaats)	---	0,05 (0,03 : 0,08)
	N_2O-emissie (g/dag per dier)	---	0,14 (0,09 : 0,24)
	Aantal meetdagen	---	7
	Geur stal [OU_E/m^3]	---	3012 (1606 : 4737)
	Geur buiten [OU_E/m^3]	---	---
	Geuremissie [OU_E/s per dierplaats]	---	44 (21 : 77)
	Geuremissie [OU_E/s per dier]		44 (21 : 71)
	Aantal meetdagen	---	7
	PM10 stal [mg/m^3]	---	0,029 (0,020 : 0,043)
	PM10 buiten [mg/m^3]	---	0,009 (0,004 : 0,016)
	PM10-emissie [g/jaar per dierplaats]	---	9,8 (5,3 : 17,5)
	PM10-emissie [mg/dag per dier]	---	28,9 (15,4 : 51,5)



Figuur VKB4.1 *Verdeling van de metingen over de seizoenen (a) en binnen een productieronde (b); c) t/m f) Continue metingen van een aantal klimaatparameters. T: temperatuur; RV: relatieve vochtigheid.*



Figuur VKB4.2 *Linksboven: NH_3-emissie; Rechtsboven: CH_4-emissie. Onder: ventilatiedebiet. De protocollaire metingen worden met rode cirkels weergegeven.*

Tabel VKB4.4 *Data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, gemiddelde klimaat- en managementgegevens, en meetresultaten (ventilatiedebiet, concentraties en emissies) tijdens de protocollaire metingen. ---: niet gemeten.*

		1	2	3	4	5	6	7
	Datum	16-11-2021	19-1-2022	2-3-2022	5-7-2022	25-8-2022	14-9-2022	19-10-2022
	Dag in het jaar	320	19	61	186	237	257	292
Klimaat	T-binnen (°C)	14,3	14,5	17,3	20,0	27,2	20,4	16,5
	RV-binnen (%)	70,5	74,3	62,8	60,2	59,7	70,1	72,7
	T-buiten (°C)	5,1	3,6	5,6	15,7	24,2	15,5	8,8
	RV-buiten (%)	89,0	92,2	64,5	68,4	64,1	80,3	82,6
Management	Dierplaatsen	242	242	242	242	242	242	242
	Aanwezige dieren	243	243	242	243	243	242	242
	Bezettingsgraad	100	100	100	100	100	100	100
	Dag in productieronde	37	101	143	13	64	84	119
	Gewicht [kg]	107	199	260	72	141	168	215
Resultaten	CO_2 stal (ppm)	1460	1824	2115	940	1170	1223	1390
	CO_2 buiten (ppm)	541	527	538	452	437	469	446
	Debiet (m^3/uur/dier)	36	48	51	43	67	100	68
	NH_3 stal (ppm)	8,8	7,5	8,4	9,6	7,0	6,3	6,4
	NH_3 buiten (ppm)	0,11	0,05	0,09	0,06	0,07	0,06	0,06
	NH_3 emissie (kg/jaar per dierplaats)	2,0	2,3	2,7	2,6	2,9	3,9	2,7
	CH_4 stal (ppm)	37,7	42,0	60,3	20,9	33,9	40,5	56,6
	CH_4 buiten (ppm)	3,1	3,6	3,6	2,4	2,4	2,9	2,4
	CH_4 emissie (kg/jaar per dierplaats)	7,5	11,2	17,2	4,7	12,2	22,1	22,0
	N_2O stal (ppm)	0,45	0,45	0,39	0,46	0,41	0,43	0,43
	N_2O buiten (ppm)	0,37	0,41	0,35	0,37	0,37	0,37	0,39
	N_2O emissie (kg/jaar per dierplaats)	0,04	0,03	0,04	0,07	0,05	0,09	0,03
	Geur stal [OU_E/m^3]	3284	4737	3519	1711	1606	2482	3750
	Geur buiten [OU_E/m^3]	---	---	---	---	---	---	---
	Geur emissie [OU_E/s per dierplaats]	33	64	50	21	30	69	71
	PM10 stal [mg/m^3]	0,024	0,022	0,027	0,020	0,035	0,029	0,043
	PM10 buiten [mg/m^3]	0,006	0,007	0,006	0,004	0,016	0,010	0,011
	PM10 emissie [g/jaar per dierplaats]	5,7	6,5	9,2	6,3	11,3	16,3	18,8

VKB5

In tabellen VKB5.1 en VKB5.2 worden de productieresultaten en het rantsoen tijdens de gemeten productieronden weergegeven. De lengte van de productieronden en het gemiddelde begin- en eindgewicht van de dieren waren vergelijkbaar met de landelijke gemiddelden (Blanken e.a., 2022). Bij het rantsoen zijn de toegepaste hoeveelheden voor kalvermelkpoeder en stro hoger, en voor mengvoer lager dan de landelijke gemiddelden.

Tabel VKB5.1 *Productieresultaten en landelijk gemiddelden (Blanken e.a., 2022).*

	Ronde 1	Ronde 2	Landelijk gemiddelde
Begindatum	31-10-2013	03-06-2014	---
Einddatum	29-04-2014	07-12-2014	---
Lengte productieronde (dagen)	181	188	190
Aantal dieren aan het begin van de ronde	40	42	---
Aantal dieren afgeleverd	37	42	---
Gemiddeld gewicht (kg; begin ronde)	44	49	44
Gemiddeld gewicht (kg; afloop ronde)	223	240	268

Tabel VKB5.2 *Rantsoen tijden de gemeten productieronden en landelijk gemiddelden (Blanken e.a., 2022).*

	Ronde 1	Ronde 2	Landelijk gemiddelde
Kalvermelkpoeder [kg/dier]	276	264	235
Mengvoer [kg/dier]	212	238	325
Stro [kg/dier]	58	59	38
% ds krachtvoer	79	80	94
% ds ruwvoer	21	20	6

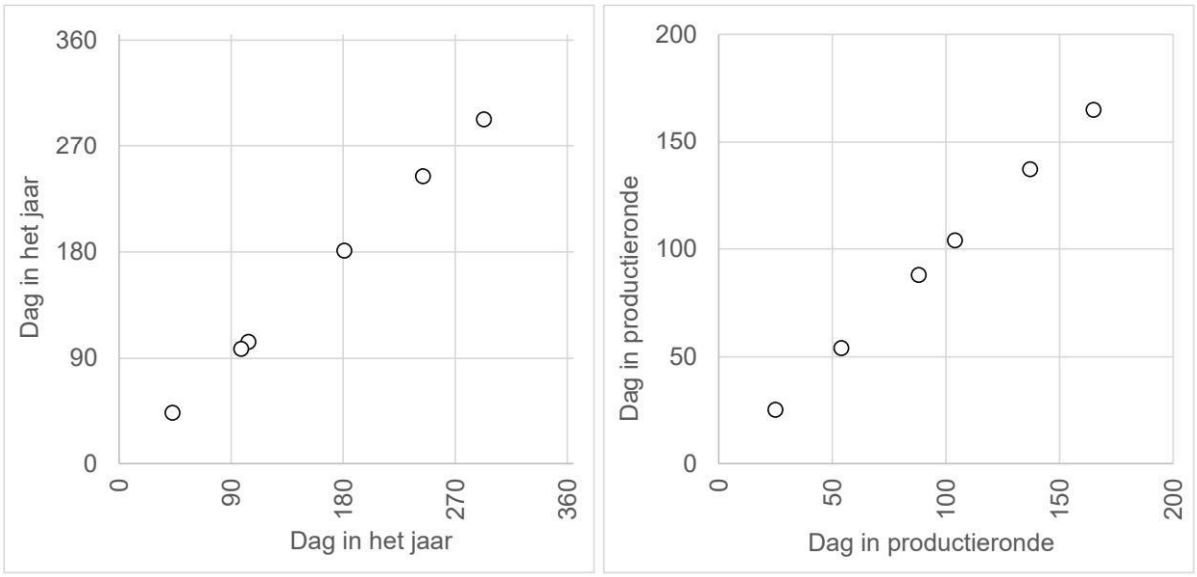
De gerapporteerde resultaten hebben betrekking op metingen die in de periode 12/02/2014 – 08/04/2015 zijn uitgevoerd. In deze periode zijn er zes protocollaire metingen uitgevoerd, verdeeld over de verschillende seizoenen en de verschillende fasen in een productieronde (Figuur VKB5.1). De gemiddelde dag in het jaar bij de protocollaire metingen was 160, de gemiddelde dag in de productieronde was 95. In Tabel VKB5.3 worden de gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters en meetresultaten voor de protocollaire metingen samengevat. De gemiddelde buitentemperatuur was iets hoger en de relatieve luchtvochtigheid iets lager dan de langdurige 20-jaargemiddelden (2001-2020) bij het KNMI-weerstation in De Bilt (T: 10,7 °C; RV: 81%). De CO_2-concentratie in de stal lag altijd onder de 3000 ppm.

De resultaten van de emissiemetingen worden in Tabel VKB5.3 samengevat. Bij de bepaling van deze jaaremissies is een leegstandsfactor van 0,93 (7% leegstand) toegepast (Groenestein en Aarnink, 2008). Op basis van de protocollaire metingen werd een ventilatiedebiet gemeten van 79 m^3/uur per dier. De emissies van NH_3 en geur op jaarbasis waren respectievelijk 5,0 kg NH_3/jaar/dierplaats en 46 OU_E/s/dierplaats. Op deze locatie zijn geen protocollaire metingen voor CH_4, N_2O en PM10 uitgevoerd. Op deze locatie zijn ook geen continue metingen uitgevoerd.

In Tabel VKB5.4 worden de data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens en meetresultaten tijdens de protocollaire metingen samengevat.

Tabel VKB5.3 *Gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters en meetresultaten voor de protocollaire metingen (op deze locatie zijn geen continue metingen uitgevoerd). Voor de emissies per dierplaats is een leegstandsfactor van 0,93 (7% leegstand) toegepast (Groenestein en Aarnink; 2008). Voor de emissies per dier is geen leegstandsfactor toegepast. ---: niet gemeten.*

	Kenmerk	Waarde
Klimaat	T-binnen (°C)	18,7 (15,2 : 22,0)
	RV-binnen (%)	68 (58 : 73)
	T-buiten (°C)	11,8 (6,1 : 16,8)
	RV-buiten (%)	78 (62 : 92)
Resultaten	Aantal meetdagen	6
	Ventilatiedebiet (m^3/uur/dier)	79 (56 : 110)
	CO_2 stal (ppm)	1375 (918 : 1884)
	CO_2 buiten (ppm)	---
	Aantal meetdagen	6
	NH_3 stal (ppm)	10,7 (7,5 : 12,9)
	NH_3 buiten (ppm)	0,11 (0,06 : 0,21)
	NH_3-emissie (kg/jaar per dierplaats)	5,0 (2,9 : 8,2)
	NH_3-emissie (g/dag per dier)	14,8 (8,2 : 24,0)
	Aantal meetdagen	---
	CH_4 stal (ppm)	---
	CH_4 buiten (ppm)	---
	CH_4-emissie (kg/jaar per dierplaats)	---
	CH_4-emissie (g/dag per dier)	---
	Aantal meetdagen	---
	N_2O stal (ppm)	---
	N_2O buiten (ppm)	---
	N_2O-emissie (kg/jaar per dierplaats)	---
	N_2O-emissie (g/dag per dier)	---
	Aantal meetdagen	6
	Geur stal [OU_E/m^3]	2510 (1449 : 4506)
	Geur buiten [OU_E/m^3]	---
	Geuremissie [OU_E/s per dierplaats]	50 (27 : 74)
	Geuremissie [OU_E/s per dier]	50 (27 : 73)
	Aantal meetdagen	---
	PM10 stal [mg/m^3]	---
	PM10 buiten [mg/m^3]	---
	PM10-emissie [g/jaar per dierplaats]	---
	PM10-emissie [mg/dag per dier]	---



Figuur VKB5.1 *Verdeling van de metingen over de seizoenen (links) en binnen een productieronde (rechts).*

Tabel VKB5.4 *Data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, gemiddelde klimaat- en managementgegevens, en meetresultaten (ventilatiedebiet, concentraties en emissies) tijdens de protocollaire metingen. ---: niet gemeten.*

		1	2	3	4	5	6
	Datum	12-2-2014	14-4-2014	30-6-2014	1-9-2014	20-10-2014	8-4-2015
	Dag in het jaar	43	104	181	244	293	98
Klimaat	T-binnen (°C)	15,2	17,4	19,4	22,0	20,5	17,5
	RV-binnen (%)	70,0	64,7	58,1	72,8	72,8	68,8
	T-buiten (°C)	6,1	7,1	15,4	16,8	14,1	11,2
	RV-buiten (%)	82,3	91,7	61,8	77,6	83,1	72,1
Management	Dierplaatsen	40	40	40	40	40	40
	Aanwezige dieren	40	38	42	40	40	42
	Bezettingsgraad	100	95	105	100	100	105
	Dag in productieronde	104	165	25	88	137	54
	Gewicht [kg]	170	230	52	130	185	80
Resultaten	CO_2 stal (ppm)	1445	1593	918	1884	1035	---
	CO_2 buiten (ppm)	---	---	---	---	---	---
	Debiet (m^3/uur/dier)	68	96	64	79	110	56
	NH_3 stal (ppm)	11,3	10,4	7,5	12,2	12,9	9,9
	NH_3 buiten (ppm)	0,09	0,06	0,09	0,08	0,21	0,10
	NH_3 emissie (kg/jaar per dierplaats)	4,9	6,0	3,2	5,9	8,8	3,7
	CH_4 stal (ppm)	---	---	---	---	---	---
	CH_4 buiten (ppm)	---	---	---	---	---	---
	CH_4 emissie (kg/jaar per dierplaats)	---	---	---	---	---	---
	N_2O stal (ppm)	---	---	---	---	---	---
	N_2O buiten (ppm)	---	---	---	---	---	---
	N_2O emissie (kg/jaar per dierplaats)	---	---	---	---	---	---
	Geur stal [OU_E/m^3]	1449	2143	2978	1586	2396	4506
	Geur buiten [OU_E/m^3]	---	---	---	---	---	---
	Geur emissie [OU_E/s per dierplaats]	27,3	54,2	55,7	34,7	73,3	74,2
	PM10 stal [mg/m^3]	---	---	---	---	---	---
	PM10 buiten [mg/m^3]	---	---	---	---	---	---
	PM10 emissie [g/jaar per dierplaats]	---	---	---	---	---	---

VKB6

In tabellen VKB6.1 en VKB6.2 worden de productieresultaten en het rantsoen tijdens de gemeten productieronden weergegeven. De lengte van de productieronden was iets hoger dan, het gemiddelde begingewicht van de dieren vergelijkbaar met, en het eindgewicht van de dieren iets lager dan de landelijke gemiddelden (Blanken e.a., 2022). Bij het rantsoen zijn de toegepaste hoeveelheden voor kalvermelkpoeder hoger, en voor mengvoer lager dan de landelijke gemiddelden.

Tabel VKB6.1 *Productieresultaten en landelijk gemiddelden (Blanken e.a., 2022).*

	Ronde 1	Ronde 2	Landelijk gemiddelde
Begindatum	10-12-2013	06-08-2014	---
Einddatum	01-07-2014	24-02-2015	---
Lengte productieronde (dagen)	204	203	190
Aantal dieren aan het begin van de ronde	76	76	---
Aantal dieren afgeleverd	70	74	---
Gemiddeld gewicht (kg; begin ronde)	45	41	44
Gemiddeld gewicht (kg; afloop ronde)	234	243	268

Tabel VKB6.2 *Rantsoen tijden de gemeten productieronden en landelijk gemiddelden (Blanken e.a., 2022).*

	Ronde 1	Ronde 2	Landelijk gemiddelde
Kalvermelkpoeder [kg/dier]	303	274	235
Mengvoer [kg/dier]	251	269	325
Stro [kg/dier]	---	---	38
% ds krachtvoer	100	100	94
% ds ruwvoer	0	0	6

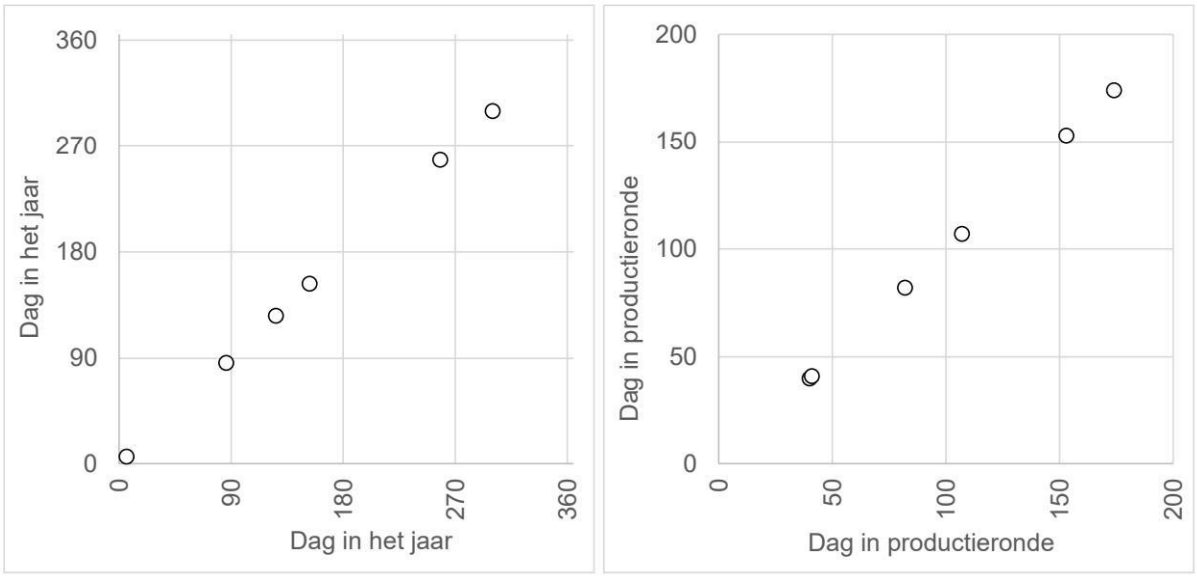
De gerapporteerde resultaten hebben betrekking op metingen die in de periode 27/03/2014 – 06/05/2015 zijn uitgevoerd. In deze periode zijn er zes protocollaire metingen uitgevoerd, verdeeld over de verschillende seizoenen en de verschillende fasen in een productieronde (Figuur VKB6.1). De gemiddelde dag in het jaar bij de protocollaire metingen was 155, de gemiddelde dag in de productieronde was 100. In Tabel VKB6.3 worden de gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters en meetresultaten voor de protocollaire metingen samengevat. De gemiddelde buitentemperatuur was hoger en de relatieve luchtvochtigheid lager dan de langdurige 20-jaargemiddelden (2001-2020) bij het KNMI-weerstation in De Bilt (T: 10,7 °C; RV: 81%). De CO_2-concentratie in de stal lag altijd onder de 3000 ppm.

De resultaten van de emissiemetingen worden in Tabel VKB6.3 samengevat. Bij de bepaling van deze jaaremissies is een leegstandsfactor van 0,93 (7% leegstand) toegepast (Groenestein en Aarnink, 2008). Op basis van de protocollaire metingen werd een ventilatiedebiet gemeten van 78 m^3/uur per dier. De emissies van NH_3 en geur op jaarbasis waren respectievelijk 5,1 kg NH_3/jaar/dierplaats en 35 OU_E/s/dierplaats. Op deze locatie zijn geen protocollaire metingen voor CH_4, N_2O en PM10 uitgevoerd. Op deze locatie zijn ook geen continue metingen uitgevoerd.

In Tabel VKB6.4 worden de data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens en meetresultaten tijdens de protocollaire metingen samengevat.

Tabel VKB6.3 *Gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters en meetresultaten voor de protocollaire metingen (op deze locatie zijn geen continue metingen uitgevoerd). Voor de emissies per dierplaats is een leegstandsfactor van 0,93 (7% leegstand) toegepast (Groenestein en Aarnink; 2008). Voor de emissies per dier is geen leegstandsfactor toegepast. ---: niet gemeten.*

	Kenmerk	Waarde
Klimaat	T-binnen (°C)	19,8 (16,3 : 23,7)
	RV-binnen (%)	74 (59 : 98)
	T-buiten (°C)	13,1 (3,4 : 19,3)
	RV-buiten (%)	73 (53 : 90)
Resultaten	Aantal meetdagen	6
	Ventilatiedebiet (m^3/uur/dier)	78 (58 : 115)
	CO_2 stal (ppm)	1378 (1062 : 1581)
	CO_2 buiten (ppm)	---
	Aantal meetdagen	6
	NH_3 stal (ppm)	12,0 (8,5 : 15,0)
	NH_3 buiten (ppm)	0,12 (0,07 : 0,16)
	NH_3-emissie (kg/jaar per dierplaats)	5,1 (4,1 : 5,8)
	NH_3-emissie (g/dag per dier)	15,2 (12,2 : 17,4)
	Aantal meetdagen	---
	CH_4 stal (ppm)	---
	CH_4 buiten (ppm)	---
	CH_4-emissie (kg/jaar per dierplaats)	---
	CH_4-emissie (g/dag per dier)	---
	Aantal meetdagen	---
	N_2O stal (ppm)	---
	N_2O buiten (ppm)	---
	N_2O-emissie (kg/jaar per dierplaats)	---
	N_2O-emissie (g/dag per dier)	---
	Aantal meetdagen	6
	Geur stal [OU_E/m^3]	1979 (665 : 2811)
	Geur buiten [OU_E/m^3]	---
	Geuremissie [OU_E/s per dierplaats]	38 (15 : 57)
	Geuremissie [OU_E/s per dier]	38 (15 : 57)
	Aantal meetdagen	---
	PM10 stal [mg/m^3]	---
	PM10 buiten [mg/m^3]	---
	PM10-emissie [g/jaar per dierplaats]	---
	PM10-emissie [mg/dag per dier]	---



Figuur VKB6.1 *Verdeling van de metingen over de seizoenen (links) en binnen een productieronde (rechts).*

Tabel VKB6.4 *Data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, gemiddelde klimaat- en managementgegevens, en meetresultaten (ventilatiedebiet, concentraties en emissies) tijdens de protocollaire metingen. ---: niet gemeten.*

		1	2	3	4	5	6
	Datum	27-3-2014	2-6-2014	15-9-2014	27-10-2014	6-1-2015	6-5-2015
	Dag in het jaar	86	153	258	300	6	126
Klimaat	T-binnen (°C)	17,5	23,7	23,0	19,6	16,3	18,7
	RV-binnen (%)	64,1	59,1	73,2	98,1	84,0	62,8
	T-buiten (°C)	11,4	18,6	19,3	12,6	3,4	13,3
	RV-buiten (%)	53,3	56,8	83,0	84,4	89,9	70,6
Management	Dierplaatsen	76	76	76	76	76	76
	Aanwezige dieren	76	76	76	75	75	76
	Bezettingsgraad	100	100	100	99	99	100
	Dag in productieronde	107	174	40	82	153	41
	Gewicht [kg]	162	220	73	117	210	60
Resultaten	CO_2 stal (ppm)	1491	---	1062	1581	---	---
	CO_2 buiten (ppm)	---	---	---	---	---	---
	Debiet (m^3/uur/dier)	84	115	84	61	67	58
	NH_3 stal (ppm)	8,5	8,8	11,7	14,7	15,0	13,1
	NH_3 buiten (ppm)	0,11	0,12	0,13	0,07	0,12	0,16
	NH_3 emissie (kg/jaar per dierplaats)	4,4	6,2	6,0	5,6	6,3	4,7
	CH_4 stal (ppm)	---	---	---	---	---	---
	CH_4 buiten (ppm)	---	---	---	---	---	---
	CH_4 emissie (kg/jaar per dierplaats)	---	---	---	---	---	---
	N_2O stal (ppm)	---	---	---	---	---	---
	N_2O buiten (ppm)	---	---	---	---	---	---
	N_2O emissie (kg/jaar per dierplaats)	---	---	---	---	---	---
	Geur stal [OU_E/m^3]	2431	1727	665	2030	2209	2811
	Geur buiten [OU_E/m^3]	---	---	---	---	---	---
	Geur emissie [OU_E/s per dierplaats]	56,6	55,0	15,4	34,2	40,8	45,2
	PM10 stal [mg/m^3]	---	---	---	---	---	---
	PM10 buiten [mg/m^3]	---	---	---	---	---	---
	PM10 emissie [g/jaar per dierplaats]	---	---	---	---	---	---

Bijlage E Resultaten per bedrijf: Rosévleeskalveren

VKR1

Op dit (gesloten) bedrijf voor rosévleeskalveren bestaat een productieronde uit twee onderdelen, namelijk het opfok en afmest van de dieren, waarbij een korte afmestperiode wordt toegepast (jong-rosévleeskalveren). De dieren worden met een gewicht van rond 54 kg in een afdeling geplaatst (opfokstal), waar de dieren in gemiddelde 99 dagen tot een gewicht van 166 kg groeien (gemiddelden op basis van informatie uit zeven productieronden; Tabel VKR1.2.a). De kalveren krijgen in deze periode gemiddeld 25 kg melk per dier. Deze waarden zijn iets hoger dan de landelijk gemiddelde (Blanken e.a., 2021). Dan worden de dieren verplaatst naar een andere stal (afmeststal), waar ze in gemiddelde 118 dagen van 166 kg tot een eindgewicht van 348 kg groeien (gemiddelden op basis van informatie uit zes productieronden; Tabel VKR1.2.b). Deze waarden zijn ook iets hoger dan de landelijk gemiddelde (Blanken e.a., 2021). Het rantsoen bestaat uit een mengsel van ruwvoer en krachtvoer, met verschillende proporties afhankelijk van leeftijd van de dieren (tabel VKR1.2.c).

De metingen zijn op beide stallen uitgevoerd, om de volledige productieronde in kaart te brengen. De gerapporteerde resultaten hebben betrekking op metingen die in de periode 25/02/2019 – 03/11/2020 zijn uitgevoerd. In deze periode zijn er voor zowel de opfok- als voor de afmeststal elf protocollaire metingen uitgevoerd, verdeeld over de verschillende seizoenen en de verschillende fasen in een productieronde (Figuur VKR1.1). De gemiddelde buitentemperatuur en relatieve luchtvochtigheid tijdens de protocollaire metingen waren iets lager dan de langdurige 20-jaargemiddelden (2001-2020) bij het KNMI-weerstation in De Bilt (T: 10,7 °C; RV: 81%; Tabel VKR1.3). Voor de continue metingen was de gemiddelde buitentemperatuur iets hoger dan en de relatieve luchtvochtigheid iets lager dan de langdurige 20-jaargemiddelden. De CO_2-concentratie in de stal lag altijd onder de 3000 ppm. In Figuur VKR1.2 worden de continue metingen voor een aantal klimaatparameters (gemeten temperatuur en -luchtvochtigheid binnen de stallen (opfok en afmest); temperatuur en relatieve luchtvochtigheid buiten de stallen geregistreerd bij het dichtstbijzijnde KNMI-meteostation) grafisch weergegeven.

In Figuur VKR1.3 worden per dag de methaan- en ammoniakemissies en het ventilatiedebiet voor zowel de opfok- als de afmeststal grafisch weergegeven. De resultaten van de emissiemetingen worden in Tabel VKR1.1 voor zowel de continue als voor de protocollaire metingen samengevat. De emissies op jaarbasis zijn bepaald op basis van de gemiddelde gemeten waarden (emissies per dag) en de lengte (in dagen) van een productieronde op deze locatie (99 dagen voor opfokfase en 118 dagen voor afmestfase). Bij de bepaling van deze jaaremissies is een leegstandsfactor van 0,96 (4% leegstand) toegepast (Groenestein en Aarnink, 2008).

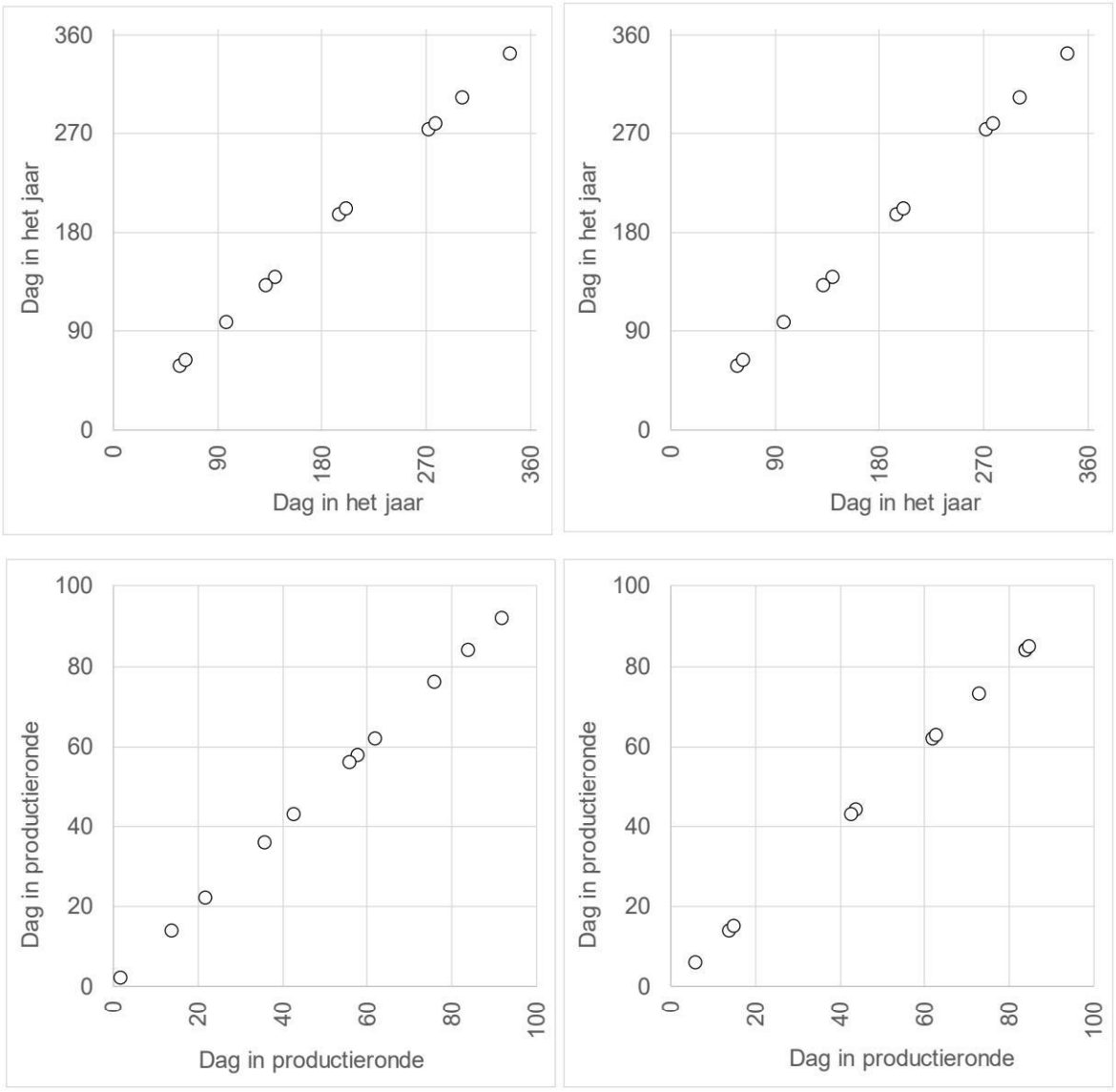
Op basis van alle meetgegevens (continue metingen) werd een ventilatiedebiet gemeten van 97,5 m^3/uur per dier (gemiddelde over de volledige productieronde (opfok+afmest)). De emissies van NH_3 en CH_4 op jaarbasis waren respectievelijk 2,7 kg NH_3/jaar/dierplaats en 38,7 kg CH_4/jaar/dierplaats. Voor N_2O, PM10 en geur zijn geen continue metingen uitgevoerd.

Op basis van de protocollaire metingen werd een ventilatiedebiet gemeten van 97,0 m^3/uur per dier (gemiddelde over de volledige productieronde (opfok+afmest)). De emissies van NH_3, CH_4 en N_2O op jaarbasis waren respectievelijk 2,5 kg NH_3/jaar/dierplaats, 37,4 kg CH_4/jaar/dierplaats, en 0,09 kg N_2O/jaar/dierplaats. Op deze locatie zijn voor PM10 en geur geen protocollaire metingen uitgevoerd.

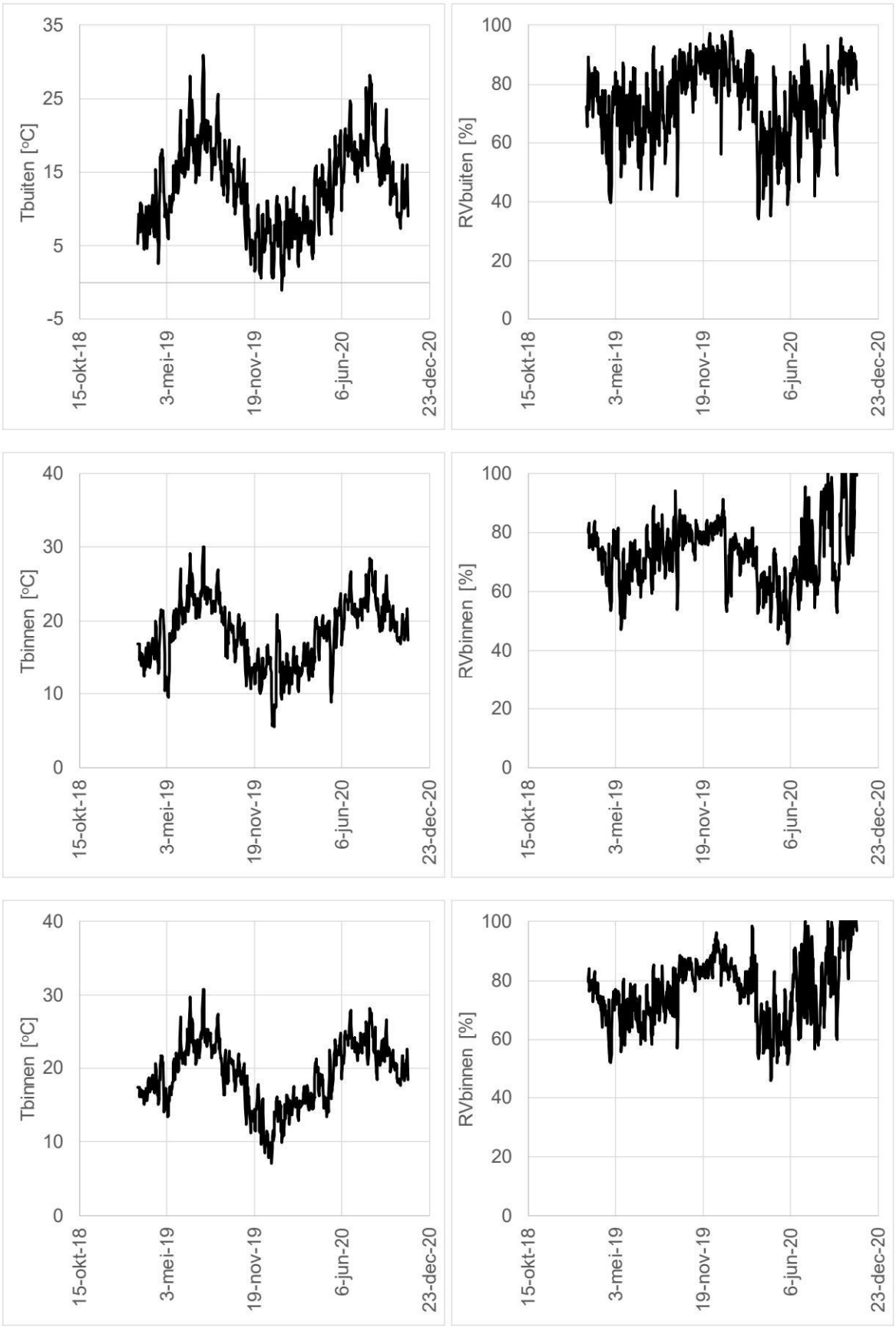
In Tabel VKR1.4 en Tabel VKR1.5 worden de data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens en meetresultaten tijdens de protocollaire metingen voor respectievelijk de opfok- en afmeststal weergegeven.

Tabel VKR1.1 *Ventilatiedebiet en emissies voor zowel de continue als de protocollaire metingen voor de verschillende productiestadia. Emissies op jaarbasis bepaald op basis van gemiddelde gemeten waarden (per dag) en de lengte (in dagen) van een productieronde (opfok en afmest) op deze locatie. ---: niet gemeten.*

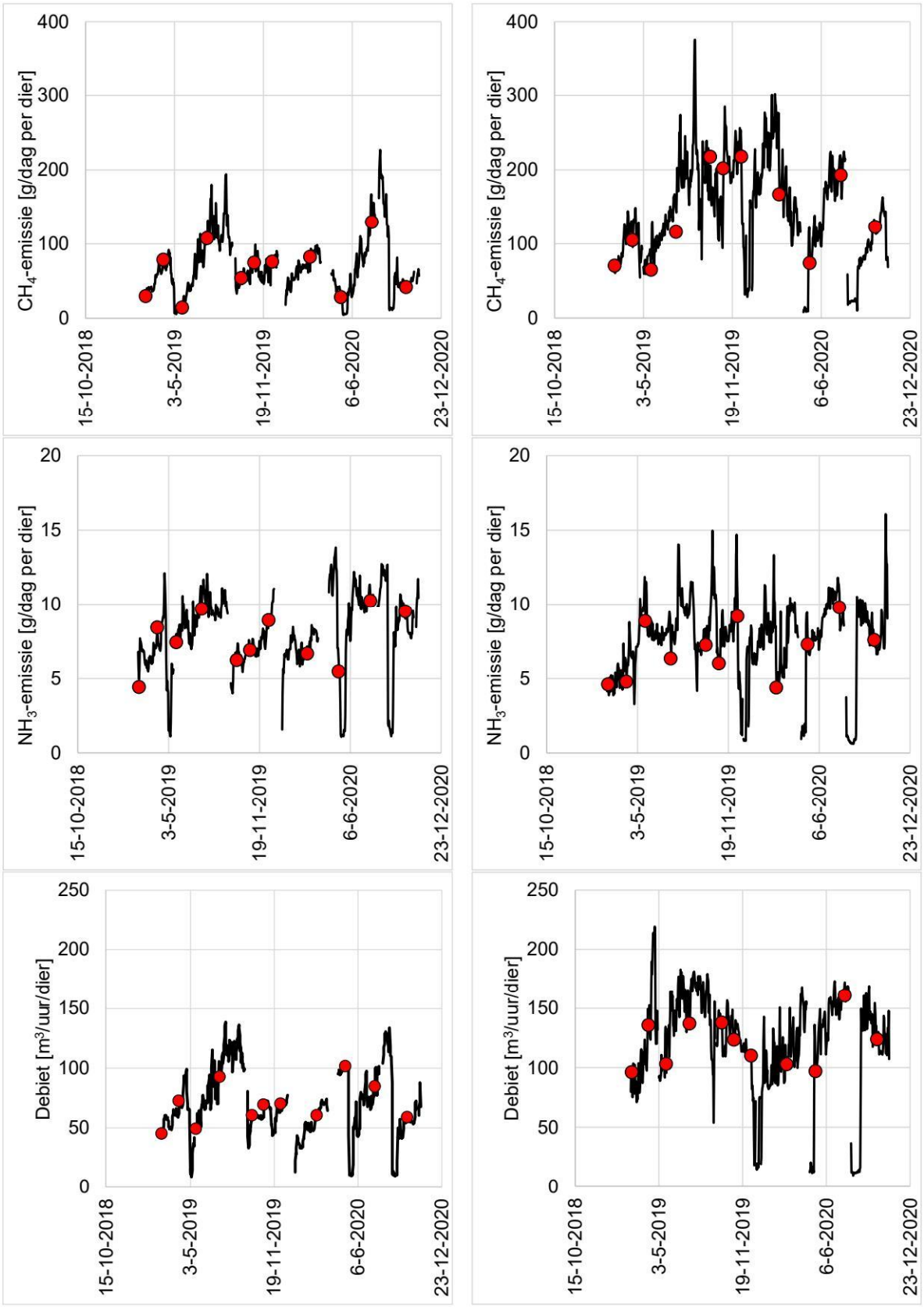
Fase	Kenmerk	Continue	Protocol
Opfok	Lengte productieronde	99	99
	Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]	69,0	68,5
	NH_3-emissie [g/dag/dier]	8,1	7,6
	CH_4-emissie [g/dag/dier]	70,0	65,3
	N_2O-emissie [g/dag/dier]	---	0,31
	PM10-emissie [mg/dag/dier]	---	---
	Geur-emissie [OU_E/s/dier]	---	---
Afmest	Lengte productieronde	118	118
	Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]	121,4	120,9
	NH_3-emissie [g/dag/dier]	7,6	6,9
	CH_4-emissie [g/dag/dier]	144,6	141,3
	N_2O-emissie [g/dag/dier]	---	0,23
	PM10-emissie [mg/dag/dier]	---	---
	Geur-emissie [OU_E/s/dier]	---	---
Opfok + Afmest	Lengte productieronde	217	217
	Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]	97,5	97,0
	NH_3-emissie [g/dag/dier]	7,8	7,2
	CH_4-emissie [g/dag/dier]	110,6	106,6
	N_2O-emissie [g/dag/dier]	---	0,27
	PM10-emissie [mg/dag/dier]	---	---
	Geur-emissie [OU_E/s/dier]	---	---
Jaargemiddelden	NH_3-emissie [kg/jaar/dier]	2,7	2,5
	CH_4-emissie [kg/jaar/dier]	38,7	37,4
	N_2O-emissie [kg/jaar/dier]	---	0,09
	PM10-emissie [g/jaar/dier]	---	---
	Geur-emissie [OU_E/s/dier]	---	---



Figuur VKR1.1 *Links: opfokstal; Rechts: afmeststal; Boven: Verdeling van de metingen over de seizoenen; Onder: verdeling van de metingen over de productieronde.*



Figuur VKR1.2 *Links: temperatuur; Rechts: relatieve luchtvochtigheid; Boven: Buiten; Midden: binnen opfokstal; Onder: Binnen afmeststal.*



Figuur VKR1.3 *Links: opfokstal; Rechts: afmeststal; Boven: CH_4-emissie (g/dag per dier); Midden: NH_3-emissie (g/dag per dier); Onder: Ventilatiedebiet (m^3/uur per dier). De protocollaire metingen worden met rode cirkels weergegeven.*

Tabel VKR1.2a *Productieresultaten opfokstal voor de gemeten productieronden, en landelijk gemiddelden (Blanken e.a., 2021).*

Opfokstal	Ronde 1	Ronde 2	Ronde 3	Ronde 4	Ronde 5	Ronde 6	Ronde 7	Landelijk gemiddelde
Begindatum	23-1-2019	19-5-2019	17-9-2019	8-1-2020	20-4-2020	5-8-2020	29-10-2020	---
Einddatum	14-5-2019	10-9-2019	21-12-2019	27-3-2020	27-7-2020	23-10-2020	15-2-2021	---
Aantal dieren aan het begin van de ronde	156	156	156	156	156	156	156	---
Aantal dieren afgeleverd	156	156	156	156	156	156	156	---
Lengte productieronde (dagen)	111	114	95	79	98	79	109	72
Gemiddeld gewicht (kg; begin ronde)	54	53	53	56	54	55	55	50
Gemiddeld gewicht (kg; afloop ronde)	170	168	160	170	165	165	165	110
Melkconsumptie (kg/dier)	25	25	25	25	24	26	25	22

Tabel VKR1.2b *Productieresultaten afmeststal voor de gemeten productieronden, en landelijk gemiddelden (Blanken e.a., 2021).*

Afmeststal	Ronde 1	Ronde 2	Ronde 3	Ronde 4	Ronde 5	Ronde 6	Landelijk gemiddelde (jong rosé)
Begindatum	Onbekend	15-5-2019	17-9-2019	22-12-2019	27-4-2020	4-8-2020	---
Einddatum	Onbekend	14-9-2019	20-12-2019	20-4-2020	30-7-2020	5-1-2021	---
Aantal dieren aan het begin van de ronde	Onbekend	75	80	80	80	80	---
Aantal dieren afgeleverd	Onbekend	75	80	80	80	80	---
Lengte productieronde (dagen)	Onbekend	122	94	120	94	154	145
Gemiddeld gewicht (kg; begin ronde)	Onbekend	170	168	160	165	165	110
Gemiddeld gewicht (kg; afloop ronde)	Onbekend	350	345	350	350	345	317

Tabel VKR1.2c *Aandeel ruwvoer en krachtvoer (op ds-basis) in het rantsoen van de kalveren op basis van de leeftijd van de dieren.*

Productieperiode	<12 weken	12-18 weken	18-25 weken	>=25 weken
Ruwvoer (%)	33	33	27	25
Krachtvoer en bijproducten (%)	67	67	73	75

Tabel VKR1.3 *Gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue als protocollaire metingen bij de gemeten opfok- en afmeststallen. ---: niet gemeten.*

		Opfok		Afmest	
	Kenmerk	**Continue**	**Protocol**	**Continue**	**Protocol**
Klimaat	T-binnen (°C)	18,3 (5,6 : 30,0)	16,5 (10,0 : 21,3)	19,1 (7,1 : 30,8)	18,1 (12,1 : 23,1)
	RV-binnen (%)	73 (42 : 102)	75 (54 : 100)	76 (46 : 102)	77 (61 : 95)
	T-buiten (°C)	12,8 (-1,0 : 30,9)	10,5 (5,2 : 16,3)	12,8 (-1,0 : 30,9)	10,5 (5,2 : 16,3)
	RV-buiten (%)	73,7 (34,2 : 98,0)	77,7 (57,3 : 86,4)	73,7 (34,2 : 98,0)	77,7 (57,3 : 86,4)
Resultaten	Aantal meetdagen	555	11	587	11
	Ventilatiedebiet (m^3/uur/dier)	69 (8 : 139)	69 (44 : 101)	124 (9 : 219)	121 (96 : 161)
	CO_2 stal (ppm)	1165 (564 : 1589)	1124 (621 : 1416)	1064 (499 : 1742)	1078 (767 : 1297)
	CO_2 buiten (ppm)	507 (423 : 631)	476 (454 : 506)	487 (400 : 616)	476 (454 : 506)
	Aantal meetdagen	618	11	617	11
	NH_3 stal (ppm)	7,2 (3,0 : 12,6)	6,7 (3,1 : 9,6)	3,8 (1,7 : 8,8)	3,4 (2,2 : 5,1)
	NH_3 ingaand (ppm)	---	0,08 (0,03 : 0,11)	---	0,08 (0,03 : 0,11)
	NH_3-emissie (g/dag per dier)	8,1 (1,0 : 13,8)	7,6 (4,4 : 10,3)	7,6 (0,6 : 16,1)	6,9 (4,4 : 9,8)
	Aantal meetdagen	618	11	616	11
	CH_4 stal (ppm)	64 (18 : 122)	60 (19 : 99)	80 (25 : 189)	74 (41 : 122)
	CH_4 ingaand (ppm)	---	2,7 (2,0 : 4)	---	2,7 (2,0 : 4)
	CH_4-emissie (g/dag per dier)	70,0 (4,3 : 226,7)	65,3 (14,3 : 129,6)	144,6 (7,8 : 374,6)	141,3 (65,3 : 218,2)
	Aantal meetdagen	---	11	---	11
	N_2O stal (ppm)	---	0,49 (0,36 : 0,65)	---	0,42 (0,30 : 0,58)
	N_2O ingaand (ppm)	---	0,38 (0,29 : 0,52)	---	0,38 (0,29 : 0,52)
	N_2O-emissie (g/dag per dier)	---	0,31 (0,15 : 0,50)	---	0,23 (0,04 : 0,48)
	Aantal meetdagen	---	---	---	---
	Geur stal [OU_E/m^3]	---	---	---	---
	Geuremissie [OU_E/s per dpl]	---	---	---	---
	Aantal meetdagen	---	---	---	---
	PM10 stal [mg/m^3]	---	---	---	---
	PM10 buiten [mg/m^3]	---	---	---	---
	PM10-emissie [mg/dag per dier]	---	---	---	---

Tabel VKR1.4 *Data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, gemiddelde klimaat- en managementgegevens, en meetresultaten (ventilatiedebiet, concentraties en emissies) tijdens de protocollaire metingen voor de opfokstal. ---: niet gemeten.*

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Datum	27-2-2019	8-4-2019	20-5-2019	15-7-2019	30-9-2019	29-10-2019	9-12-2019	3-3-2020	11-5-2020	20-7-2020	5-10-2020
	Dag in het jaar	58	98	140	196	273	302	343	63	132	202	279
Klimaat	T-binnen (°C)	16,9	18,4	18,3	20,6	19,1	12,6	13,0	12,8	10,0	21,3	19,1
	RV-binnen (%)	---	72,6	73,5	76,2	82,1	72,6	78,5	73,9	54,4	63,5	100,5
	T-buiten (°C)	8,4	11,6	12,7	15,0	15,2	5,7	5,3	5,2	7,7	16,3	12,6
	RV-buiten (%)	76,8	72,5	86,4	76,8	84,0	81,7	82,4	84,0	57,3	66,2	86,3
Management	Dierplaatsen	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156
	Aanwezige dieren	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156
	Bezettingsgraad	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	Dag in productieronde	36	76	2	58	14	43	84	56	22	92	62
	Gewicht [kg]	91	132	54	111	68	100	146	135	78	157	140
Resultaten	CO_2 stal (ppm)	1181	1411	929	1245	944	1149	1416	1360	621	1098	1015
	CO_2 ingaand (ppm)	506	486	470	477	506	482	456	462	471	469	454
	Debiet (m^3/dier/uur)	44	71	48	92	59	69	69	59	101	84	58
	NH_3 stal (ppm)	5,9	7,0	9,0	6,2	6,2	5,8	7,4	6,5	3,1	7,2	9,6
	NH_3 ingaand (ppm)	0,07	0,11	0,09	0,06	0,07	0,08	0,08	0,11	0,07	0,03	0,07
	NH_3 emissie (g/dag per dier)	4,4	8,4	7,4	9,7	6,2	6,9	8,9	6,7	5,5	10,3	9,5
	CH_4 stal (ppm)	44,2	70,7	20,3	74,9	59,3	69,3	69,1	86,4	19,2	99,1	47,5
	CH_4 ingaand (ppm)	2,6	2,7	2,0	2,2	3,1	3,7	2,4	2,8	2,4	2,9	2,9
	CH_4 emissie (g/dag per dier)	29,8	78,6	14,3	107,8	54,1	74,8	76,1	82,4	28,4	129,6	41,9
	N_2O stal (ppm)	0,42	0,36	0,60	0,43	0,65	0,36	0,59	0,48	0,40	0,64	0,42
	N_2O ingaand (ppm)	0,31	0,29	0,37	0,33	0,47	0,30	0,49	0,41	0,37	0,52	0,29
	N_2O emissie (g/dag per dier)	0,22	0,20	0,50	0,41	0,50	0,20	0,32	0,20	0,15	0,42	0,35
	Geur stal [OU_E/m^3]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	Geur buiten [OU_E/m^3]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	Geuremissie [OU_E/s per dpl]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	PM10 stal [mg/m^3]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	PM10 buiten [mg/m^3]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	PM10-emissie [mg/dag per dier]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Tabel VKR1.5 *Data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, gemiddelde klimaat- en managementgegevens, en meetresultaten (ventilatiedebiet, concentraties en emissies) tijdens de protocollaire metingen voor de afmeststal. ---: niet gemeten.*

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Datum	27-2-2019	8-4-2019	20-5-2019	15-7-2019	30-9-2019	29-10-2019	9-12-2019	3-3-2020	11-5-2020	20-7-2020	5-10-2020
	Dag in het jaar	58	98	140	196	273	302	343	63	132	202	279
Klimaat	T-binnen (°C)	17,4	19,2	18,8	21,6	20,8	13,8	12,1	15,0	16,7	23,1	20,2
	RV-binnen (%)	---	71,6	79,9	71,6	84,5	79,0	82,5	77,1	60,9	67,9	94,6
	T-buiten (°C)	8,4	11,6	12,7	15,0	15,2	5,7	5,3	5,2	7,7	16,3	12,6
	RV-buiten (%)	76,8	72,5	86,4	76,8	84,0	81,7	82,4	84,0	57,3	66,2	86,3
Management	Dierplaatsen	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82
	Aanwezige dieren	80	80	80	75	80	80	80	80	80	80	80
	Bezettingsgraad	98	98	98	91	98	98	98	98	98	98	98
	Dag in productieronde	44	84	6	62	14	43	84	73	15	85	63
	Gewicht [kg]	236	298	177	260	192	247	324	274	193	330	237
Resultaten	CO_2 stal (ppm)	1190	1251	943	1009	1123	1067	1297	1035	1049	1123	767
	CO_2 ingaand (ppm)	506	486	470	477	506	482	456	462	471	469	454
	Debiet (m^3/dier/uur)	96	136	103	137	138	124	110	103	97	161	124
	NH_3 stal (ppm)	2,8	2,2	5,1	2,8	3,1	2,9	4,8	2,5	4,4	3,6	3,6
	NH_3 ingaand (ppm)	0,07	0,11	0,09	0,06	0,07	0,08	0,08	0,11	0,07	0,03	0,07
	NH_3 emissie (g/dag per dier)	4,6	4,8	8,9	6,3	7,3	6,0	9,2	4,4	7,3	9,8	7,6
	CH_4 stal (ppm)	47,6	50,5	40,9	54,9	101,1	102,8	121,5	101,5	49,2	78,0	64,4
	CH_4 ingaand (ppm)	2,6	2,7	2,0	2,2	3,1	3,7	2,4	2,8	2,4	2,9	2,9
	CH_4 emissie (g/dag per dier)	70,7	105,4	65,3	116,3	217,9	202,5	218,2	167,4	74,4	193,3	123,2
	N_2O stal (ppm)	0,42	0,30	0,43	0,37	0,51	0,31	0,55	0,44	0,41	0,58	0,30
	N_2O ingaand (ppm)	0,31	0,29	0,37	0,33	0,47	0,30	0,49	0,41	0,37	0,52	0,29
	N_2O emissie (g/dag per dier)	0,48	0,04	0,30	0,22	0,25	0,09	0,33	0,13	0,20	0,40	0,06
	Geur stal [OU_E/m^3]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	Geur buiten [OU_E/m^3]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	Geuremissie [OU_E/s per dpl]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	PM10 stal [mg/m^3]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	PM10 buiten [mg/m^3]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	PM10-emissie [mg/dag per dier]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

VKR2

Op dit (gesloten) bedrijf voor rosévleeskalveren bestaat een productieronde uit twee onderdelen, namelijk het opfok en afmest van de dieren (oud-rosévleeskalveren). De dieren worden met een gewicht van rond 53 kg in een afdeling geplaatst (opfokstal), waar de dieren in gemiddelde 94 dagen tot een gewicht van 136 kg groeien (gemiddelden op basis van informatie uit negen productieronden; Tabel VKR2.2.a). De kalveren krijgen in deze periode gemiddeld 24 kg melk per dier. Deze waarden zijn iets hoger dan de landelijk gemiddelde (Blanken e.a., 2021). Dan worden de dieren verplaatst naar een andere stal (afmeststal), waar ze in gemiddelde 199 dagen van 136 kg tot een eindgewicht van 410 kg groeien (gemiddelden op basis van informatie uit vijf productieronden; Tabel VKR2.2.b). Deze waarden zijn ook iets hoger dan de landelijk gemiddelde. Het rantsoen bestaat uit een mengsel van ruwvoer en krachtvoer, met verschillende proporties afhankelijk van leeftijd van de dieren (tabel VKR2.2.c).

De metingen zijn op beide stallen uitgevoerd, om de volledige productieronde in kaart te brengen. De gerapporteerde resultaten hebben betrekking op metingen die in de periode 19/03/2019 – 26/10/2020 zijn uitgevoerd. In deze periode zijn er voor de opfokstal negen en voor de afmeststal tien protocollaire metingen uitgevoerd, verdeeld over de verschillende seizoenen en de verschillende fasen in een productieronde (Figuur VKR2.1). Tijdens zowel de continue als de protocollaire metingen was de gemiddelde buitentemperatuur iets hoger dan en de relatieve luchtvochtigheid iets lager dan de langdurige 20-jaargemiddelden (2001-2020) bij het KNMI-weerstation in De Bilt (T: 10,7 °C; RV: 81%; Tabel VKR2.3). De CO_2-concentratie in de stal lag altijd onder de 3000 ppm. In Figuur VKR2.2 worden de continue metingen voor een aantal klimaatparameters (gemeten temperatuur en -luchtvochtigheid binnen de stallen (opfok en afmest); temperatuur en relatieve luchtvochtigheid buiten de stallen geregistreerd bij het dichtstbijzijnde KNMI-meteostation) grafisch weergegeven.

In Figuur VKR2.3 worden per dag de methaan- en ammoniakemissies en het ventilatiedebiet voor zowel de opfok- als de afmeststal grafisch weergegeven. De resultaten van de emissiemetingen worden in Tabel VKR2.1 voor zowel de continue als voor de protocollaire metingen samengevat. De emissies op jaarbasis zijn bepaald op basis van de gemiddelde gemeten waarden (emissies per dag) en de lengte (in dagen) van een productieronde op deze locatie (94 dagen voor opfokfase en 199 dagen voor afmestfase). Bij de bepaling van deze jaaremissies is een leegstandsfactor van 0,96 (4% leegstand) toegepast (Groenestein en Aarnink, 2008).

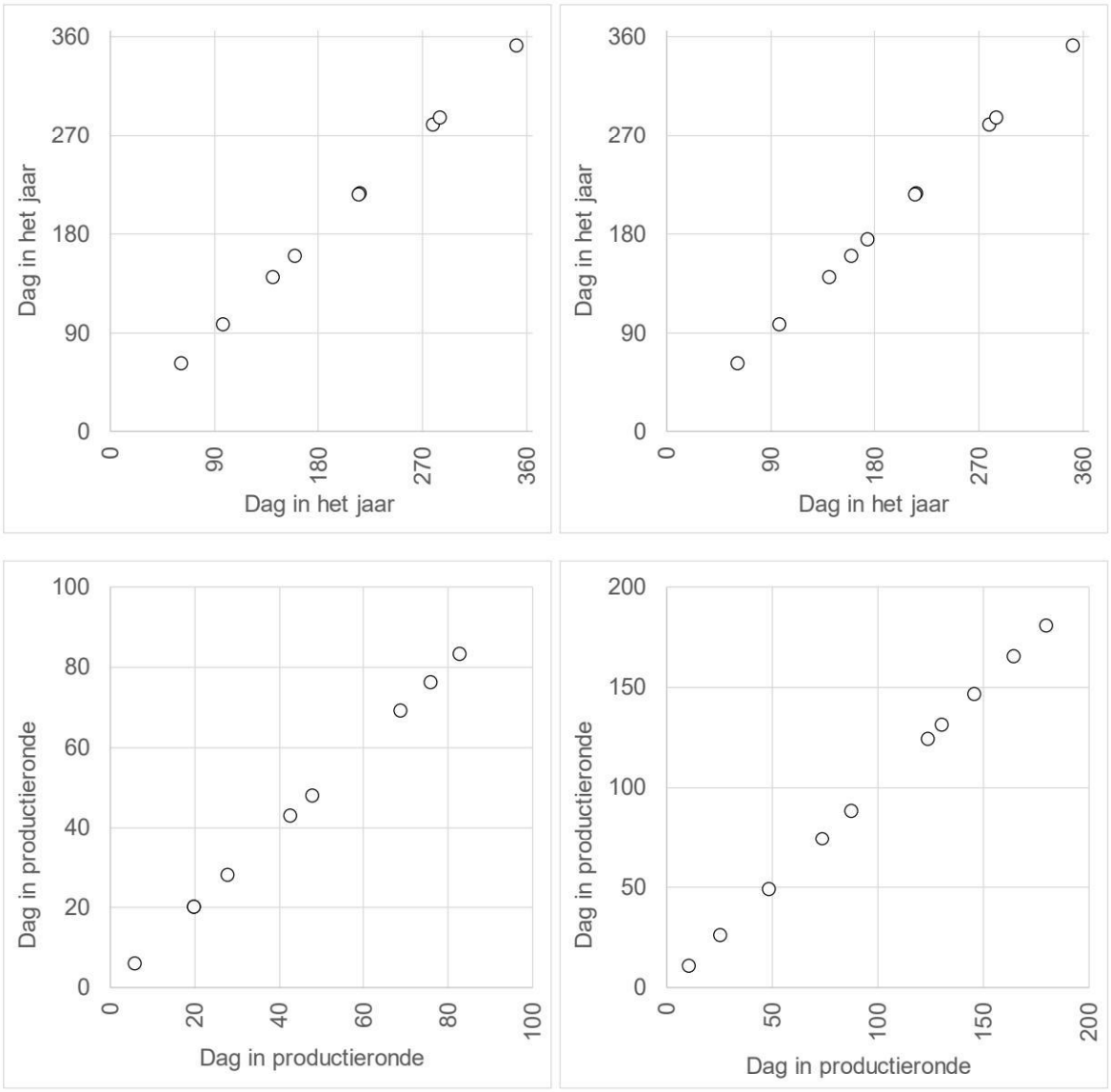
Op basis van alle meetgegevens (continue metingen) werd een ventilatiedebiet gemeten van 97,2 m^3/uur per dier (gemiddelde over de volledige productieronde (opfok+afmest)). De emissies van NH_3 en CH_4 op jaarbasis waren respectievelijk 4,1 kg NH_3/jaar/dierplaats en 85,9 kg CH_4/jaar/dierplaats. Voor N_2O, PM10 en geur zijn geen continue metingen uitgevoerd.

Op basis van de protocollaire metingen werd een ventilatiedebiet gemeten van 88,0 m^3/uur per dier (gemiddelde over de volledige productieronde (opfok+afmest)). De emissies van NH_3, CH_4 en N_2O op jaarbasis waren respectievelijk 3,6 kg NH_3/jaar/dierplaats, 78,4 kg CH_4/jaar/dierplaats, en 0,22 kg N_2O/jaar/dierplaats. Op deze locatie zijn voor PM10 en geur geen protocollaire metingen uitgevoerd.

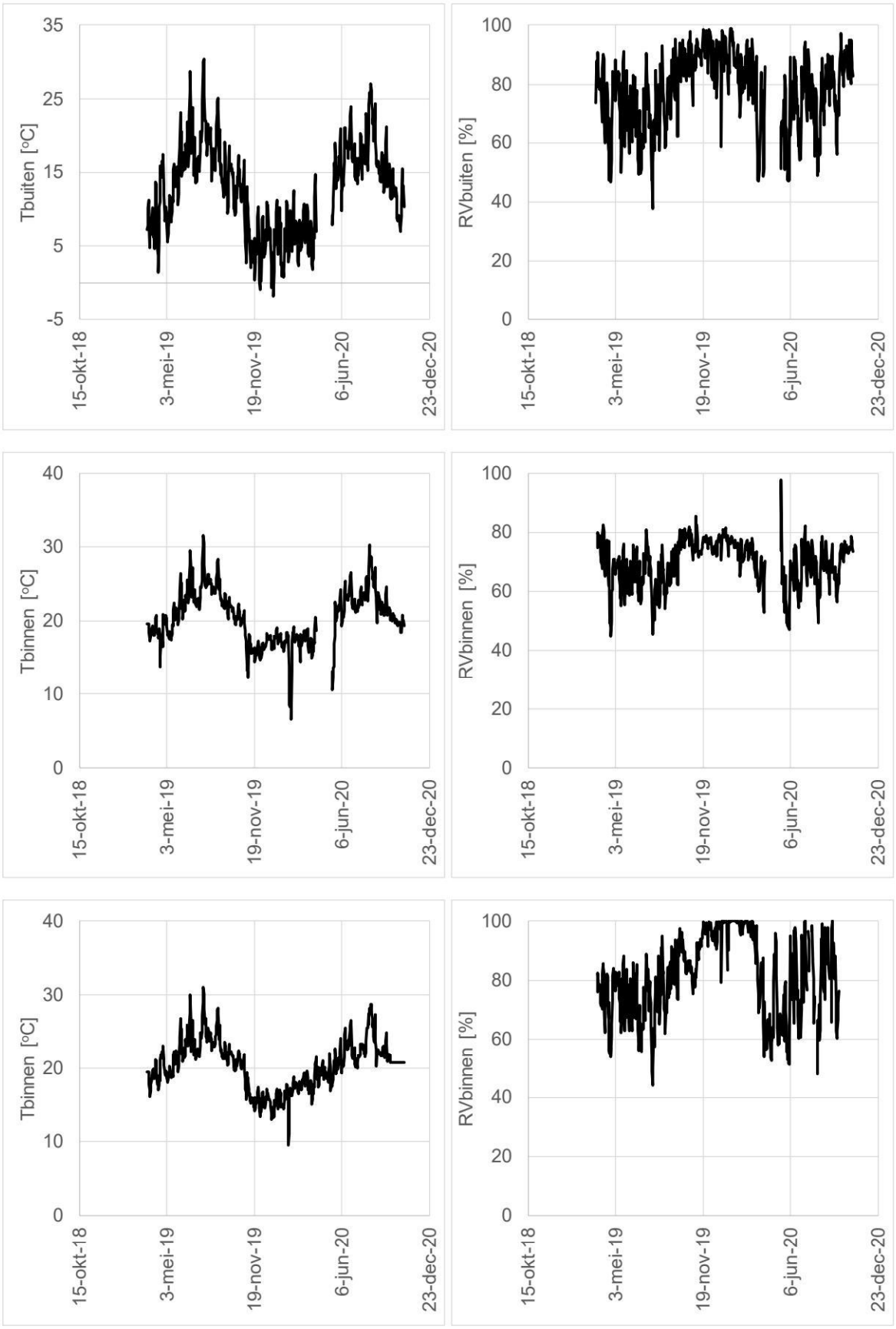
In Tabel VKR2.4 en Tabel VKR2.5 worden de data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens en meetresultaten tijdens de protocollaire metingen voor respectievelijk de opfok- en afmeststal weergegeven.

Tabel VKR2.1 *Ventilatiedebiet en emissies voor zowel de continue als de protocollaire metingen voor de verschillende productiestadia. Emissies op jaarbasis bepaald op basis van gemiddelde gemeten waarden (per dag) en de lengte (in dagen) van een productieronde (opfok en afmest) op deze locatie. ---: niet gemeten.*

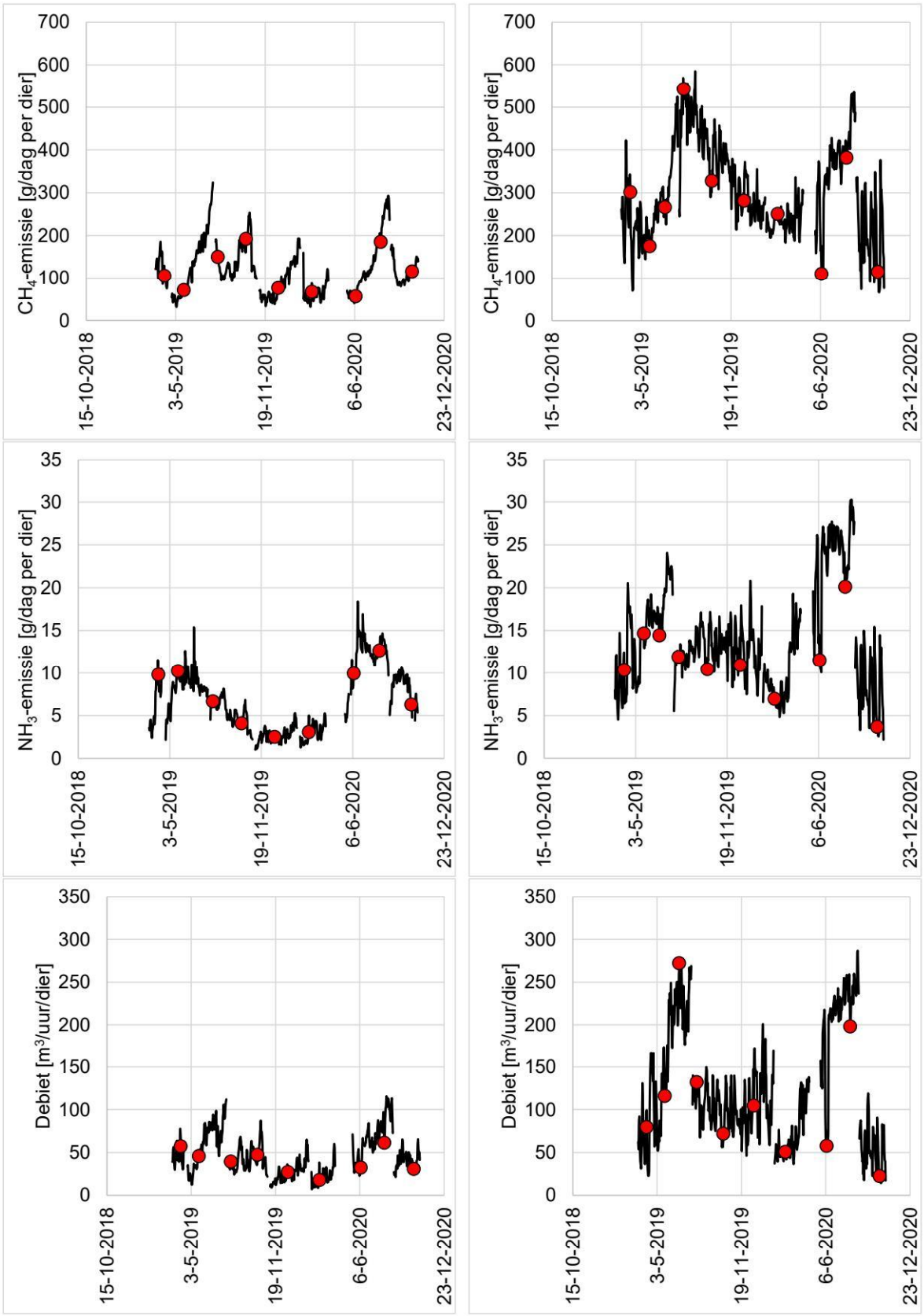
Fase	Kenmerk	Continue	Protocol
Opfok	Lengte productieronde	94	94
	Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]	45,4	40,1
	NH_3-emissie [g/dag/dier]	6,7	7,3
	CH_4-emissie [g/dag/dier]	118,2	114,0
	N_2O-emissie [g/dag/dier]	---	0,23
	PM10-emissie [mg/dag/dier]	---	---
	Geur-emissie [OU_E/s/dier]	---	---
Afmest	Lengte productieronde	199	199
	Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]	121,7	110,7
	NH_3-emissie [g/dag/dier]	14,0	11,5
	CH_4-emissie [g/dag/dier]	305,2	275,5
	N_2O-emissie [g/dag/dier]	---	0,81
	PM10-emissie [mg/dag/dier]	---	---
	Geur-emissie [OU_E/s/dier]	---	---
Opfok + Afmest	Lengte productieronde	293	293
	Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]	97,2	88,0
	NH_3-emissie [g/dag/dier]	11,7	10,1
	CH_4-emissie [g/dag/dier]	245,2	223,7
	N_2O-emissie [g/dag/dier]	---	0,63
	PM10-emissie [mg/dag/dier]	---	---
	Geur-emissie [OU_E/s/dier]	---	---
Jaargemiddelden	NH_3-emissie [kg/jaar/dier]	4,1	3,6
	CH_4-emissie [kg/jaar/dier]	85,9	78,4
	N_2O-emissie [kg/jaar/dier]	---	0,22
	PM10-emissie [g/jaar/dier]	---	---
	Geur-emissie [OU_E/s/dier]	---	---



Figuur VKR2.1 *Links: opfokstal; Rechts: afmeststal; Boven: Verdeling van de metingen over de seizoenen; Onder: verdeling van de metingen over de productieronde.*



Figuur VKR2.2 *Links: temperatuur; Rechts: relatieve luchtvochtigheid; Boven: Buiten; Midden: binnen opfokstal; Onder: Binnen afmeststal.*



Figuur VKR2.3 *Links: opfokstal; Rechts: afmeststal; Boven: CH_4-emissie (g/dag per dier); Midden: NH_3-emissie (g/dag per dier); Onder: Ventilatiedebiet (m^3/uur per dier). De protocollaire metingen worden met rode cirkels weergegeven.*

Tabel VKR2.2a *Productieresultaten opfokstal voor de gemeten productieronden, en landelijk gemiddelden (Blanken e.a., 2021).*

Opfokstal	Ronde 1	Ronde 2	Ronde 3	Ronde 4	Ronde 5	Ronde 6	Ronde 7	Ronde 8	Ronde 9	Landelijk
Begindatum	4-7-2018	10-10-2018	16-1-2019	24-4-2019	31-7-2019	6-11-2019	12-2-2020	20-5-2020	26-8-2020	---
Einddatum	5-10-2018	11-1-2019	16-4-2019	26-7-2019	1-11-2019	6-2-2020	14-5-2020	25-8-2020	1-12-2020	---
Aantal dieren (begin ronde)	281	284	281	280	280	280	280	280	280	---
Aantal dieren afgeleverd	279	279	277	278	273	276	277	278	277	---
Lengte productieronde (dagen)	93	93	90	93	93	92	92	97	97	72
Gemiddeld gewicht (kg; begin ronde)	52	53	52	53	53	54,4	53	53	50	50
Gemiddeld gewicht (kg; afloop ronde)	145	142	135	137	141	133	133	136	131	110
Melkconsumptie (kg/dier)	24	24	24	24	24	24	24	24	24	22

Tabel VKR2.2b *Productieresultaten afmeststal voor de gemeten productieronden, en landelijk gemiddelden (Blanken e.a., 2021).*

Afmeststal	Ronde 1	Ronde 2	Ronde 3	Ronde 4	Ronde 5	Landelijk gemiddelde (oud rosé)
Begindatum	15-6-2018	11-1-2019	26-7-2019	6-2-2020	25-8-2020	---
Einddatum	8-1-2019	23-7-2019	4-2-2020	24-8-2020	11-3-2021	---
Aantal dieren aan het begin van de ronde	271	279	278	280	280	---
Aantal dieren afgeleverd	268	277	271	275	271	---
Lengte productieronde (dagen)	207	193	193	200	198	205
Gemiddeld gewicht (kg; begin ronde)	133	142.5	137	133	136.2	110
Gemiddeld gewicht (kg; afloop ronde)	395	417	386	431	421	380

Tabel VKR2.2c *Aandeel ruwvoer en krachtvoer (op ds-basis) in het rantsoen van de kalveren op basis van de leeftijd van de dieren.*

Productieperiode	0-4 weken	5-7 weken	8-9 weken	10-19 weken	20-30 weken	31-41 weken
Ruwvoer (%)	0	10	17	36	36	30
Krachtvoer en bijproducten (%)	100	90	83	64	64	70

Tabel VKR2.3 *Gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue als protocollaire metingen bij de gemeten opfok- en afmeststallen. ---: niet gemeten.*

		Opfok		Afmest	
	Kenmerk	**Continue**	**Protocol**	**Continue**	**Protocol**
Klimaat	T-binnen (°C)	20,4 (6,6 : 31,5)	21,2 (16,3 : 28,6)	20,3 (9,6 : 31,1)	21,6 (15,9 : 28,8)
	RV-binnen (%)	70 (45 : 98)	69 (57 : 78)	81 (44 : 100)	80 (57 : 98)
	T-buiten (°C)	12,6 (-1,7 : 30,4)	13,5 (5,2 : 27,4)	12,5 (-1,7 : 30,4)	13,5 (5,2 : 27,4)
	RV-buiten (%)	77,8 (37,8 : 98,8)	76,0 (50,5 : 89,3)	77,0 (37,8 : 98,8)	76,0 (50,5 : 89,3)
Resultaten	Aantal meetdagen	521	9	557	10
	Ventilatiedebiet (m^3/uur/dier)	45 (7 : 116)	40 (18 : 61)	122 (14 : 287)	111 (23 : 272)
	CO_2 stal (ppm)	1536 (567 : 2563)	1654 (1135 : 2067)	1570 (647 : 2496)	1582 (996 : 2016)
	CO_2 buiten (ppm)	551 (508 : 644)	485 (457 : 551)	465 (421 : 540)	482 (455 : 551)
	Aantal meetdagen	543	9	562	10
	NH_3 stal (ppm)	8,9 (2,1 : 21,8)	10,7 (5,1 : 17,9)	7,6 (3,2 : 18,8)	7,4 (3,3 : 11,7)
	NH_3 buiten (ppm)	---	0,11 (0,06 : 0,22)	---	0,11 (0,06 : 0,23)
	NH_3-emissie (g/dag per dier)	6,7 (1,0 : 18,4)	7,3 (2,5 : 12,7)	14,0 (2,1 : 30,3)	11,5 (3,7 : 20,1)
	Aantal meetdagen	552	9	562	10
	CH_4 stal (ppm)	179 (44 : 469)	186 (101 : 257)	193 (66 : 445)	199 (64 : 321)
	CH_4 buiten (ppm)	---	4,0 (2,4 : 6)	---	3,8 (1,9 : 6)
	CH_4-emissie (g/dag per dier)	118,2 (30,8 : 324,0)	114,0 (57,3 : 192,9)	305,2 (63,3 : 584,9)	275,5 (110,2 : 542,9)
	Aantal meetdagen	---	9	---	10
	N_2O stal (ppm)	---	0,51 (0,37 : 0,71)	---	0,54 (0,41 : 0,67)
	N_2O buiten (ppm)	---	0,36 (0,29 : 0,49)	---	0,36 (0,29 : 0,49)
	N_2O-emissie (g/dag per dier)	---	0,23 (0,13 : 0,38)	---	0,81 (0,23 : 1,70)
	Aantal meetdagen	---	---	---	---
	Geur stal [OU_E/m^3]	---	---	---	---
	Geuremissie [OU_E/s per dpl]	---	---	---	---
	Aantal meetdagen	---	---	---	---
	PM10 stal [mg/m^3]	---	---	---	---
	PM10 buiten [mg/m^3]	---	---	---	---
	PM10-emissie [mg/dag per dier]	---	---	---	---

Tabel VKR2.4 *Data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, gemiddelde klimaat- en managementgegevens, en meetresultaten (ventilatiedebiet, concentraties en emissies) tijdens de protocollaire metingen voor de opfokstal. ---: niet gemeten.*

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Datum	8-4-2019	21-5-2019	24-6-2019	5-8-2019	7-10-2019	18-12-2019	2-3-2020	8-6-2020	3-8-2020	12-10-2020
	Dag in het jaar	98	141	175	217	280	352	62	160	216	286
Klimaat	T-binnen (°C)	19,8	20,2	28,6	26,3	20,0	17,7	16,3	20,6	22,8	19,6
	RV-binnen (%)	66,8	70,8	57,3	57,3	78,0	75,7	73,5	67,7	69,3	74,2
	T-buiten (°C)	11,1	13,2	27,4	20,7	11,4	8,1	5,2	13,5	15,6	9,1
	RV-buiten (%)	63,5	80,8	50,5	65,3	89,3	87,3	87,1	76,7	71,6	88,1
Management	Dierplaatsen	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274
	Aanwezige dieren	279	279	278	280	280	278	280	280	278	280
	Bezettingsgraad	102	102	101	102	102	101	102	102	101	102
	Dag in productieronde	83	28	62	6	69	43	20	20	76	48
	Gewicht [kg]	129	78	109	58	118	91	70	69	118	91
Resultaten	CO_2 stal (ppm)	1749	1254	---	1135	1836	1987	2067	1348	1609	1901
	CO_2 buiten (ppm)	502	484	---	472	551	457	471	469	481	480
	Debiet (m^3/dier/uur)	57	46	---	40	47	27	18	33	61	31
	NH_3 stal (ppm)	10,1	13,2	---	10,2	5,1	5,4	10,0	17,9	12,2	11,9
	NH_3 buiten (ppm)	0,10	0,22	---	0,14	0,09	0,06	0,14	0,11	0,09	0,07
	NH_3 emissie (g/dag per dier)	9,8	10,2	---	6,7	4,1	2,5	3,1	10,0	12,7	6,3
	CH_4 stal (ppm)	119,0	101,0	---	245,3	256,9	174,9	234,3	111,7	192,5	235,9
	CH_4 buiten (ppm)	4,8	3,8	---	4,8	5,5	2,4	4,5	2,8	3,4	4,1
	CH_4 emissie (g/dag per dier)	105,9	72,1	---	150,6	192,9	76,8	67,8	57,3	186,2	116,5
	N_2O stal (ppm)	0,38	0,47	---	0,44	0,37	0,47	0,71	0,70	0,58	0,45
	N_2O buiten (ppm)	0,29	0,35	---	0,32	0,31	0,31	0,36	0,43	0,49	0,35
	N_2O emissie (g/dag per dier)	0,22	0,24	---	0,21	0,13	0,20	0,29	0,38	0,25	0,14
	Geur stal [OU_E/m^3]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	Geur buiten [OU_E/m^3]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	Geuremissie [OU_E/s per dpl]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	PM10 stal [mg/m^3]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	PM10 buiten [mg/m^3]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	PM10-emissie [mg/dag per dier]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Tabel VKR2.5 *Data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, gemiddelde klimaat- en managementgegevens, en meetresultaten (ventilatiedebiet, concentraties en emissies) tijdens de protocollaire metingen voor de afmeststal. ---: niet gemeten.*

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Datum	8-4-2019	21-5-2019	24-6-2019	5-8-2019	7-10-2019	18-12-2019	2-3-2020	8-6-2020	3-8-2020	12-10-2020
	Dag in het jaar	98	141	175	217	280	352	62	160	216	286
Klimaat	T-binnen (°C)	20,2	20,6	28,8	25,3	20,4	15,9	17,7	20,4	25,6	20,7
Klimaat	RV-binnen (%)	67,1	81,1	57,4	70,5	88,0	96,3	98,2	84,8	---	---
Klimaat	T-buiten (°C)	11,1	13,2	27,4	20,7	11,4	8,1	5,2	13,5	15,6	9,1
Klimaat	RV-buiten (%)	63,5	80,8	50,5	65,3	89,3	87,3	87,1	76,7	71,6	88,1
Management	Dierplaatsen	286	286	286	286	286	286	286	286	286	286
Management	Aanwezige dieren	278	278	277	278	276	273	280	277	275	280
Management	Bezettingsgraad	97	97	97	97	97	95	98	97	96	98
Management	Dag in productieronde	88	131	165	11	74	146	26	124	180	49
Management	Gewicht [kg]	265	327	375	150	232	325	170	317	401	198
Resultaten	CO_2 stal (ppm)	1808	1568	996	1280	1851	1605	2016	1408	1331	1959
Resultaten	CO_2 buiten (ppm)	502	484	455	472	551	457	471	469	481	480
Resultaten	Debiet (m^3/dier/uur)	80	116	272	132	72	105	51	58	198	23
Resultaten	NH_3 stal (ppm)	7,7	7,6	3,3	5,5	8,5	6,0	8,0	11,7	6,1	9,6
Resultaten	NH_3 buiten (ppm)	0,11	0,23	0,08	0,14	0,09	0,06	0,14	0,11	0,09	0,07
Resultaten	NH_3 emissie (g/dag per dier)	10,4	14,7	14,4	11,9	10,4	10,9	6,9	11,5	20,1	3,7
Resultaten	CH_4 stal (ppm)	238,7	97,4	64,3	263,4	287,0	166,3	307,1	120,6	124,9	320,6
Resultaten	CH_4 buiten (ppm)	4,8	3,8	1,9	4,8	5,5	2,4	4,5	2,8	3,4	4,1
Resultaten	CH_4 emissie (g/dag per dier)	301,9	175,5	266,6	542,9	328,1	281,8	251,0	110,2	381,9	115,5
Resultaten	N_2O stal (ppm)	0,41	0,66	0,50	0,42	0,51	0,42	0,63	0,56	0,67	0,58
Resultaten	N_2O buiten (ppm)	0,29	0,35	0,36	0,32	0,31	0,31	0,36	0,43	0,49	0,35
Resultaten	N_2O emissie (g/dag per dier)	0,42	1,62	1,70	0,55	0,64	0,51	0,60	0,33	1,54	0,23
Resultaten	Geur stal [OU_E/m^3]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Resultaten	Geur buiten [OU_E/m^3]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Resultaten	Geuremissie [OU_E/s per dpl]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Resultaten	PM10 stal [mg/m^3]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Resultaten	PM10 buiten [mg/m^3]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Resultaten	PM10-emissie [mg/dag per dier]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

VKR3

Op dit (gesloten) bedrijf voor rosévleeskalveren bestaat een productieronde uit twee onderdelen, namelijk het opfok en afmest van de dieren (jong-rosévleeskalveren). De dieren worden hiertoe in verschillende stallen gehuisvest op hetzelfde bedrijf. De kalveren worden met een gewicht van rond 52 kg in een afdeling geplaatst (opfokstal), waar de dieren in gemiddelde 74 dagen tot een gewicht van 116 kg groeien (gemiddelden op basis van informatie uit vijf productieronden; Tabel VKR3.2.a). De kalveren krijgen in deze periode gemiddeld 23 kg melk per dier. Deze waarden zijn iets hoger dan de landelijk gemiddelde (Blanken e.a., 2021). Dan worden de dieren verplaatst naar een andere stal (afmeststal), waar ze in gemiddelde 150 dagen van 121 kg tot een eindgewicht van 321 kg groeien (gemiddelden op basis van informatie uit drie productieronden; Tabel VKR3.2.b). Deze waarden zijn ook iets hoger dan de landelijk gemiddelde. Het rantsoen in de opfokstal bestond uit melk, ruwvoer en krachtvoer. De samenstelling van het rantsoen was afhankelijk van de leeftijd van de dieren. Bij de afmeststal bestond tet rantsoen uit ruwvoer in de vorm van mais en krachtvoer (tabel VKR3.2.c).

De metingen zijn op beide stallen uitgevoerd, om de volledige productieronde in kaart te brengen. De gerapporteerde resultaten hebben betrekking op metingen die in de periode 21/05/2021 – 09/08/2022 zijn uitgevoerd. In deze periode zijn er voor de opfokstal zeven en voor de afmeststal vijf protocollaire metingen uitgevoerd, verdeeld over de verschillende seizoenen en de verschillende fasen in een productieronde (Figuur VKR3.1). Tijdens de protocollaire metingen was de gemiddelde buitentemperatuur bij de opfokstal iets hoger en bij de afmeststal iets lager dan de langdurige 20-jaargemiddelden (2001-2020) bij het KNMI-weerstation in De Bilt (T: 10,7 °C; RV: 81%; Tabel VKR3.3). De relatieve luchtvochtigheid was bij de opfokstal iets lager en bij de afmeststal iets hoger dan de 20-jaargemiddelden. Voor de continue metingen waren de gemiddelde buitentemperatuur en relatieve luchtvochtigheid iets hoger dan de langdurige 20-jaargemiddelden (voor zowel de opfok- als de afmeststal). De CO_2-concentratie in de stal lag tijdens de protocollaire metingen altijd onder de 3000 ppm. In Figuur VKR3.2 worden de continue metingen voor een aantal klimaatparameters (gemeten temperatuur en -luchtvochtigheid binnen de stallen (opfok en afmest); temperatuur en relatieve luchtvochtigheid buiten de stallen geregistreerd bij het dichtstbijzijnde KNMI-meteostation) grafisch weergegeven.

In Figuur VKR3.3 worden per dag de methaan- en ammoniakemissies en het ventilatiedebiet voor zowel de opfok- als de afmeststal grafisch weergegeven. De resultaten van de emissiemetingen worden in Tabel VKR3.1 voor zowel de continue als voor de protocollaire metingen samengevat. De emissies op jaarbasis zijn bepaald op basis van de gemiddelde gemeten waarden (emissies per dag) en de lengte (in dagen) van een productieronde op deze locatie (74 dagen voor opfokfase en 150 dagen voor afmestfase). Bij de bepaling van deze jaaremissies is een leegstandsfactor van 0,96 (4% leegstand) toegepast (Groenestein en Aarnink, 2008).

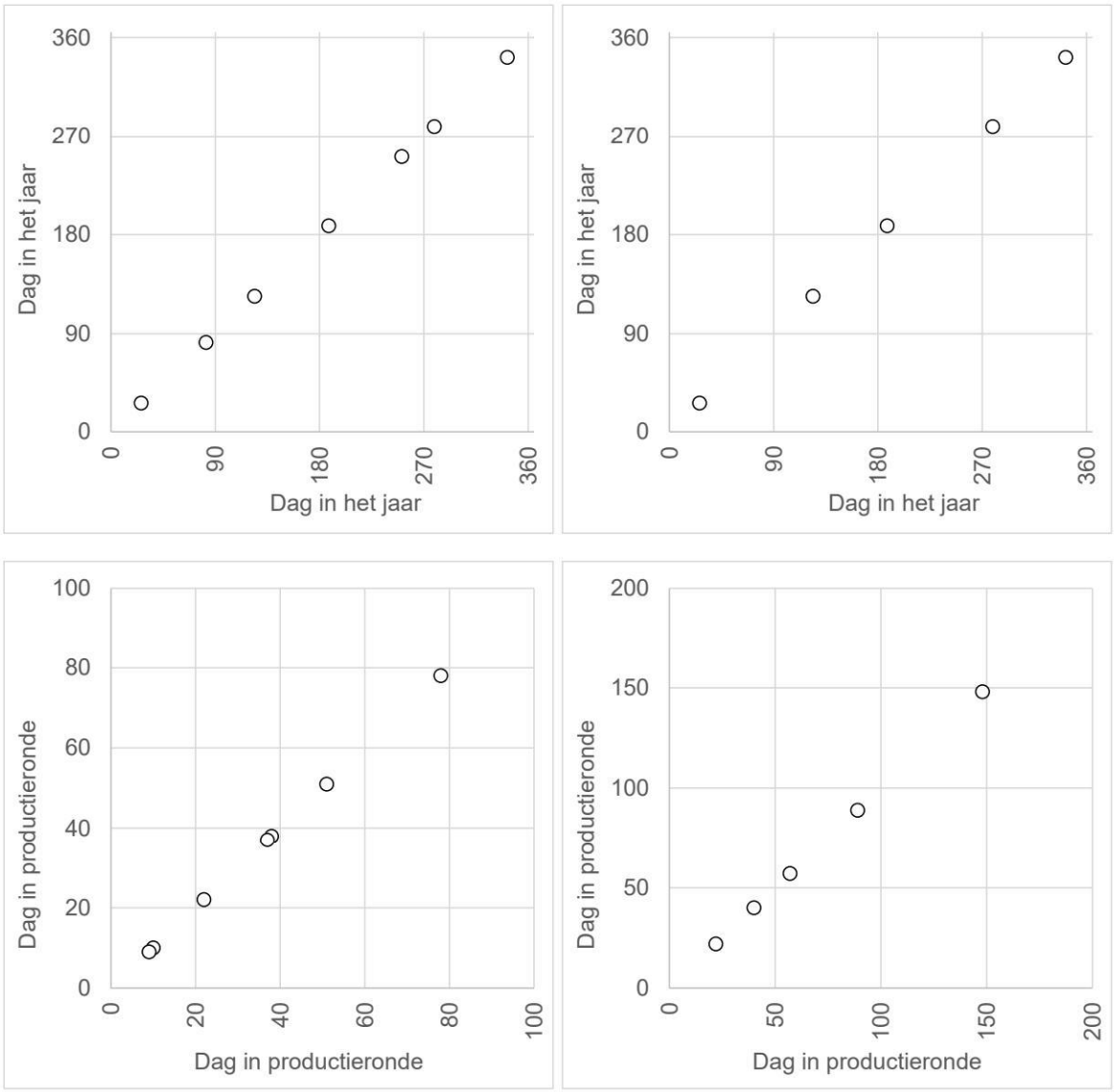
Op basis van alle meetgegevens (continue metingen) werd een ventilatiedebiet gemeten van 104,3 m^3/uur per dier (gemiddelde over de volledige productieronde (opfok+afmest)). De emissies van NH_3 en CH_4 op jaarbasis waren respectievelijk 5,4 kg NH_3/jaar/dierplaats en 92,3 kg CH_4/jaar/dierplaats. Voor N_2O, PM10 en geur zijn geen continue metingen uitgevoerd.

Op basis van de protocollaire metingen werd een ventilatiedebiet gemeten van 89,9 m^3/uur per dier (gemiddelde over de volledige productieronde (opfok+afmest)). De emissies van NH_3, CH_4, N_2O, PM10 en geur op jaarbasis waren respectievelijk 5,2 kg NH_3/jaar/dierplaats, 86,1 kg CH_4/jaar/dierplaats, 0,05 kg N_2O/jaar/dierplaats, 14,1 g PM10/jaar/dierplaats, en 35,1 OU_E/s/dierplaats.

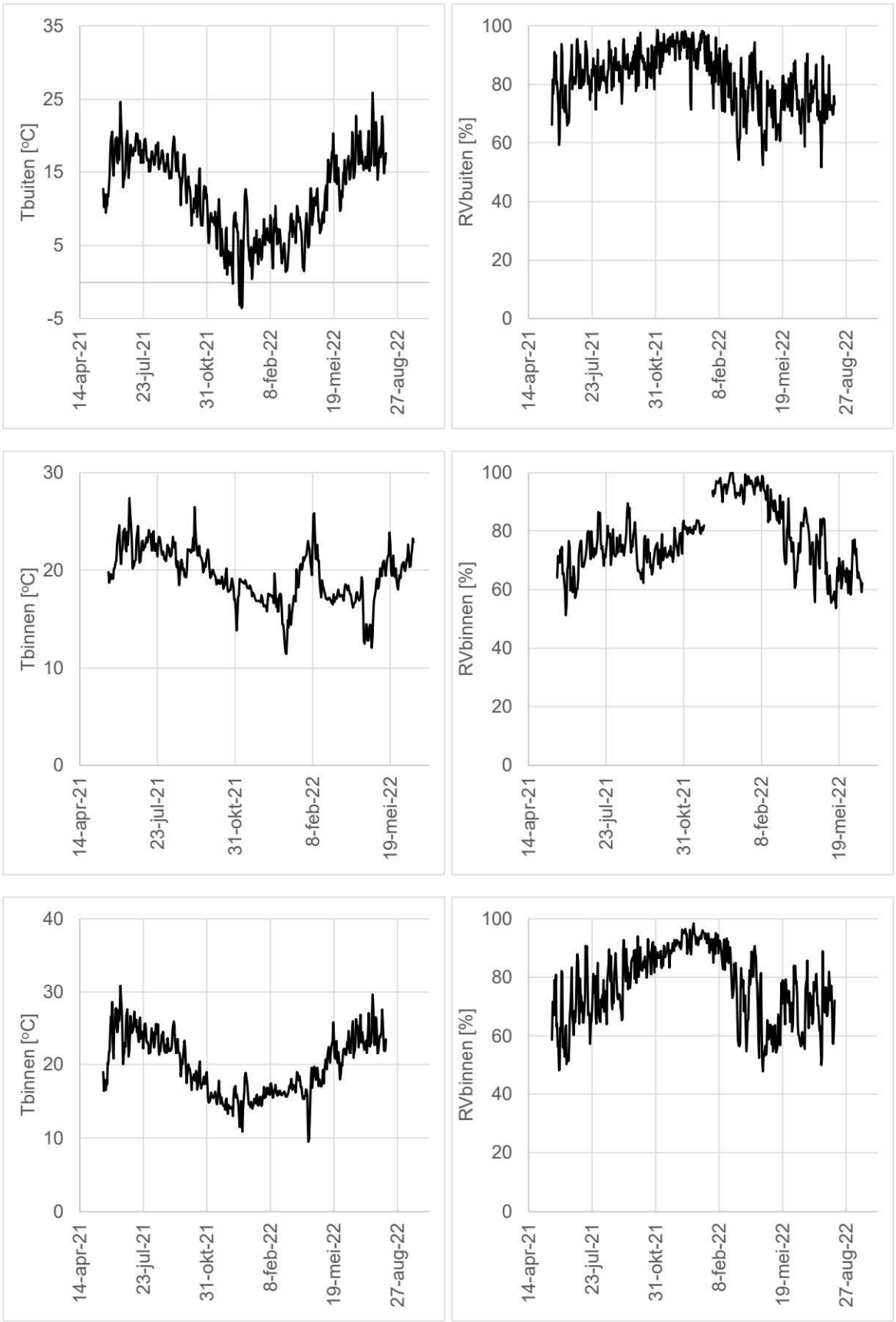
In Tabel VKR3.4 en Tabel VKR3.5 worden de data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens en meetresultaten tijdens de protocollaire metingen voor respectievelijk de opfok- en afmeststal weergegeven.

Tabel VKR3.1 *Ventilatiedebiet en emissies voor zowel de continue als de protocollaire metingen voor de verschillende productiestadia. Emissies op jaarbasis bepaald op basis van gemiddelde gemeten waarden (per dag) en de lengte (in dagen) van een productieronde (opfok en afmest) op deze locatie. ---: niet gemeten.*

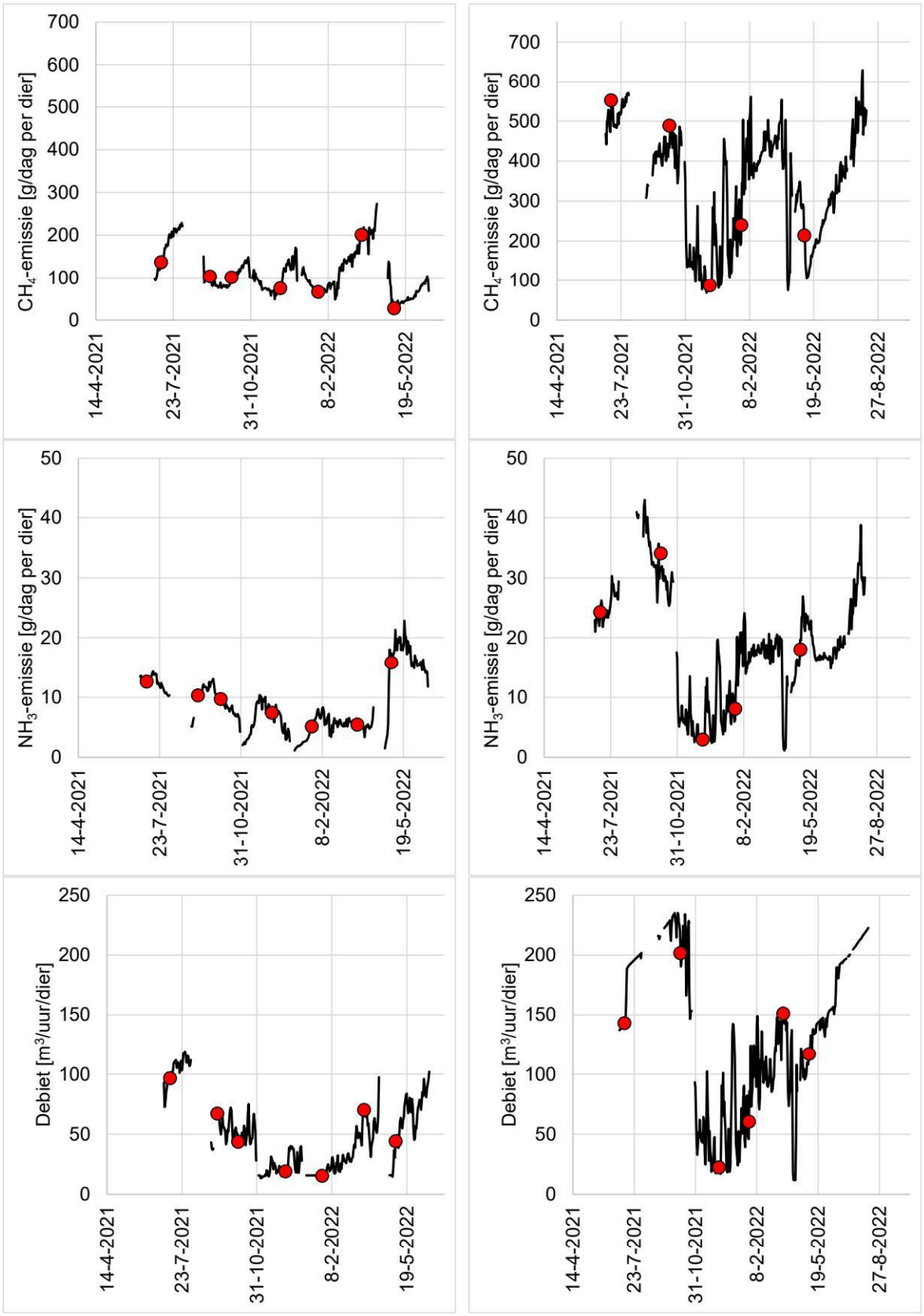
Fase	Kenmerk	Continue	Protocol
Opfok	Lengte productieronde	74	74
	Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]	48,5	51,0
	NH_3-emissie [g/dag/dier]	8,9	9,5
	CH_4-emissie [g/dag/dier]	110,9	101,8
	N_2O-emissie [g/dag/dier]	---	0,20
	PM10-emissie [mg/dag/dier]	---	20,5
	Geur-emissie [OU_E/s/dier]	---	26,7
Afmest	Lengte productieronde	150	150
	Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]	131,9	109,0
	NH_3-emissie [g/dag/dier]	18,5	17,5
	CH_4-emissie [g/dag/dier]	338,4	316,8
	N_2O-emissie [g/dag/dier]	---	0,13
	PM10-emissie [mg/dag/dier]	---	49,9
	Geur-emissie [OU_E/s/dier]	---	39,3
Opfok + Afmest	Lengte productieronde	224	224
	Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]	104,3	89,9
	NH_3-emissie [g/dag/dier]	15,3	14,9
	CH_4-emissie [g/dag/dier]	263,3	245,7
	N_2O-emissie [g/dag/dier]	---	0,15
	PM10-emissie [mg/dag/dier]	---	40,2
	Geur-emissie [OU_E/s/dier]	---	35,1
Jaargemiddelden	NH_3-emissie [kg/jaar/dier]	5,4	5,2
	CH_4-emissie [kg/jaar/dier]	92,3	86,1
	N_2O-emissie [kg/jaar/dier]	---	0,05
	PM10-emissie [g/jaar/dier]	---	14,1
	Geur-emissie [OU_E/s/dier]	---	35,1



Figuur VKR3.1 *Links: opfokstal; Rechts: afmeststal; Boven: Verdeling van de metingen over de seizoenen; Onder: verdeling van de metingen over de productieronde.*



Figuur VKR3.2 *Links: temperatuur; Rechts: relatieve luchtvochtigheid; Boven: Buiten; Midden: binnen opfokstal; Onder: binnen afmeststal.*



Figuur VKR3.3 *Links: opfokstal; Rechts: afmeststal; Boven: CH_4-emissie (g/dag per dier); Midden: NH_3-emissie (g/dag per dier); Onder: Ventilatiedebiet (m^3/uur per dier). De protocollaire metingen worden met rode cirkels weergegeven.*

Tabel VKR3.2a *Productieresultaten opfokstal voor de gemeten productieronden, en landelijk gemiddelden (Blanken e.a., 2021).*

Opfokstal	Ronde 1	Ronde 2	Ronde 3	Ronde 4	Ronde 5	Landelijk gemiddelde
Begindatum	18-5-2021	30-8-21	2-11-21	5-1-22	26-4-22	---
Einddatum	19-8-2021	30-10-21	30-12-21	13-4-22	18-6-22	---
Aantal dieren (begin ronde)	508	509	510	509	507	---
Aantal dieren afgeleverd	501	503	506	504	498	---
Lengte productieronde (dagen)	94	62	59	99	54	72
Gemiddeld gewicht (kg; begin ronde)	53	52	55	50	52	50
Gemiddeld gewicht (kg; afloop ronde)	133	98	112	133	110	110
Melkconsumptie (kg/dier)	23	22	22	25	25	22

Tabel VKR3.2b *Productieresultaten afmeststal voor de gemeten productieronden, en landelijk gemiddelden (Blanken e.a., 2021).*

Afmeststal	Ronde 1	Ronde 2	Ronde 3	Landelijk gemiddelde (oud rosé)
Begindatum	12-5-21	30-10-21	14-4-22	---
Einddatum	23-10-21	15-4-22	8-8-22	---
Aantal dieren aan het begin van de ronde	255	254	254	---
Aantal dieren afgeleverd	252	254	253	---
Lengte productieronde (dagen)	165	168	118	145
Gemiddeld gewicht (kg; begin ronde)	133	98	133	110
Gemiddeld gewicht (kg; afloop ronde)	319	322	323	317

Tabel VKR3.2c *Aandeel ruwvoer en krachtvoer (op ds-basis) in het rantsoen van de kalveren op basis van de leeftijd van de dieren.*

Productieperiode	opfok	afmest
Ruwvoer (%)	37	33
Krachtvoer en bijproducten (%)	63	67

Tabel VKR3.3 *Gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue als protocollaire metingen bij de gemeten opfok- en afmeststallen. ---: niet gemeten.*

		Opfok		Afmest	
	Kenmerk	**Continue**	**Protocol**	**Continue**	**Protocol**
Klimaat	T-binnen (°C)	19,4 (11,4 : 27,3)	19,5 (16,3 : 22,3)	19,8 (9,5 : 30,9)	19,3 (14,3 : 25,5)
	RV-binnen (%)	78 (51 : 101)	74 (60 : 97)	77 (48 : 98)	73 (55 : 92)
	T-buiten (°C)	11,1 (-3,6 : 24,7)	10,6 (3,5 : 18,9)	11,8 (-3,6 : 25,9)	10,6 (3,5 : 18,9)
	RV-buiten (%)	82,8 (52,4 : 98,6)	79,4 (63,1 : 92,0)	81,7 (51,6 : 98,6)	79,4 (63,1 : 92,0)
Resultaten	Aantal meetdagen	302	7	361	6
	Ventilatiedebiet (m^3/uur/dier)	49 (13 : 119)	51 (15 : 97)	132 (12 : 235)	116 (23 : 202)
	CO_2 stal (ppm)	1571 (511 : 3533)	1671 (999 : 2613)	1549 (855 : 2677)	1671 (1321 : 2004)
	CO_2 buiten (ppm)	485 (419 : 690)	515 (456 : 566)	508 (458 : 611)	506 (456 : 559)
	Aantal meetdagen	322	7	369	5
	NH_3 stal (ppm)	11,4 (3,1 : 33,5)	13,8 (4,6 : 22,3)	8,5 (4,7 : 19,6)	8,9 (7,6 : 10,1)
	NH_3 buiten (ppm)	---	0,08 (0,05 : 0,11)	---	0,08 (0,05 : 0,11)
	NH_3-emissie (g/dag per dier)	8,9 (1,1 : 22,8)	9,5 (5,1 : 15,9)	18,5 (1,1 : 43,0)	17,5 (3,0 : 34,1)
	Aantal meetdagen	322	7	369	5
	CH_4 stal (ppm)	193 (36 : 574)	153 (41 : 271)	181 (50 : 630)	184 (107 : 246)
	CH_4 buiten (ppm)	---	3,0 (2,5 : 4)	---	3,0 (2,5 : 4)
	CH_4-emissie (g/dag per dier)	110,9 (31,2 : 273,5)	101,8 (27,9 : 201,2)	338,4 (68,6 : 629,5)	316,8 (87,7 : 552,5)
	Aantal meetdagen	---	7	---	5
	N_2O stal (ppm)	---	0,54 (0,40 : 0,76)	---	0,44 (0,39 : 0,50)
	N_2O buiten (ppm)	---	0,40 (0,37 : 0,46)	---	0,40 (0,37 : 0,46)
	N_2O-emissie (g/dag per dier)	---	0,20 (0,08 : 0,33)	---	0,13 (0,05 : 0,20)
	Aantal meetdagen	---	7	---	5
	Geur stal [OU_E/m^3]	---	2561 (1333 : 4926)	---	1796 (1007 : 4123)
	Geuremissie [OU_E/s per dpl]	---	29 (18 : 62)	---	64 (10 : 174)
	Aantal meetdagen	---	7	---	5
	PM10 stal [mg/m^3]	---	0,026 (0,012 : 0,041)	---	0,026 (0,020 : 0,030)
	PM10 buiten [mg/m^3]	---	0,010 (0,002 : 0,018)	---	0,009 (0,002 : 0,018)
	PM10-emissie [mg/dag per dier]	---	20,5 (4,4 : 33,2)	---	49,9 (6,9 : 97,9)

Tabel VKR3.4 *Data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, gemiddelde klimaat- en managementgegevens, en meetresultaten (ventilatiedebiet, concentraties en emissies) tijdens de protocollaire metingen voor de opfokstal. ---: niet gemeten.*

		1	2	3	4	5	6	7
	Datum	7-7-2021	8-9-2021	6-10-2021	8-12-2021	26-1-2022	23-3-2022	4-5-2022
	Dag in het jaar	188	251	279	342	26	82	124
Klimaat	T-binnen (°C)	22,3	22,0	19,2	16,3	20,4	18,4	18,2
	RV-binnen (%)	71,0	66,9	73,0	91,7	97,4	60,6	60,3
	T-buiten (°C)	17,2	18,9	10,7	4,1	3,5	10,1	9,7
	RV-buiten (%)	82,7	73,5	92,0	88,7	91,0	63,1	65,1
Management	Dierplaatsen	505	505	505	505	505	505	505
	Aanwezige dieren	508	509	509	510	509	509	507
	Bezettingsgraad	101	101	101	101	101	101	100
	Dag in productieronde	51	10	38	37	22	78	9
	Gewicht [kg]	96	59	80	91	68	115	61
Resultaten	CO_2 stal (ppm)	1185	999	1516	2522	2613	1860	1002
	CO_2 buiten (ppm)	559	522	512	471	518	566	456
	Debiet (m^3/dier/uur)	97	67	44	19	15	70	44
	NH_3 stal (ppm)	7,7	9,0	13,0	22,3	19,4	4,6	20,8
	NH_3 buiten (ppm)	0,09	0,05	0,11	0,10	0,06	0,08	0,10
	NH_3 emissie (g/dag per dier)	12,6	10,3	9,7	7,4	5,1	5,5	15,9
	CH_4 stal (ppm)	91,4	98,6	145,4	241,8	270,6	178,7	41,2
	CH_4 buiten (ppm)	3,0	3,0	2,8	3,0	3,8	2,8	2,5
	CH_4 emissie (g/dag per dier)	137,0	103,3	101,2	75,1	66,7	201,2	27,9
	N_2O stal (ppm)	0,40	0,50	0,52	0,76	0,64	0,44	0,55
	N_2O buiten (ppm)	0,39	0,42	0,39	0,37	0,39	0,39	0,46
	N_2O emissie (g/dag per dier)	0,08	0,24	0,25	0,33	0,17	0,17	0,17
	Geur stal [OU_E/m^3]	2284	1642	1839	4926	4484	1333	1424
	Geur buiten [OU_E/m^3]	---	---	---	---	---	---	---
	Geuremissie [OU_E/s per dpl]	62	31	23	27	19	26	18
	PM10 stal [mg/m^3]	0,019	0,030	0,012	0,017	0,030	0,033	0,041
	PM10 buiten [mg/m^3]	0,005	0,010	0,002	0,007	0,010	0,015	0,018
	PM10-emissie [mg/dag per dier]	33,2	32,6	10,3	4,4	7,3	31,8	23,7

Tabel VKR3.5 *Data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, gemiddelde klimaat- en managementgegevens, en meetresultaten (ventilatiedebiet, concentraties en emissies) tijdens de protocollaire metingen voor de afmeststal. ---: niet gemeten.*

		1	2	3	4	5	6	7
	Datum	7-7-2021	8-9-2021	6-10-2021	8-12-2021	26-1-2022	23-3-2022	4-5-2022
	Dag in het jaar	188	251	279	342	26	82	124
Klimaat	T-binnen (°C)	24.9	25.5	18.3	14.3	14.5	18.8	18.9
	RV-binnen (%)	68.1	65.4	86.5	90.3	92.1	54.7	54.7
	T-buiten (°C)	17.2	18.9	10.7	4.1	3.5	10.1	9.7
	RV-buiten (%)	82.7	73.5	92.0	88.7	91.0	63.1	65.1
Management	Dierplaatsen	240	240	240	240	240	240	240
	Aanwezige dieren	255	255	255	254	254	254	254
	Bezettingsgraad	106	106	106	106	106	106	106
	Dag in productieronde	57	120	148	40	89	145	22
	Gewicht [kg]	196	267	299	150	215	290	167
Resultaten	CO_2 stal (ppm)	1713	1321	1452	1986	2004	---	1549
	CO_2 buiten (ppm)	559	522	512	471	518	---	456
	Debiet (m^3/dier/uur)	143	---	202	23	60	---	117
	NH_3 stal (ppm)	10.1	9.3	9.9	7.6	7.7	---	9.0
	NH_3 buiten (ppm)	0.09	0.05	0.11	0.10	0.06	---	0.10
	NH_3 emissie (g/dag per dier)	24.3	---	34.1	3.0	8.1	---	18.1
	CH_4 stal (ppm)	245.6	107.1	151.8	238.8	245.0	---	115.0
	CH_4 buiten (ppm)	3.0	3.0	2.8	3.0	3.8	---	2.5
	CH_4 emissie (g/dag per dier)	552.5	---	489.0	87.7	240.5	---	214.1
	N_2O stal (ppm)	0.39	0.46	0.41	0.44	0.43	---	0.50
	N_2O buiten (ppm)	0.39	0.42	0.39	0.37	0.39	---	0.46
	N_2O emissie (g/dag per dier)	0.05	---	0.20	0.07	0.12	---	0.20
	Geur stal [OU_E/m^3]	4123	1295	1175	1461	1718	---	1007
	Geur buiten [OU_E/m^3]	---	---	---	---	---	---	---
	Geuremissie [OU_E/s per dpl]	174	---	70	10	31	---	35
	PM10 stal [mg/m^3]	0.029	0.025	0.022	0.020	0.030	---	0.030
	PM10 buiten [mg/m^3]	0.005	0.010	0.002	0.007	0.010	---	0.018
	PM10-emissie [mg/dag per dier]	82.5	---	97.9	6.9	29.0	---	33.4

VKR4

Op dit (gesloten) bedrijf voor rosévleeskalveren bestaat een productieronde uit twee onderdelen, namelijk het opfok en afmest van de dieren (jong-rosévleeskalveren). De dieren worden hiertoe in verschillende stallen gehuisvest op hetzelfde bedrijf. De kalveren worden met een gewicht van rond 55 kg in een afdeling geplaatst (opfokstal), waar de dieren in gemiddelde 66 dagen tot een gewicht van 112 kg groeien (gemiddelden op basis van informatie uit vijf productieronden; Tabel VKR4.2.a). De kalveren krijgen in deze periode gemiddeld 24 kg melk per dier. Deze waarden zijn iets hoger dan de landelijk gemiddelde (Blanken e.a., 2021). Dan worden de dieren verplaatst naar een andere stal (afmeststal), waar ze in gemiddelde 149 dagen van 114 kg tot een eindgewicht van 323 kg groeien (gemiddelden op basis van informatie uit drie productieronden; Tabel VKR4.2.b). Deze waarden zijn ook iets hoger dan de landelijk gemiddelde. Het rantsoen in de opfokstal bestond uit melk, ruwvoer en krachtvoer. De samenstelling van het rantsoen was afhankelijk van de leeftijd van de dieren. Bij de afmeststal bestond tet rantsoen uit ruwvoer in de vorm van mais en krachtvoer (tabel VKR4.2.c).

De metingen zijn op beide stallen uitgevoerd, om de volledige productieronde in kaart te brengen. De gerapporteerde resultaten hebben betrekking op metingen die in de periode 26/10/2021 – 20/11/2022 zijn uitgevoerd. In deze periode zijn er voor de opfokstal vijf en voor de afmeststal zeven protocollaire metingen uitgevoerd, verdeeld over de verschillende seizoenen en de verschillende fasen in een productieronde (Figuur VKR4.1). De gemiddelde buitentemperatuur was (voor zowel de continue als voor de protocollaire metingen) bij zowel de opfok- als de afmeststal iets hoger dan de langdurige 20-jaargemiddelden (2001-2020) bij het KNMI-weerstation in De Bilt (T: 10,7 °C; RV: 81%; Tabel VKR4.3). De relatieve luchtvochtigheid was bij de opfokstal (voor zowel de continue als voor de protocollaire metingen) iets lager dan de 20-jaargemiddelden. Bij de afmeststal was de gemiddelde relatieve luchtvochtigheid voor de protocollaire metingen iets hoger en voor de continue metingen iets lager dan de langdurige 20-jaargemiddelden. De CO_2-concentratie in de stal lag tijdens de protocollaire metingen altijd onder de 3000 ppm. In Figuur VKR4.2 worden de continue metingen voor een aantal klimaatparameters (gemeten temperatuur en -luchtvochtigheid binnen de stallen (opfok en afmest); temperatuur en relatieve luchtvochtigheid buiten de stallen geregistreerd bij het dichtstbijzijnde KNMI-meteostation) grafisch weergegeven.

In Figuur VKR4.3 worden per dag de methaan- en ammoniakemissies en het ventilatiedebiet voor zowel de opfok- als de afmeststal grafisch weergegeven. De resultaten van de emissiemetingen worden in Tabel VKR4.1 voor zowel de continue als voor de protocollaire metingen samengevat. De emissies op jaarbasis zijn bepaald op basis van de gemiddelde gemeten waarden (emissies per dag) en de lengte (in dagen) van een productieronde op deze locatie (66 dagen voor opfokfase en 149 dagen voor afmestfase). Bij de bepaling van deze jaaremissies is een leegstandsfactor van 0,96 (4% leegstand) toegepast (Groenestein en Aarnink, 2008).

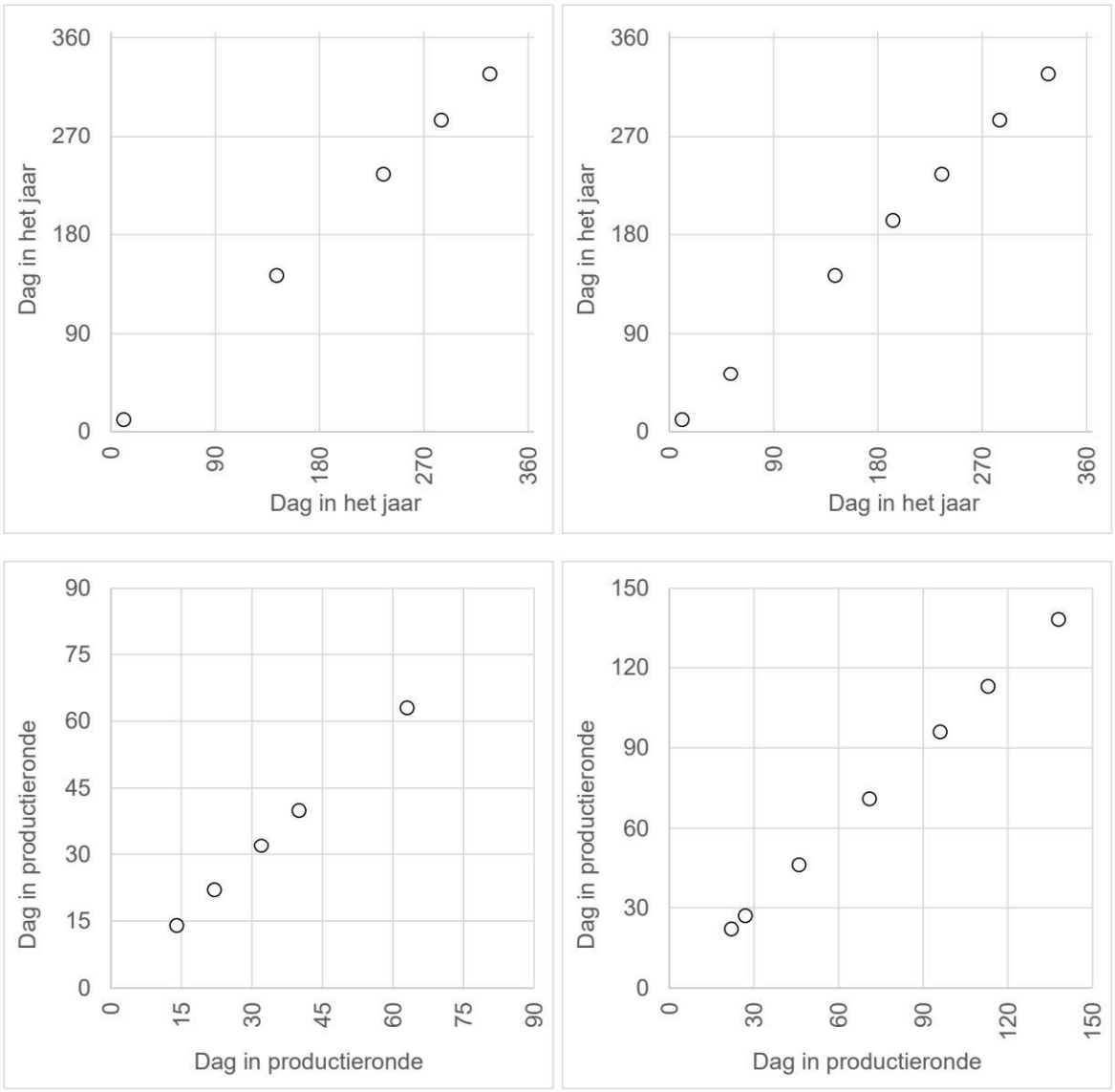
Op basis van alle meetgegevens (continue metingen) werd een ventilatiedebiet gemeten van 75,2 m^3/uur per dier (gemiddelde over de volledige productieronde (opfok+afmest)). De emissies van NH_3 en CH_4 op jaarbasis waren respectievelijk 2,4 kg NH_3/jaar/dierplaats en 61,5 kg CH_4/jaar/dierplaats. Voor N_2O, PM10 en geur zijn geen continue metingen uitgevoerd.

Op basis van de protocollaire metingen werd een ventilatiedebiet gemeten van 85,9 m^3/uur per dier (gemiddelde over de volledige productieronde (opfok+afmest)). De emissies van NH_3, CH_4, N_2O, PM10 en geur op jaarbasis waren respectievelijk 2,4 kg NH_3/jaar/dierplaats, 66,8 kg CH_4/jaar/dierplaats, 0,11 kg N_2O/jaar/dierplaats, 14,2 g PM10/jaar/dierplaats, en 46,0 OU_E/s/dierplaats.

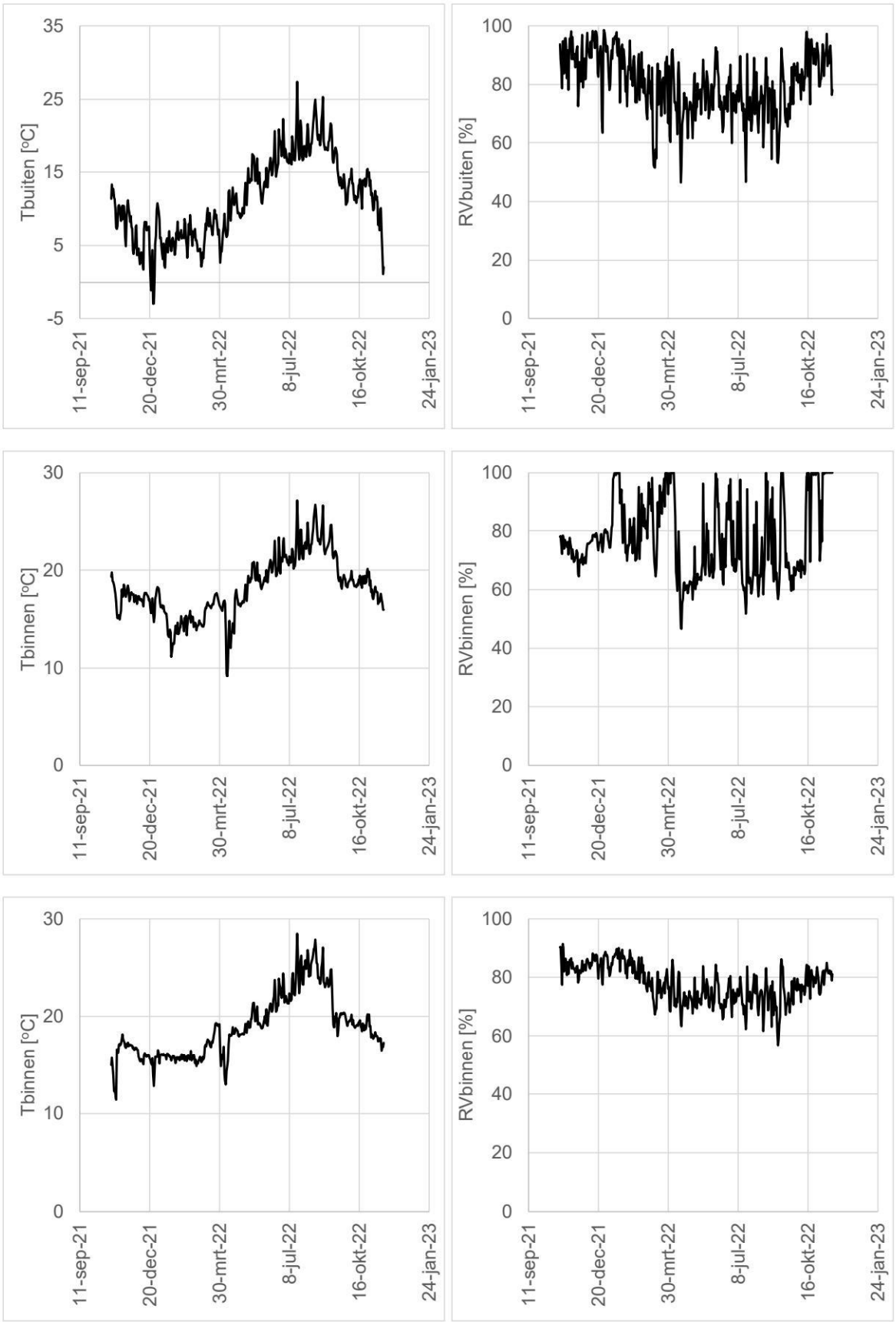
In Tabel VKR4.4 en Tabel VKR4.5 worden de data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens en meetresultaten tijdens de protocollaire metingen voor respectievelijk de opfok- en afmeststal weergegeven.

Tabel VKR4.1 *Ventilatiedebiet en emissies voor zowel de continue als de protocollaire metingen voor de verschillende productiestadia. Emissies op jaarbasis bepaald op basis van gemiddelde gemeten waarden (per dag) en de lengte (in dagen) van een productieronde (opfok en afmest) op deze locatie. ---: niet gemeten.*

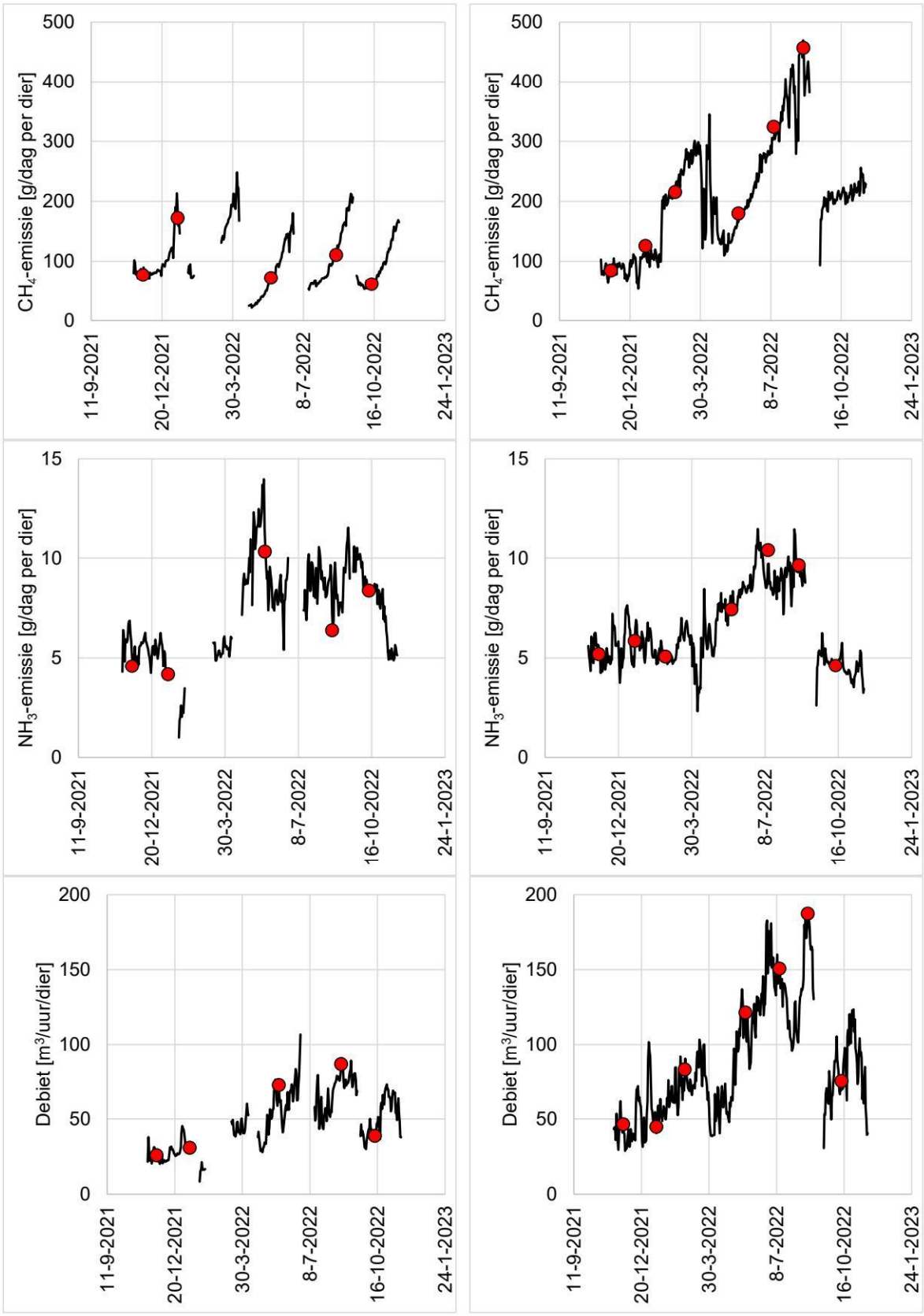
Fase	Kenmerk	Continue	Protocol
Opfok	Lengte productieronde	66	66
	Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]	49,1	51,0
	NH_3-emissie [g/dag/dier]	7,4	6,8
	CH_4-emissie [g/dag/dier]	101,6	98,7
	N_2O-emissie [g/dag/dier]	---	0,27
	PM10-emissie [mg/dag/dier]	---	17,7
	Geur-emissie [OU_E/s/dier]	---	29,5
Afmest	Lengte productieronde	149	149
	Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]	86,8	101,3
	NH_3-emissie [g/dag/dier]	6,4	6,9
	CH_4-emissie [g/dag/dier]	208,1	231,4
	N_2O-emissie [g/dag/dier]	---	0,33
	PM10-emissie [mg/dag/dier]	---	50,8
	Geur-emissie [OU_E/s/dier]	---	53,3
Opfok + Afmest	Lengte productieronde	215	215
	Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]	75,2	85,9
	NH_3-emissie [g/dag/dier]	6,7	6,9
	CH_4-emissie [g/dag/dier]	175,4	190,6
	N_2O-emissie [g/dag/dier]	---	0,31
	PM10-emissie [mg/dag/dier]	---	40,6
	Geur-emissie [OU_E/s/dier]	---	46,0
Jaargemiddelden	NH_3-emissie [kg/jaar/dier]	2,4	2,4
	CH_4-emissie [kg/jaar/dier]	61,5	66,8
	N_2O-emissie [kg/jaar/dier]	---	0,11
	PM10-emissie [g/jaar/dier]	---	14,2
	Geur-emissie [OU_E/s/dier]	---	46,0



Figuur VKR4.1 *Links: opfokstal; Rechts: afmeststal; Boven: Verdeling van de metingen over de seizoenen; Onder: verdeling van de metingen over de productieronde.*



Figuur VKR4.2 *Links: temperatuur; Rechts: relatieve luchtvochtigheid; Boven: Buiten; Midden: binnen opfokstal; Onder: binnen afmeststal.*



Figuur VKR4.3 *Links: opfokstal; Rechts: afmeststal; Boven: CH_4-emissie (g/dag per dier); Midden: NH_3-emissie (g/dag per dier); Onder: Ventilatiedebiet (m^3/uur per dier). De protocollaire metingen worden met rode cirkels weergegeven.*

Tabel VKR4.2a *Productieresultaten opfokstal voor de gemeten productieronden, en landelijk gemiddelden (Blanken e.a., 2021).*

Opfokstal	Ronde 1	Ronde 2	Ronde 3	Ronde 4	Ronde 5	Landelijk gemiddelde
Begindatum	10-11-2021	26-1-2022	22-4-2022	15-7-2022	21-9-2022	---
Einddatum	14-1-2022	8-4-2022	24-6-2022	16-9-2022	20-11-2022	---
Aantal dieren (begin ronde)	272	275	272	274	275	---
Aantal dieren afgeleverd	265	272	270	272	273	---
Lengte productieronde (dagen)	66	73	64	64	61	72
Gemiddeld gewicht (kg; begin ronde)	56	55	54	54	57	50
Gemiddeld gewicht (kg; afloop ronde)	110	116	110	110	115	110
Melkconsumptie (kg/dier)	25	29	30	26	26	22

Tabel VKR4.2b *Productieresultaten afmeststal voor de gemeten productieronden, en landelijk gemiddelden (Blanken e.a., 2021).*

Afmeststal	Ronde 1	Ronde 2	Ronde 3	Landelijk gemiddelde (oud rosé)
Begindatum	2-11-2021	8-4-2022	16-9-2022	---
Einddatum	8-4-2022	1-9-2022	5-2-2023	---
Aantal dieren aan het begin van de ronde	268	270	272	---
Aantal dieren afgeleverd	265	265	268	---
Lengte productieronde (dagen)	158	147	143	145
Gemiddeld gewicht (kg; begin ronde)	115	116	110	110
Gemiddeld gewicht (kg; afloop ronde)	311	331	327	317

Tabel VKR4.2c *Aandeel ruwvoer en krachtvoer (op ds-basis) in het rantsoen van de kalveren op basis van de leeftijd van de dieren.*

Productieperiode	opfok	afmest
Ruwvoer (%)	27	39
Krachtvoer en bijproducten (%)	73	61

Tabel VKR4.3 *Gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue als protocollaire metingen bij de gemeten opfok- en afmeststallen. ---: niet gemeten.*

		Opfok		Afmest	
	Kenmerk	**Continue**	**Protocol**	**Continue**	**Protocol**
Klimaat	T-binnen (°C)	18,2 (9,1 : 27,1)	19,3 (15,7 : 24,1)	18,8 (11,4 : 28,5)	19,7 (15,8 : 25,0)
	RV-binnen (%)	78 (47 : 100)	78 (67 : 99)	78 (57 : 91)	79 (73 : 87)
	T-buiten (°C)	11,4 (-3,0 : 27,4)	12,1 (2,0 : 21,9)	11,4 (-3,0 : 27,4)	12,4 (2,0 : 21,9)
	RV-buiten (%)	80 (47 : 99)	83 (74 : 94)	80 (47 : 99)	83 (74 : 94)
Resultaten	Aantal meetdagen	290	5	363	7
	Ventilatiedebiet (m^3/uur/dier)	49,1 (8,4 : 106,7)	51,0 (25,9 : 86,5)	86,8 (28,9 : 187,6)	101,3 (44,9 : 187,5)
	CO_2 stal (ppm)	1281 (556 : 2298)	1409 (939 : 2304)	1395 (582 : 2212)	1315 (1152 : 1598)
	CO_2 buiten (ppm)	483 (450 : 556)	473 (432 : 540)	478 (404 : 562)	491 (442 : 562)
	Aantal meetdagen	312	5	376	7
	NH_3 stal (ppm)	9,6 (1,7 : 19,3)	8,7 (4,4 : 12,6)	4,9 (2,2 : 9,5)	4,8 (3,3 : 7,6)
	NH_3 buiten (ppm)	0,10 (0,07 : 0,13)	0,11 (0,06 : 0,20)	0,23 (0,16 : 0,31)	0,22 (0,13 : 0,31)
	NH_3-emissie (g/dag per dier)	7,4 (1,0 : 13,9)	6,8 (4,2 : 10,3)	6,4 (2,3 : 11,5)	6,9 (4,6 : 10,4)
	Aantal meetdagen	313	5	376	6
	CH_4 stal (ppm)	167 (21 : 606)	155 (64 : 341)	165 (41 : 406)	144 (96 : 178)
	CH_4 buiten (ppm)	2,9 (2,2 : 4,3)	3,0 (2,2 : 4,3)	7,6 (6,3 : 10,1)	7,5 (4,5 : 10,1)
	CH_4-emissie (g/dag per dier)	101,6 (21,6 : 248,3)	98,7 (61,3 : 172,2)	208,1 (53,2 : 469,7)	231,4 (84,9 : 457,4)
	Aantal meetdagen	---	5	---	6
	N_2O stal (ppm)	---	0,54 (0,44 : 0,75)	---	0,46 (0,43 : 0,49)
	N_2O buiten (ppm)	---	0,38 (0,36 : 0,40)	---	0,38 (0,36 : 0,41)
	N_2O-emissie (g/dag per dier)	---	0,27 (0,19 : 0,43)	---	0,33 (0,17 : 0,69)
	Aantal meetdagen	---	5	---	6
	Geur stal [OU_E/m^3]	---	3409 (851 : 8112)	---	2346 (1537 : 3333)
	Geuremissie [OU_E/s per dpl]	---	29,5 (20,1 : 69,8)	---	53,3 (33,0 : 80,0)
	Aantal meetdagen	---	5	---	7
	PM10 stal [mg/m^3]	---	0,025 (0,013 : 0,033)	---	0,030 (0,009 : 0,046)
	PM10 buiten [mg/m^3]	---	0,009 (0,001 : 0,020)	---	0,011 (0,001 : 0,020)
	PM10-emissie [mg/dag per dier]	---	17,7 (11,8 : 28,8)	---	50,8 (17,9 : 127,9)

Tabel VKR4.4 *Data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, gemiddelde klimaat- en managementgegevens, en meetresultaten (ventilatiedebiet, concentraties en emissies) tijdens de protocollaire metingen voor de opfokstal. ---: niet gemeten.*

		1	2	3	4	5
	Datum	23-11-2021	11-01-2022	23-05-2022	23-08-2022	12-10-2022
	Dag in het jaar	327	11	143	235	285
Klimaat	T-binnen (°C)	17,6	15,7	20,8	24,1	18,3
	RV-binnen (%)	69,6	98,7	70,2	85,1	66,6
	T-buiten (°C)	9,0	2,0	16,9	21,9	10,8
	RV-buiten (%)	87,6	93,8	73,9	74,9	82,3
Management	Dierplaatsen	272	272	272	272	272
	Aanwezige dieren	272	272	272	274	275
	Bezettingsgraad	100	100	100	101	101
	Dag in productieronde	14	63	32	40	22
	Gewicht [kg]	67	107	81	88	77
Resultaten	CO_2 stal (ppm)	1623	2304	1032	939	1148
	CO_2 buiten (ppm)	479	540	432	455	460
	Debiet (m^3/dier/uur)	26	31	73	87	39
	NH_3 stal (ppm)	10,3	7,9	8,4	4,4	12,6
	NH_3 buiten (ppm)	0,06	0,20	0,09	0,09	0,10
	NH_3 emissie (g/dag per dier)	4,6	4,2	10,3	6,4	8,4
	CH_4 stal (ppm)	184,3	341,3	63,7	83,9	101,2
	CH_4 buiten (ppm)	2,5	2,5	2,2	3,6	4,3
	CH_4 emissie (g/dag per dier)	76,9	172,2	72,0	110,8	61,3
	N_2O stal (ppm)	0,75	0,56	0,44	0,44	0,50
	N_2O buiten (ppm)	0,38	0,40	0,38	0,36	0,37
	N_2O emissie (g/dag per dier)	0,43	0,23	0,19	0,28	0,22
	Geur stal [OU_E/m^3]	5136	8112	997	851	1952
	Geur buiten [OU_E/m^3]	---	---	---	---	---
	Geuremissie [OU_E/s per dpl]	37	70	20	21	21
	PM10 stal [mg/m^3]	0,028	0,022	0,013	0,029	0,033
	PM10 buiten [mg/m^3]	0,004	0,006	0,001	0,015	0,020
	PM10-emissie [mg/dag per dier]	14,7	11,8	21,0	28,8	12,4

Tabel VKR4.5 *Data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, gemiddelde klimaat- en managementgegevens, en meetresultaten (ventilatiedebiet, concentraties en emissies) tijdens de protocollaire metingen voor de afmeststal. ---: niet gemeten.*

		1	2	3	4	5	6	7
	Datum	23-112021	11-01-2022	22-02-2022	23-05-2022	12-07-2022	23-08-2022	12-10-2022
	Dag in het jaar	327	11	53	143	193	235	285
Klimaat	T-binnen (°C)	17,1	16,0	15,8	21,0	23,9	25,0	19,1
	RV-binnen (%)	82,5	86,8	84,2	73,0	77,8	75,7	75,2
	T-buiten (°C)	9,0	2,0	6,5	16,9	19,9	21,9	10,8
	RV-buiten (%)	87,6	93,8	85,0	73,9	80,7	74,9	82,3
Management	Dierplaatsen	270	270	270	270	270	270	270
	Aanwezige dieren	268	268	268	270	270	270	272
	Bezettingsgraad	99	99	100	100	100	100	100
	Dag in productieronde	22	71	113	46	96	138	27
	Gewicht [kg]	141	202	254	182	255	316	149
Resultaten	CO_2 stal (ppm)	1152	1569	1598	1156	1230	1183	---
	CO_2 buiten (ppm)	502	562	506	442	467	476	---
	Debiet (m^3/dier/uur)	46	45	83	121	151	187	75
	NH_3 stal (ppm)	6,6	7,6	3,8	3,9	4,2	3,3	3,9
	NH_3 buiten (ppm)	0,19	0,13	0,25	0,29	0,13	0,27	0,31
	NH_3 emissie (g/dag per dier)	5,2	5,9	5,1	7,4	10,4	9,7	4,6
	CH_4 stal (ppm)	119,3	178,3	168,4	96,5	142,8	159,9	---
	CH_4 buiten (ppm)	7,5	7,5	10,1	4,5	8,0	6,5	---
	CH_4 emissie (g/dag per dier)	84,9	125,8	215,6	180,1	324,5	457,4	---
	N_2O stal (ppm)	0,45	0,49	0,46	0,45	0,46	0,43	---
	N_2O buiten (ppm)	0,36	0,41	0,39	0,39	0,36	0,39	---
	N_2O emissie (g/dag per dier)	0,17	0,17	0,24	0,34	0,69	0,33	---
	Geur stal [OU_E/m^3]	2560	3333	2267	---	1718	1537	2659
	Geur buiten [OU_E/m^3]	---	---	---	---	---	---	---
	Geuremissie [OU_E/s per dpl]	33	41	52	---	72	80	56
	PM10 stal [mg/m^3]	0,020	0,028	0,027	0,009	0,046	0,044	0,035
	PM10 buiten [mg/m^3]	0,004	0,006	0,009	0,001	0,019	0,015	0,020
	PM10-emissie [mg/dag per dier]	17,9	23,5	35,7	22,6	100,9	127,9	27,0

Bijlage F Resultaten per bedrijf: Geiten

G1

In Tabel G1.1 worden de gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue als protocollaire metingen samengevat. De data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens en meetresultaten tijdens de protocollaire metingen, worden in Tabel G1.2 samengevat. Bij de bepaling van de jaaremissies is geen leegstandsfactor toegepast (Groenestein en Aarnink, 2008).

De gerapporteerde resultaten hebben betrekking op metingen die in de periode 27/11/2018 – 03/11/2020 zijn uitgevoerd. In deze periode zijn er elf protocollaire metingen uitgevoerd, verdeeld over de verschillende seizoenen (Figuur G1.1). De gemiddelde dag in het jaar bij de protocollaire metingen was 170. De gemiddelde buitentemperatuur was bij de continue metingen hoger en bij de protocollaire metingen lager, en de relatieve luchtvochtigheid (bij zowel de continue als de protocollaire metingen) lager (Tabel G1.1) dan de langdurige 20-jaargemiddelden (2001-2020) bij het KNMI-weerstation in De Bilt (T: 10,7 °C; RV: 81%). In Figuur G1.1 worden de continue metingen voor een aantal klimaatparameters (gemeten binnentemperatuur en -luchtvochtigheid; buitentemperatuur en relatieve luchtvochtigheid buiten bij het KNMI-meteostation De Bilt) grafisch weergegeven.

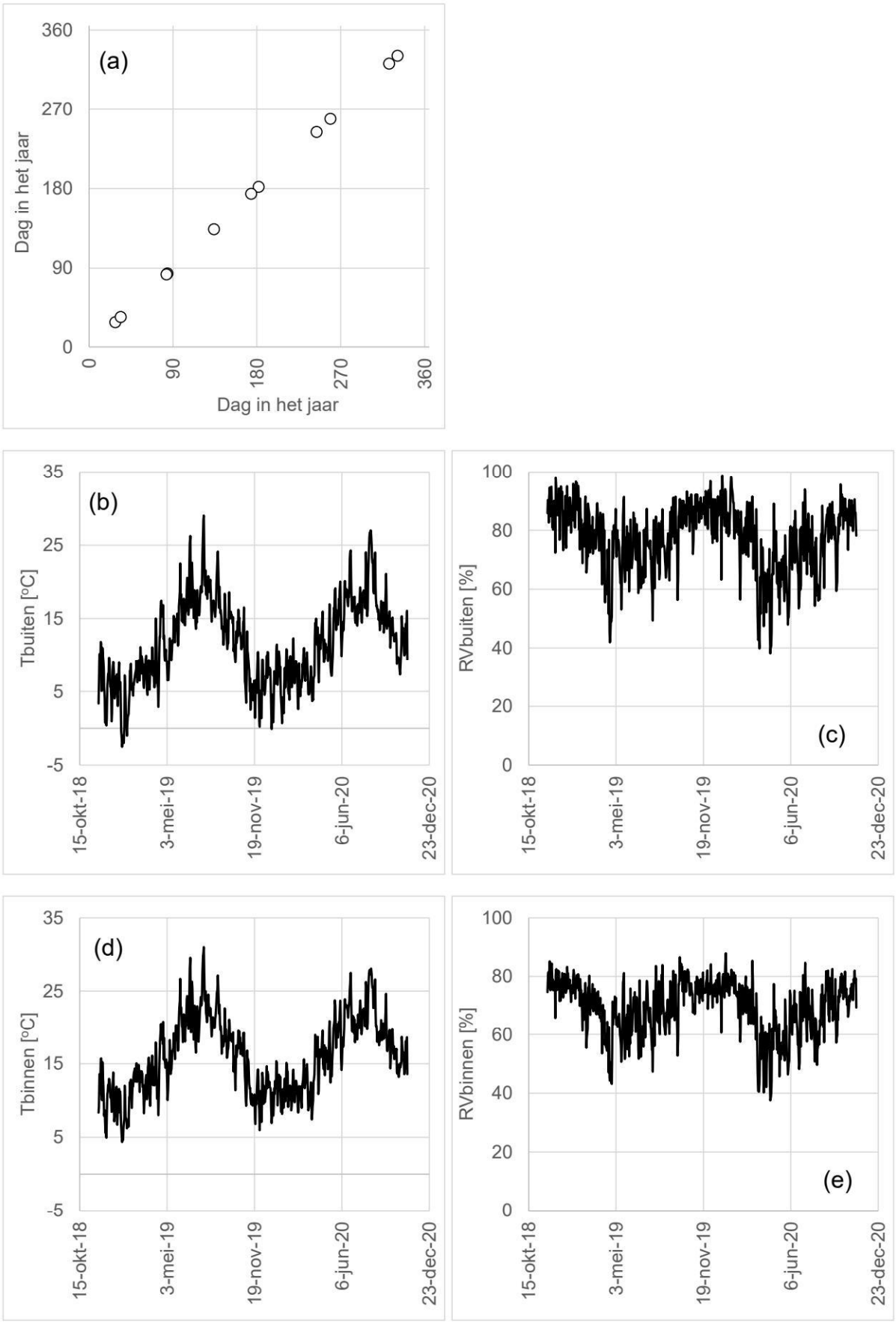
In Figuur G1.2 worden de bepalingen (op 2-weken tot maandbasis) van de melkproductie en -samenstelling (melkureum, % eiwit, %vet) grafisch weergegeven. De melkproductie varieerde tussen 2,5 en 3,5 kg/dier/dag (gemiddeld 3,1 kg/dier/dag), en het ureumgehalte in melk tussen 18 en 44 mg/100g (gemiddeld 30 mg/100g). De melk had gemiddeld 3,5% eiwit (tussen 3,3 en 3,9) en 4,1% vet (tussen 3,4 en 4,8).

In Figuur G1.3 wordt de geschatte potvolume, op basis van hoogtemetingen in de stal verdeeld over de verschillende potruimtes tijdens de boxmetingen, grafisch weergegeven. Er zijn op deze locatie geen mestmonsters uit de pot genomen.

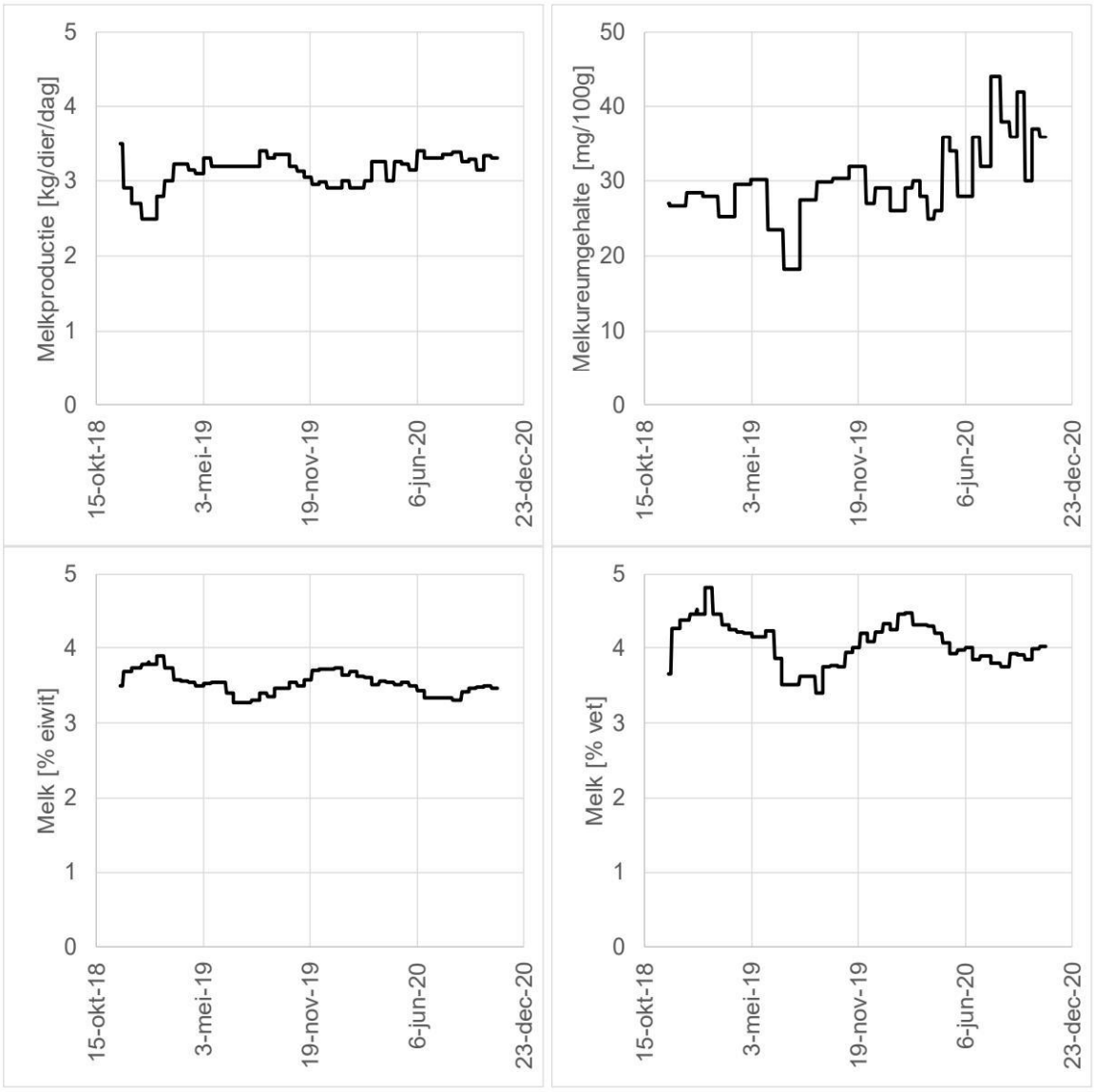
In Figuur G1.4 worden per dag de ammoniak- en methaanemissies en het ventilatiedebiet voor de continue metingen weergegeven. **Op basis van alle meetgegevens (continue metingen)** werd een ventilatiedebiet gemeten van 152 m^3/uur per dier. De emissies van NH_3 en CH_4 op jaarbasis waren respectievelijk 3,8 kg NH_3/jaar/dierplaats en 27 kg CH_4/jaar/dierplaats. Voor N_2O, PM10 en geur zijn geen continue metingen uitgevoerd. **Op basis van de protocollaire metingen** werd een ventilatiedebiet gemeten van 169 m^3/uur per dier. De emissies van NH_3, CH_4 en N_2O op jaarbasis waren respectievelijk 3,7 kg NH_3/jaar/dierplaats, 28 kg CH_4/jaar/dierplaats, en 54 g N_2O/jaar/dierplaats. Voor geur en PM10 zijn op deze locatie geen emissiemetingen uitgevoerd.

Tabel G1.1 *Gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue als protocollaire metingen. Voor de emissies per dierplaats is geen leegstandsfactor toegepast (Groenestein en Aarnink; 2008). ---: niet gemeten. Op deze locatie zijn voor geur en PM10 geen metingen uitgevoerd.*

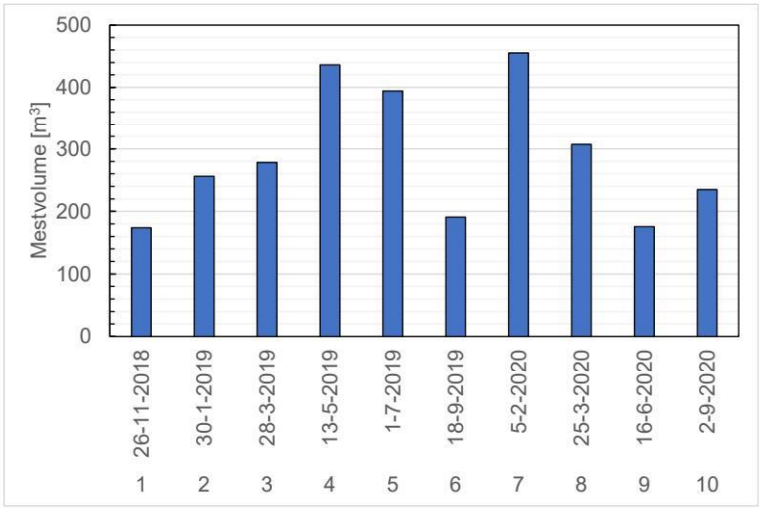
	Kenmerk	Continue	Protocol
Klimaat	T-binnen [°C]	16,0 (4,4 : 31,0)	14,0 (7,5 : 23,4)
	RV-binnen [%]	69 (38 : 88)	66 (41 : 78)
	T-buiten [°C]	11,6 (-2,5 : 29,0)	9,8 (2,8 : 18,7)
	RV-buiten [%]	77 (38 : 99)	73 (43 : 88)
Resultaten	Aantal meetdagen	707	11
	Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]	152 (58 : 427)	169 (107 : 278)
	CO_2 stal [ppm]	829 (549 : 1302)	814 (660 : 960)
	CO_2 ingaand [ppm]	447 (395 : 650)	478 (431 : 543)
	Aantal meetdagen	707	11
	NH_3 stal [ppm]	4,5 (0,9 : 8,8)	4,2 (2,0 : 7,8)
	NH_3 ingaand [ppm]	---	0,43 (0,13 : 0,86)
	NH_3-emissie [kg/jaar/dierplaats]	3,8 (1,3 : 8,8)	3,7 (1,6 : 6,7)
	NH_3-emissie [kg/jaar/dier]	3,6 (1,3 : 8,7)	3,6 (1,7 : 6,3)
	Aantal meetdagen	645	11
	CH_4 stal [ppm]	34,8 (12,9 : 67,6)	32,6 (17,4 : 50,4)
	CH_4 ingaand [ppm]	---	3,7 (2,2 : 6,9)
	CH_4-emissie [kg/jaar/dierplaats]	27 (15 : 56)	28 (19 : 38)
	CH_4-emissie [kg/jaar/dier]	26 (15 : 56)	27 (19 : 42)
	Aantal meetdagen	---	11
	N_2O stal [ppm]	---	0,36 (0,28 : 0,48)
	N_2O ingaand [ppm]	---	0,35 (0,28 : 0,46)
	N_2O-emissie [g/jaar/dierplaats]	---	53,8 (6,5 : 185,1)
	N_2O-emissie [g/jaar/dier]	---	53,8 (6,4 : 187,2)
	Aantal meetdagen	---	---
	PM10 stal [mg/m^3]	---	---
	PM10 buiten [mg/m^3]	---	---
	PM10-emissie [g/jaar/dierplaats]	---	---
	PM10-emissie [g/jaar/dier]	---	---
	Aantal meetdagen	---	---
	Geur stal [OU_E/m^3]	---	---
	Geur-emissie [OU_E/s/dpl]	---	---
	Geur-emissie [OU_E/s/dier]	---	---



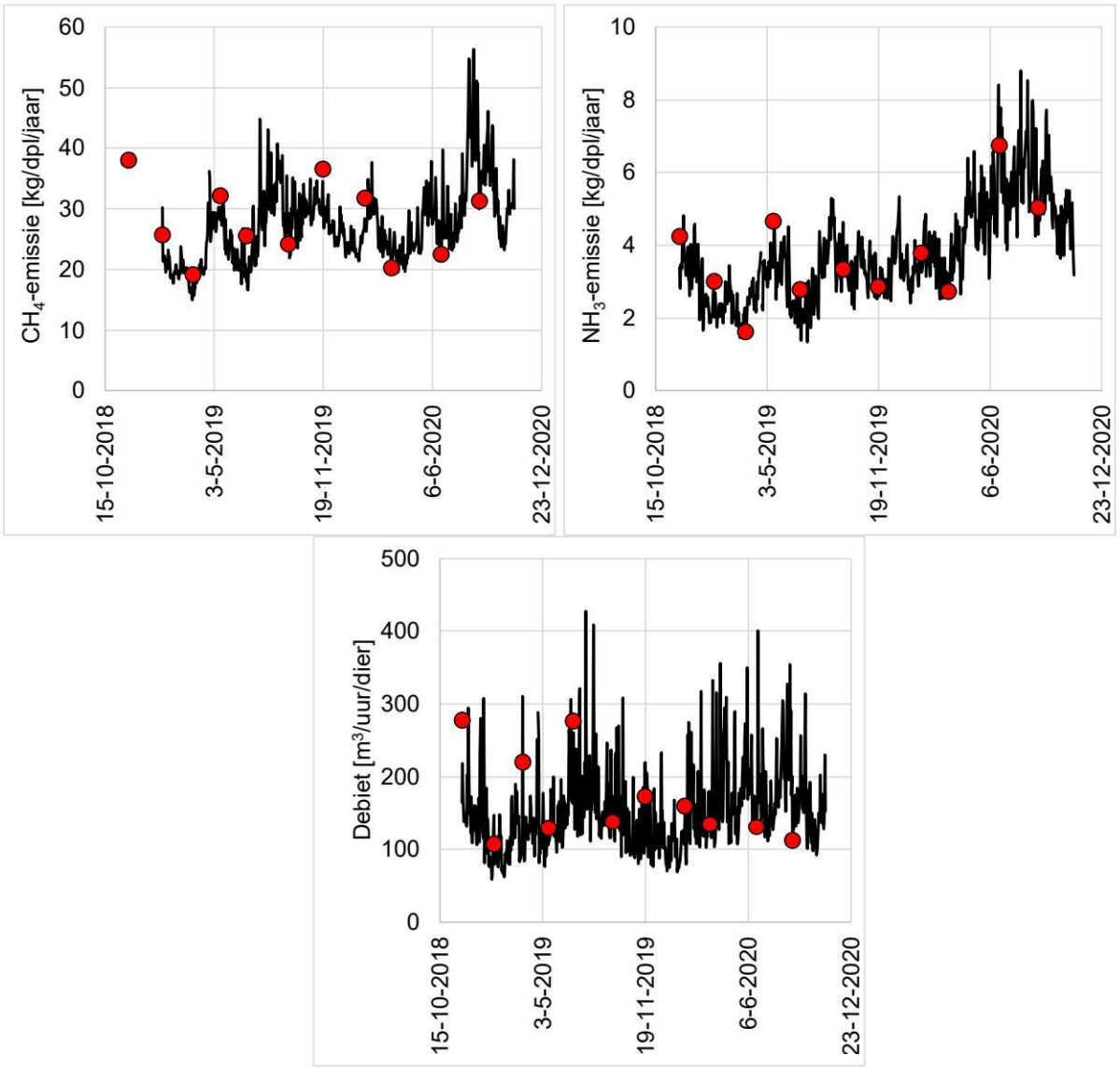
Figuur G1.1 *a) Verdeling van de metingen over de seizoenen; b) t/m e) Continue metingen van een aantal klimaatparameters. T: temperatuur; RV: relatieve vochtigheid.*



Figuur G1.2 *Melkproductie en -samenstelling (2-weken basis) over de gehele meetperiode*



Figuur G1.3 *Geschatte potvolume (m^3; op basis van hoogtemetingen verdeeld over alle potruimtes) tijdens de boxmetingen.*



***Figuur G1.4**. Linksboven: CH_4-emissie [kg/jaar per dierplaats]; Rechtsboven: NH_3-emissie [kg/jaar per dierplaats]; Onder: Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]. De protocollaire metingen worden met rode cirkels weergegeven. De emissies in deze figuur zijn niet door leegstand gecorrigeerd.*

Tabel G1.2a *Data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens tijdens de protocollaire metingen.*

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Datum	27-11-2018	28-1-2019	25-3-2019	14-5-2019	1-7-2019	16-9-2019	18-11-2019	3-2-2020	23-3-2020	22-6-2020	31-8-2020
	Dag in het jaar	331	28	84	134	182	259	322	34	83	174	244
Klimaat	T-binnen [°C]	8,7	7,5	10,2	16,3	21,1	16,9	10,1	11,5	10,0	23,4	18,7
Klimaat	RV-binnen [%]	76,8	76,3	69,6	53,4	60,3	75,5	77,8	74,0	40,7	56,6	66,8
Klimaat	T-buiten [°C]	4,6	2,8	7,5	11,4	17,7	12,7	5,7	7,3	4,9	18,7	14,1
Klimaat	RV-buiten [%]	88,1	82,7	73,4	59,1	64,7	84,9	87,5	81,4	43,0	65,6	77,9
Management	Bezettingsgraad	90	103	99	116	106	101	103	109	102	107	100
Management	Melkgevende geiten	814	791	890	870	950	897	860	950	915	960	900
Management	Bokken	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0
Management	Opfoklammeren	0	133	0	170	0	0	70	30	2	3	4
Management	Melkproductie [kg/dier/dag]	3,5	2,5	3,2	3,3	3,2	3,4	3,1	2,9	3,3	3,3	3,3
Management	Melk [% eiwit]	3,5	3,8	3,6	3,5	3,3	3,5	3,6	3,7	3,5	3,3	3,4
Management	Melk [% vet]	3,7	4,5	4,3	4,2	3,5	3,8	4,0	4,5	4,3	3,8	3,9
Management	Ureumgehalte [mg/100g]	---	---	---	---	---	---	---	26	28	36	36

Tabel G1.2b *Data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd en meetresultaten (ventilatiedebiet, concentraties en emissies) tijdens de protocollaire metingen. Voor geiten wordt geen leegstandsfactor toegepast (Groenestein en Aarnink, 2008). ---: niet gemeten.*

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Datum	27-11-2018	28-1-2019	25-3-2019	14-5-2019	1-7-2019	16-9-2019	18-11-2019	3-2-2020	23-3-2020	22-6-2020	31-8-2020
	Dag in het jaar	331	28	84	134	182	259	322	34	83	174	244
Meetresultaten	CO_2 stal [ppm]	712	940	679	833	660	836	746	818	866	901	960
	CO_2 ingaand [ppm]	512	477	431	464	476	471	448	477	442	543	518
	Debiet [m^3/dier/uur]	278	107	221	129	276	138	173	160	135	131	112
	NH_3 stal [ppm]	2,7	4,4	2,0	5,3	2,1	4,6	3,1	3,7	3,2	7,8	7,5
	NH_3 ingaand [ppm]	0,13	0,15	0,83	0,44	0,57	0,86	0,64	0,30	0,17	0,19	0,48
	NH_3 emissie [kg/dierplaats/jaar]	4,2	3,0	1,6	4,7	2,8	3,3	2,9	3,8	2,7	6,7	5,0
	CH_4 stal [ppm]	27,9	40,7	17,4	39,2	18,6	35,9	37,1	34,1	26,9	29,9	50,4
	CH_4 ingaand [ppm]	3,4	2,2	3,1	3,9	3,8	6,9	3,7	4,2	3,1	2,7	3,9
	CH_4 emissie [kg/dierplaats/jaar]	38,0	25,8	19,2	32,2	25,6	24,3	36,6	31,8	20,3	22,6	31,3
	N_2O stal [ppm]	0,42	0,31	0,35	0,32	0,35	0,32	0,42	0,32	0,28	0,48	0,40
	N_2O ingaand [ppm]	0,39	0,30	0,31	0,31	0,33	0,31	0,40	0,32	0,28	0,46	0,39
	N_2O emissie [g/dierplaats/jaar]	107,2	26,4	185,1	14,8	91,7	27,5	62,1	17,2	6,5	37,3	15,9
	PM10 stal [mg/m^3]	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	PM10 buiten [mg/m^3]	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	PM10 emissie [g/dierplaats/jaar]	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Geur stal [OU_E/m^3]	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Geur emissie [OU_E/s/dierplaats]	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

G2

In Tabel G2.1 worden de gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue als protocollaire metingen samengevat. De data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens en meetresultaten tijdens de protocollaire metingen, worden in Tabel G2.2 samengevat. Bij de bepaling van de jaaremissies is geen leegstandsfactor toegepast (Groenestein en Aarnink, 2008).

De gerapporteerde resultaten hebben betrekking op metingen die in de periode 28/02/2019 – 03/11/2020 zijn uitgevoerd. In deze periode zijn er elf protocollaire metingen uitgevoerd, verdeeld over de verschillende seizoenen (Figuur G2.1). De gemiddelde dag in het jaar bij de protocollaire metingen was 184. Bij zowel de continue als de protocollaire metingen was de gemiddelde buitentemperatuur hoger en de relatieve luchtvochtigheid lager (Tabel G2.1) dan de langdurige 20-jaargemiddelden (2001-2020) bij het KNMI-weerstation in De Bilt (T: 10,7 °C; RV: 81%). In Figuur G2.1 worden de continue metingen voor een aantal klimaatparameters (gemeten binnentemperatuur en -luchtvochtigheid; buitentemperatuur en relatieve luchtvochtigheid buiten bij het KNMI-meteostation De Bilt) grafisch weergegeven.

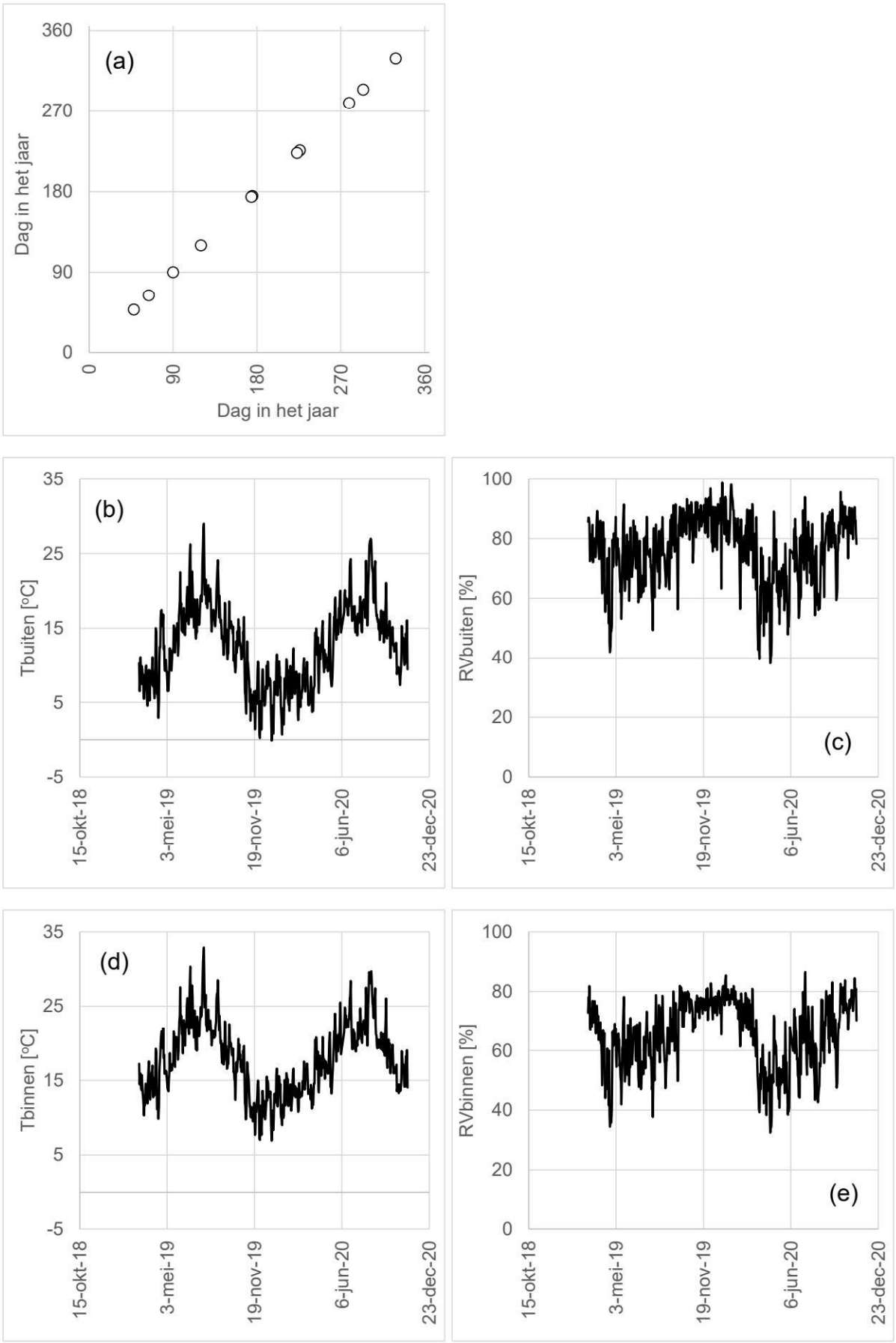
In Figuur G2.2 worden de bepalingen (op 2-weken tot maandbasis) van de melkproductie en -samenstelling (melkureum, % eiwit, %vet) grafisch weergegeven. De melkproductie varieerde tussen 2,3 en 3,8 kg/dier/dag (gemiddeld 3,2 kg/dier/dag), en het ureumgehalte in melk tussen 18 en 32 mg/100g (gemiddeld 26 mg/100g). De melk had gemiddeld 3,5% eiwit (tussen 3,3 en 4,1) en 4,2% vet (tussen 3,3 en 4,8).

In Figuur G2.3 wordt de geschatte potvolume, op basis van hoogtemetingen in de stal verdeeld over de verschillende potruimtes tijdens de boxmetingen, grafisch weergegeven. Er zijn op deze locatie geen mestmonsters uit de pot genomen.

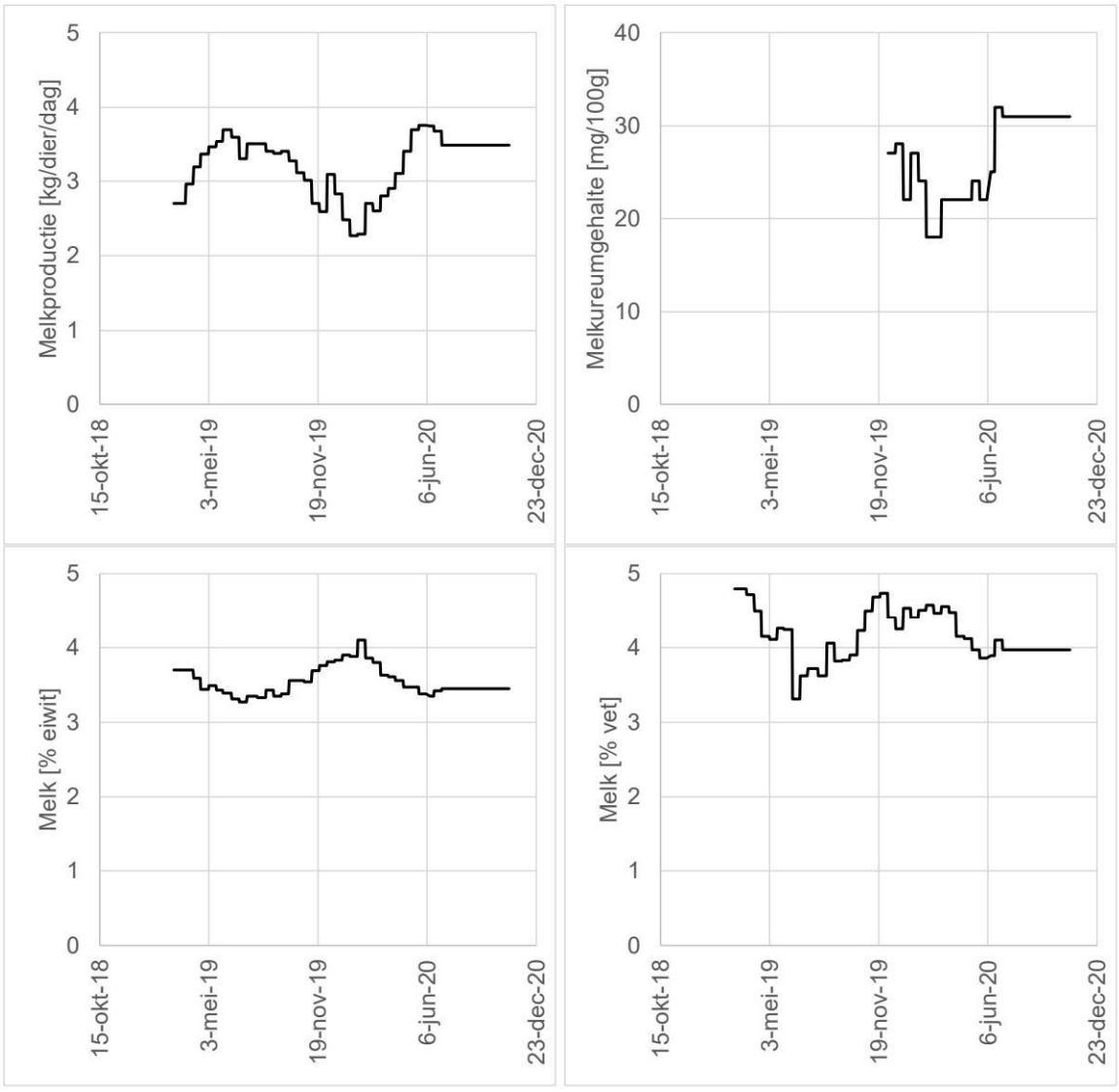
In Figuur G2.4 worden per dag de ammoniak- en methaanemissies en het ventilatiedebiet voor de continue metingen weergegeven. **Op basis van alle meetgegevens (continue metingen)** werd een ventilatiedebiet gemeten van 141 m^3/uur per dier. De emissies van NH_3 en CH_4 op jaarbasis waren respectievelijk 3,7 kg NH_3/jaar/dierplaats en 25 kg CH_4/jaar/dierplaats. Voor N_2O, PM10 en geur zijn geen continue metingen uitgevoerd. **Op basis van de protocollaire metingen** werd een ventilatiedebiet gemeten van 191 m^3/uur per dier. De emissies van NH_3, CH_4 en N_2O op jaarbasis waren respectievelijk 3,6 kg NH_3/jaar/dierplaats, 27 kg CH_4/jaar/dierplaats, en 67 g N_2O/jaar/dierplaats. Voor geur en PM10 zijn op deze locatie geen emissiemetingen uitgevoerd.

Tabel G2.1 *Gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue als protocollaire metingen. Voor de emissies per dierplaats is geen leegstandsfactor toegepast (Groenestein en Aarnink; 2008). ---: niet gemeten. Op deze locatie zijn voor geur en PM10 geen metingen uitgevoerd.*

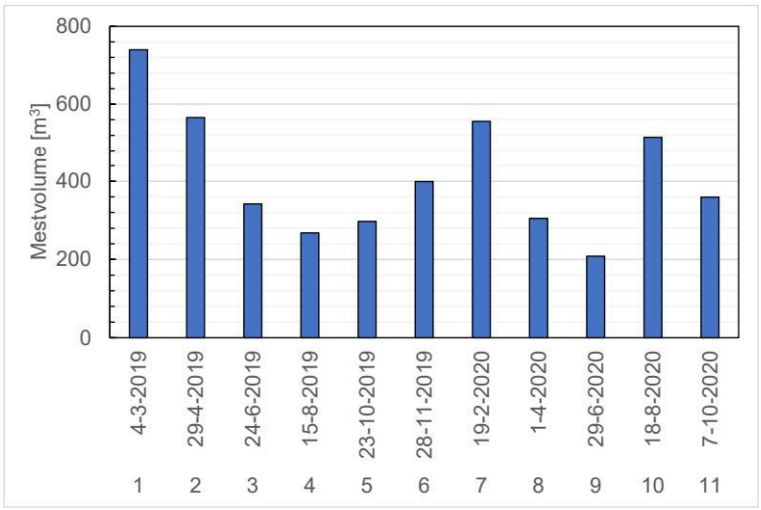
	Kenmerk	Continue	Protocol
Klimaat	T-binnen [°C]	17,8 (6,9 : 32,9)	18,7 (11,8 : 29,5)
	RV-binnen [%]	65 (32 : 87)	65 (50 : 80)
	T-buiten [°C]	12,5 (-0,1 : 29,0)	13,7 (4,0 : 26,5)
	RV-buiten [%]	76 (38 : 99)	76 (57 : 93)
Resultaten	Aantal meetdagen	609	11
	Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]	141 (41 : 816)	191 (59 : 671)
	CO_2 stal [ppm]	974 (529 : 1717)	973 (537 : 1401)
	CO_2 ingaand [ppm]	473 (422 : 574)	495 (450 : 531)
	Aantal meetdagen	609	11
	NH_3 stal [ppm]	5,4 (0,6 : 13,0)	5,0 (1,2 : 9,5)
	NH_3 ingaand [ppm]	---	0,30 (0,06 : 0,51)
	NH_3-emissie [kg/jaar/dierplaats]	3,7 (1,0 : 7,9)	3,6 (1,9 : 5,3)
	NH_3-emissie [kg/jaar/dier]	3,8 (0,9 : 8,6)	3,6 (1,9 : 5,7)
	Aantal meetdagen	585	11
	CH_4 stal [ppm]	43,2 (7,1 : 115,6)	44,8 (10,7 : 109,2)
	CH_4 ingaand [ppm]	---	4,5 (2,2 : 6,5)
	CH_4-emissie [kg/jaar/dierplaats]	25 (12 : 51)	27 (19 : 42)
	CH_4-emissie [kg/jaar/dier]	26 (13 : 55)	28 (20 : 40)
	Aantal meetdagen	---	11
	N_2O stal [ppm]	---	0,43 (0,28 : 0,65)
	N_2O ingaand [ppm]	---	0,40 (0,28 : 0,63)
	N_2O-emissie [g/jaar/dierplaats]	---	67,6 (5,2 : 217,4)
	N_2O-emissie [g/jaar/dier]	---	68,5 (5,7 : 234,9)
	Aantal meetdagen	---	---
	PM10 stal [mg/m^3]	---	---
	PM10 buiten [mg/m^3]	---	---
	PM10-emissie [g/jaar/dierplaats]	---	---
	PM10-emissie [g/jaar/dier]	---	---
	Aantal meetdagen	---	---
	Geur stal [OU_E/m^3]	---	---
	Geur-emissie [OU_E/s/dpl]	---	---
	Geur-emissie [OU_E/s/dier]	---	---



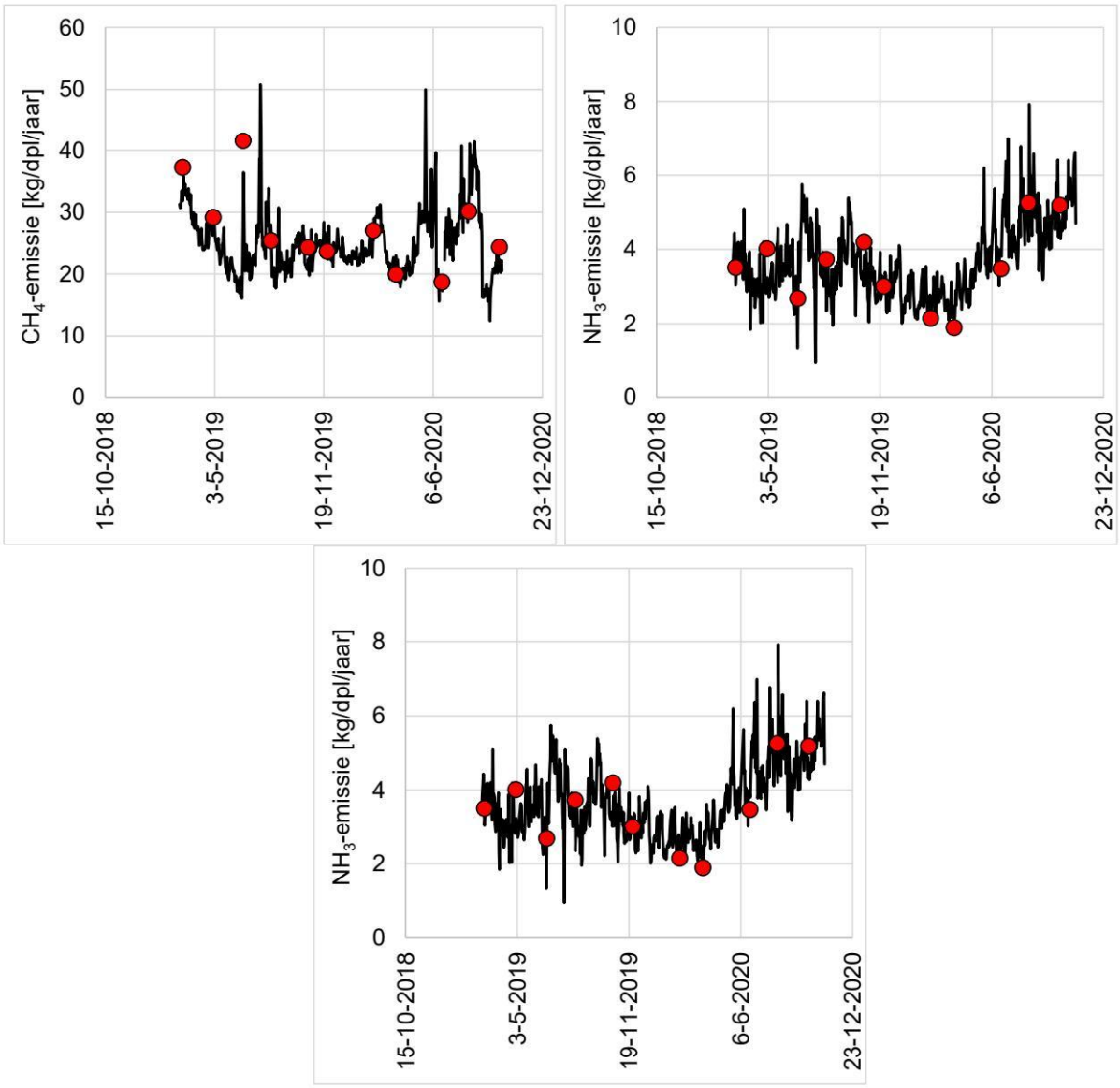
Figuur G2.1 *a) Verdeling van de metingen over de seizoenen; b) t/m e) Continue metingen van een aantal klimaatparameters. T: temperatuur; RV: relatieve vochtigheid.*



Figuur G2.2 *Melkproductie en -samenstelling (2-weken basis) over de gehele meetperiode.*



Figuur G2.3 *Geschatte potvolume (m^3; op basis van hoogtemetingen verdeeld over alle potruimtes) tijdens de boxmetingen.*



***Figuur G2.4**. Linksboven: CH_4-emissie [kg/jaar per dierplaats]; Rechtsboven: NH_3-emissie [kg/jaar per dierplaats]; Onder: Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]. De protocollaire metingen worden met rode cirkels weergegeven. De emissies in deze figuur zijn niet door leegstand gecorrigeerd.*

Tabel G2.2a *Data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens tijdens de protocollaire metingen.*

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Datum	5-3-2019	30-4-2019	24-6-2019	14-8-2019	21-10-2019	25-11-2019	17-2-2020	30-3-2020	22-6-2020	10-8-2020	5-10-2020
	Dag in het jaar	64	120	175	226	294	329	48	90	174	223	279
Klimaat	T-binnen [°C]	14,7	16,1	29,5	21,0	17,2	13,5	13,3	11,8	23,7	28,3	16,3
	RV-binnen [%]	70,6	65,5	49,9	68,5	76,8	79,6	67,8	54,3	51,3	51,9	78,8
	T-buiten [°C]	8,7	10,0	25,7	16,8	11,9	8,3	7,9	4,0	18,7	26,5	12,5
	RV-buiten [%]	77,5	80,6	62,7	78,7	90,5	92,6	72,6	69,7	65,6	57,0	86,6
Management	Bezettingsgraad	103	105	105	104	100	98	87	101	91	93	93
	Melkgevende geiten	930	948	945	935	888	884	784	913	823	833	833
	Bokken	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0
	Opfoklammeren	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Melkproductie [kg/dier/dag]	2,7	3,4	3,6	3,5	3,1	2,6	2,7	2,9	3,7	3,5	3,5
	Melk [% eiwit]	3,7	3,4	3,3	3,3	3,6	3,8	3,9	3,6	3,4	3,5	3,5
	Melk [% vet]	4,8	4,2	3,3	3,6	4,2	4,7	4,6	4,5	4,1	4,0	4,0
	Ureumgehalte [mg/100g]	---	---	---	---	---	---	18	22	32	31	31

Tabel G2.2b *Data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd en meetresultaten (ventilatiedebiet, concentraties en emissies) tijdens de protocollaire metingen. Voor geiten wordt geen leegstandsfactor toegepast (Groenestein en Aarnink, 2008). ---: niet gemeten.*

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Datum	5-3-2019	30-4-2019	24-6-2019	14-8-2019	21-10-2019	25-11-2019	17-2-2020	30-3-2020	22-6-2020	10-8-2020	5-10-2020
	Dag in het jaar	64	120	175	226	294	329	48	90	174	223	279
Meetresultaten	CO_2 stal [ppm]	1401	1066	603	878	967	1245	1136	1152	816	537	901
	CO_2 ingaand [ppm]	502	529	478	513	502	531	476	473	515	450	479
	Debiet [m^3/dier/uur]	59	92	437	149	116	69	94	77	184	671	151
	NH_3 stal [ppm]	9,5	7,0	1,2	4,4	6,0	7,5	4,2	3,8	3,8	1,5	6,3
	NH_3 ingaand [ppm]	0,26	0,44	0,23	0,51	0,32	0,46	0,12	0,13	0,47	0,06	0,33
	NH_3 emissie [kg/dierplaats/jaar]	3,5	4,0	2,7	3,7	4,2	3,0	2,2	1,9	3,5	5,3	5,2
	CH_4 stal [ppm]	109,2	55,5	19,4	34,4	39,7	63,1	58,6	44,2	23,6	10,7	34,7
	CH_4 ingaand [ppm]	5,7	5,3	3,6	6,5	4,9	4,5	3,9	2,9	4,7	2,2	4,9
	CH_4 emissie [kg/dierplaats/jaar]	37,3	29,2	41,6	25,5	24,3	23,7	27,1	20,0	18,8	30,2	24,4
	N_2O stal [ppm]	0,30	0,35	0,41	0,43	0,45	0,61	0,38	0,36	0,45	0,65	0,28
	N_2O ingaand [ppm]	0,28	0,33	0,39	0,38	0,43	0,58	0,36	0,33	0,44	0,63	0,28
	N_2O emissie [g/dierplaats/jaar]	26,9	30,7	164,4	118,4	32,5	41,1	28,2	42,2	36,2	217,4	5,2
	PM10 stal [mg/m^3]	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	PM10 buiten [mg/m^3]	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	PM10 emissie [g/dierplaats/jaar]	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Geur stal [OU_E/m^3]	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Geur emissie [OU_E/s/dierplaats]	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

G3

In Tabel G3.1 worden de gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue als protocollaire metingen samengevat. De data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens en meetresultaten tijdens de protocollaire metingen, worden in Tabel G3.3 samengevat. Bij de bepaling van de jaaremissies is geen leegstandsfactor toegepast (Groenestein en Aarnink, 2008).

De gerapporteerde resultaten hebben betrekking op metingen die in de periode 19/02/2021 – 28/02/2022 zijn uitgevoerd. In deze periode zijn er zes protocollaire metingen uitgevoerd, verdeeld over de verschillende seizoenen (Figuur G3.1). De gemiddelde dag in het jaar bij de protocollaire metingen was 195. De gemiddelde buitentemperatuur (Tabel G3.1) was bij de continue metingen lager en bij de protocollaire metingen hoger dan, en de relatieve luchtvochtigheid (bij zowel de continue als de protocollaire metingen) vergelijkbaar met de langdurige 20-jaargemiddelden (2001-2020) bij het KNMI-weerstation in De Bilt (T: 10,7 °C; RV: 81%). In Figuur G3.1 worden de continue metingen voor een aantal klimaatparameters (gemeten binnentemperatuur en -luchtvochtigheid; buitentemperatuur en relatieve luchtvochtigheid buiten bij het KNMI-meteostation De Bilt) grafisch weergegeven.

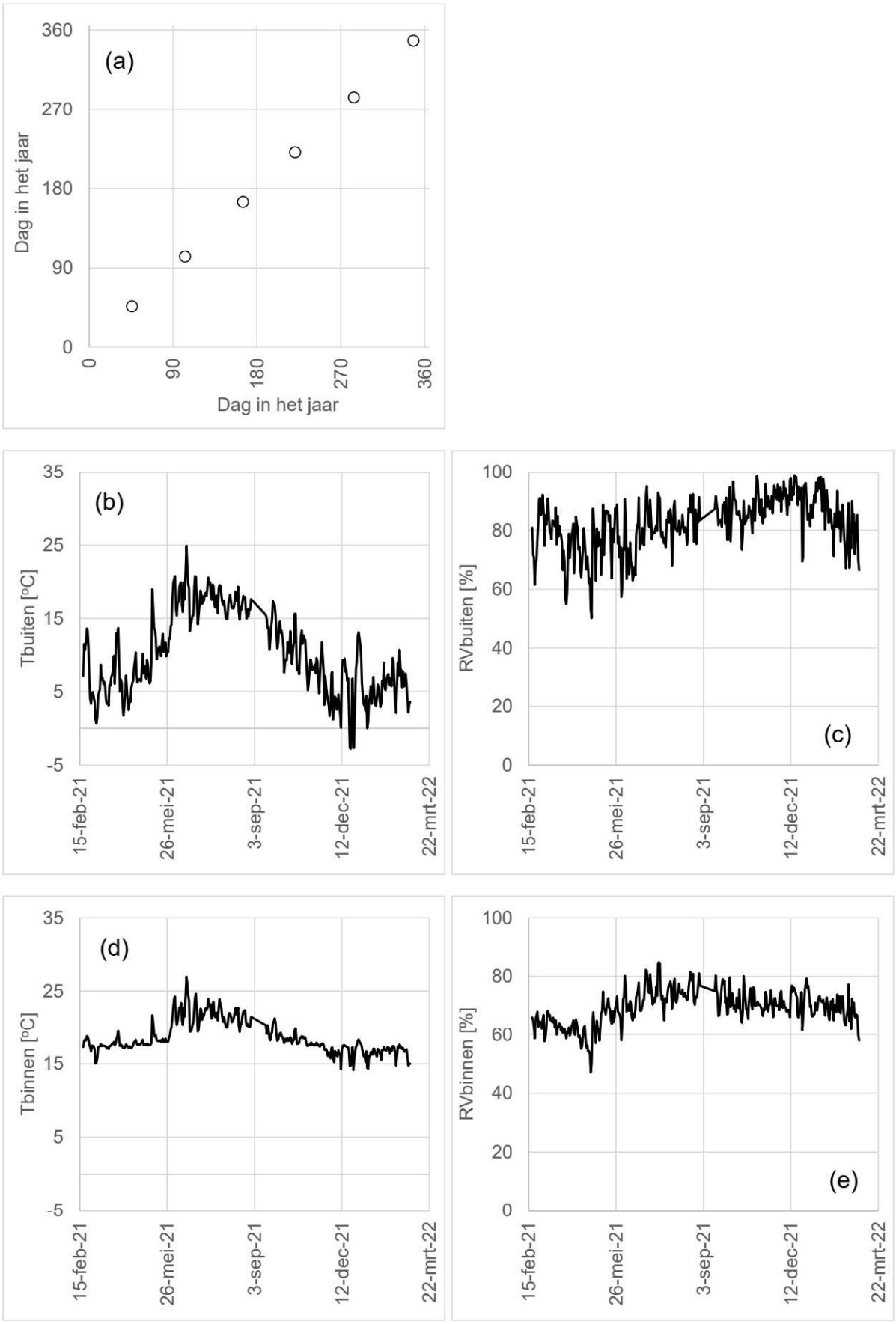
In Figuur G3.2 worden de bepalingen (op 2-weken tot maandbasis) van de melkproductie en -samenstelling (melkureum, % eiwit, %vet) grafisch weergegeven. De melkproductie varieerde tussen 2,3 en 3,7 kg/dier/dag (gemiddeld 3,2 kg/dier/dag), en het ureumgehalte in melk tussen 34 en 40 mg/100g (gemiddeld 40 mg/100g). De melk had gemiddeld 3,5% eiwit (tussen 2,7 en 3,6) en 4,0% vet (tussen 3,2 en 4,3).

In Figuur G3.3 wordt de geschatte potvolume, op basis van hoogtemetingen in de stal verdeeld over de verschillende potruimtes tijdens de boxmetingen, grafisch weergegeven. Op deze locatie zijn tijdens de boxmetingen mestmonsters uit de pot genomen. De mestsamenstelling bij de afzonderlijke metingen, de gemiddelde waarden over alle metingen, en de landelijke gemiddelden, worden in Tabel G3.2 weergegeven.

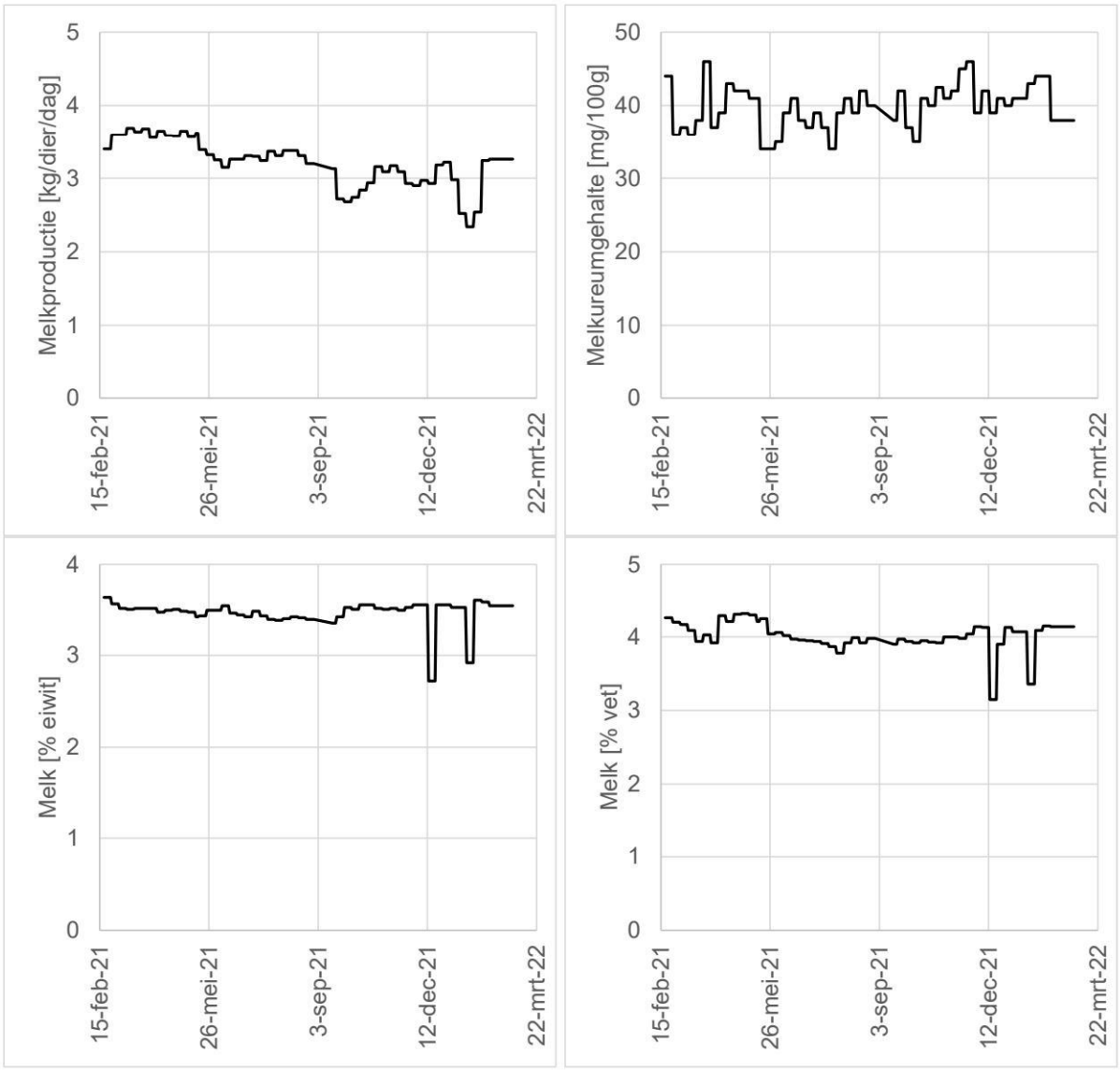
In Figuur G3.4 worden per dag de ammoniak- en methaanemissies en het ventilatiedebiet voor de continue metingen weergegeven. **Op basis van alle meetgegevens (continue metingen)** werd een ventilatiedebiet gemeten van 73 m^3/uur per dier. De emissies van NH_3 en CH_4 op jaarbasis waren respectievelijk 5,0 kg NH_3/jaar/dierplaats en 20 kg CH_4/jaar/dierplaats. Voor N_2O, PM10 en geur zijn geen continue metingen uitgevoerd. **Op basis van de protocollaire metingen** werd een ventilatiedebiet gemeten van 77 m^3/uur per dier. De emissies van NH_3, CH_4 en N_2O op jaarbasis waren respectievelijk 4,8 kg NH_3/jaar/dierplaats, 19 kg CH_4/jaar/dierplaats, en 37 g N_2O/jaar/dierplaats. Voor geur en PM10 zijn op deze locatie geen emissiemetingen uitgevoerd.

Tabel G3.1 *Gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue als protocollaire metingen. Voor de emissies per dierplaats is geen leegstandsfactor toegepast (Groenestein en Aarnink; 2008). ---: niet gemeten. Op deze locatie zijn voor geur en PM10 geen metingen uitgevoerd.*

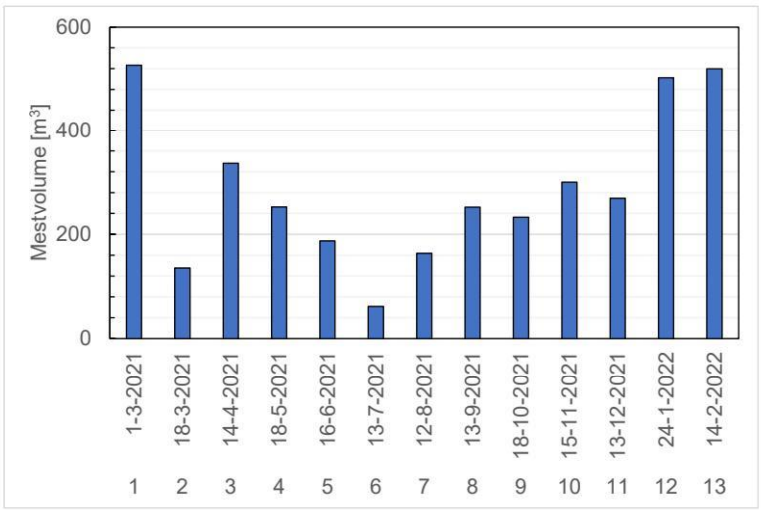
	Kenmerk	Continue	Protocol
Klimaat	T-binnen [°C]	18,6 (14,2 : 27,0)	19,0 (17,2 : 22,7)
	RV-binnen [%]	69 (47 : 85)	69 (59 : 75)
	T-buiten [°C]	10,2 (-2,8 : 24,9)	11,3 (3,9 : 19,9)
	RV-buiten [%]	82 (50 : 99)	80 (63 : 95)
Resultaten	Aantal meetdagen	359	6
	Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]	73 (28 : 144)	77 (34 : 134)
	CO_2 stal [ppm]	1392 (798 : 2633)	1334 (846 : 1972)
	CO_2 ingaand [ppm]	504 (421 : 656)	509 (456 : 553)
	Aantal meetdagen	359	5
	NH_3 stal [ppm]	14,0 (1,3 : 30,4)	12,3 (6,7 : 22,1)
	NH_3 ingaand [ppm]	---	0,19 (0,09 : 0,49)
	NH_3-emissie [kg/jaar/dierplaats]	5,0 (0,2 : 9,3)	4,8 (4,3 : 5,3)
	NH_3-emissie [kg/jaar/dier]	5,2 (0,2 : 9,8)	5,0 (4,4 : 5,6)
	Aantal meetdagen	359	6
	CH_4 stal [ppm]	66,9 (27,7 : 150,9)	62,0 (27,6 : 104,9)
	CH_4 ingaand [ppm]	---	3,6 (1,7 : 6,6)
	CH_4-emissie [kg/jaar/dierplaats]	20 (15 : 42)	19 (17 : 23)
	CH_4-emissie [kg/jaar/dier]	21 (16 : 45)	20 (18 : 23)
	Aantal meetdagen	---	6
	N_2O stal [ppm]	---	0,41 (0,38 : 0,47)
	N_2O ingaand [ppm]	---	0,38 (0,36 : 0,40)
	N_2O-emissie [g/jaar/dierplaats]	---	36,7 (5,2 : 137,3)
	N_2O-emissie [g/jaar/dier]	---	38,5 (5,3 : 145,7)
	Aantal meetdagen	---	---
	PM10 stal [mg/m^3]	---	---
	PM10 buiten [mg/m^3]	---	---
	PM10-emissie [g/jaar/dierplaats]	---	---
	PM10-emissie [g/jaar/dier]	---	---
	Aantal meetdagen	---	---
	Geur stal [OU_E/m^3]	---	---
	Geur-emissie [OU_E/s/dpl]	---	---
	Geur-emissie [OU_E/s/dier]	---	---



Figuur G3.1 *a) Verdeling van de metingen over de seizoenen; b) t/m e) Continue metingen van een aantal klimaatparameters. T: temperatuur; RV: relatieve vochtigheid.*



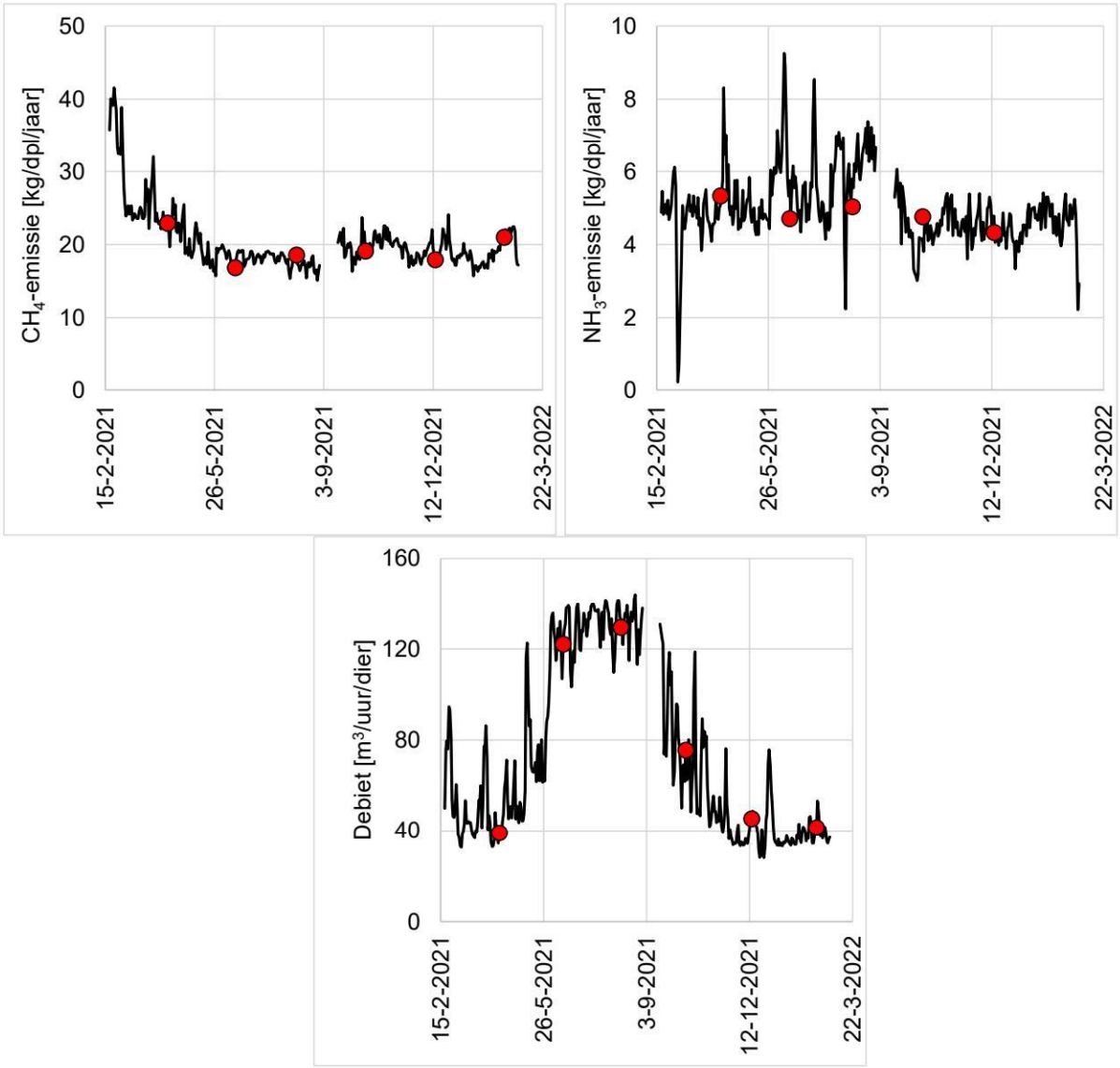
Figuur G3.2 *Melkproductie en -samenstelling (2-weken basis) over de gehele meetperiode*



Figuur G3.3 *Geschatte potvolume (m^3; op basis van hoogtemetingen verdeeld over alle potruimtes) tijdens de boxmetingen.*

Tabel G3.2 *Mestsamenstelling tijdens de boxmetingen. Totaal-N, ammonium-N, totaal-P, kalium, drogestof en as in g/kg.*

Datum	Totaal-N	Ammonium-N	Totaal-P	Kalium	Drogestof	as	pH
15-7-2021	7,1	1,9	1,1	7,5	314	41,7	8,7
14-9-2021	8,1	2,9	1,5	7,5	269	43,1	9,1
19-10-2021	9,7	3,6	2,0	7,6	292	51,6	8,9
18-11-2021	9,6	4,8	1,9	8,1	242	41,8	9,0
14-12-2021	9,1	4,1	1,4	7,4	283	41,1	9,0
24-1-2022	9,6	4,7	1,7	8,1	297	46,5	9,4
14-2-2022	9,3	4,6	1,5	9,3	246	43,3	8,9
Bedrijfsgemiddeld	8,9	3,8	1,6	7,9	278	44,1	9,0
Landelijke gemiddelden	9,9	2,4	2,3	10,6	291	---	---



Figuur G3.4*. Linksboven: CH_4-emissie [kg/jaar per dierplaats]; Rechtsboven: NH_3-emissie [kg/jaar per dierplaats]; Onder: Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]. De protocollaire metingen worden met rode cirkels weergegeven. De emissies in deze figuur zijn niet door leegstand gecorrigeerd.*

Tabel G3.3 *Data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, gemiddelde klimaat- en managementgegevens, en meetresultaten (ventilatiedebiet, concentraties en emissies) tijdens de protocollaire metingen. ---: niet gemeten.*

		1	2	3	4	5	6
	Datum	13-4-2021	14-6-2021	9-8-2021	11-10-2021	14-12-2021	15-2-2022
	Dag in het jaar	103	165	221	284	348	46
Klimaat	T-binnen [°C]	17,4	22,7	20,9	18,5	17,4	17,2
	RV-binnen [%]	59,0	64,9	74,0	72,7	74,7	68,6
	T-buiten [°C]	3,9	19,9	16,5	11,9	8,7	7,2
	RV-buiten [%]	73,5	63,0	81,0	85,4	94,7	84,4
Management	Bezettingsgraad	98	94	90	102	98	98
	Melkgevende geiten	912	980	943	1059	1025	974
	Bokken	0	0	0	0	0	0
	Opfoklammeren	117	9	0	10	0	50
	Melkproductie [kg/dier/dag]	3,7	3,3	3,4	2,8	2,9	3,3
	Melk [% eiwit]	3,5	3,5	3,4	3,6	2,7	3,5
	Melk [% vet]	4,3	4,0	4,0	4,0	3,2	4,1
	Ureumgehalte [mg/100g]	39	41	39	41	39	38
Meetresultaten	CO_2 stal [ppm]	1972	846	856	1212	1575	1545
	CO_2 ingaand [ppm]	552	468	456	553	547	476
	Debiet [m^3/dier/uur]	39	122	130	76	45	41
	NH_3 stal [ppm]	22,1	6,7	7,1	9,9	15,9	*
	NH_3 ingaand [ppm]	0,11	0,09	0,13	0,12	0,49	*
	NH_3 emissie [kg/dierplaats/jaar]	5,3	4,7	5,0	4,8	4,3	*
	CH_4 stal [ppm]	104,9	27,6	28,9	48,5	72,5	89,6
	CH_4 ingaand [ppm]	4,1	2,6	1,7	6,6	4,5	2,3
	CH_4 emissie [kg/dierplaats/jaar]	23,0	16,9	18,6	19,1	17,9	21,0
	N_2O stal [ppm]	0,38	0,47	0,38	0,39	0,43	0,39
	N_2O ingaand [ppm]	0,36	0,40	0,37	0,37	0,40	0,38
	N_2O emissie [g/dierplaats/jaar]	11,8	150,7	15,4	25,1	23,1	6,1
	PM10 stal [mg/m^3]	--	--	--	--	--	--
	PM10 buiten [mg/m^3]	--	--	--	--	--	--
	PM10 emissie [g/dierplaats/jaar]	--	--	--	--	--	--
	Geur stal [OU_E/m^3]	--	--	--	--	--	--
	Geur emissie [OU_E/s/dierplaats]	--	--	--	--	--	--

G4

In Tabel G4.1 worden de gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue als protocollaire metingen samengevat. De data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens en meetresultaten tijdens de protocollaire metingen, worden in Tabel G4.2 samengevat. Bij de bepaling van de jaaremissies is geen leegstandsfactor toegepast (Groenestein en Aarnink, 2008).

De gerapporteerde resultaten hebben betrekking op metingen die in de periode 29/12/2021 – 31/12/2022 zijn uitgevoerd. In deze periode zijn er zes protocollaire metingen uitgevoerd, verdeeld over de verschillende seizoenen (Figuur G4.1). De gemiddelde dag in het jaar bij de protocollaire metingen was 175. De gemiddelde buitentemperatuur was bij de continue metingen hoger dan en bij de protocollaire metingen vergelijkbaar met, en de relatieve luchtvochtigheid (bij zowel de continue als de protocollaire metingen) lager (Tabel G1.1) dan de langdurige 20-jaargemiddelden (2001-2020) bij het KNMI-weerstation in De Bilt (T: 10,7 °C; RV: 81%). In Figuur G4.1 worden de continue metingen voor een aantal klimaatparameters (gemeten binnentemperatuur en -luchtvochtigheid; buitentemperatuur en relatieve luchtvochtigheid buiten bij het KNMI-meteostation De Bilt) grafisch weergegeven.

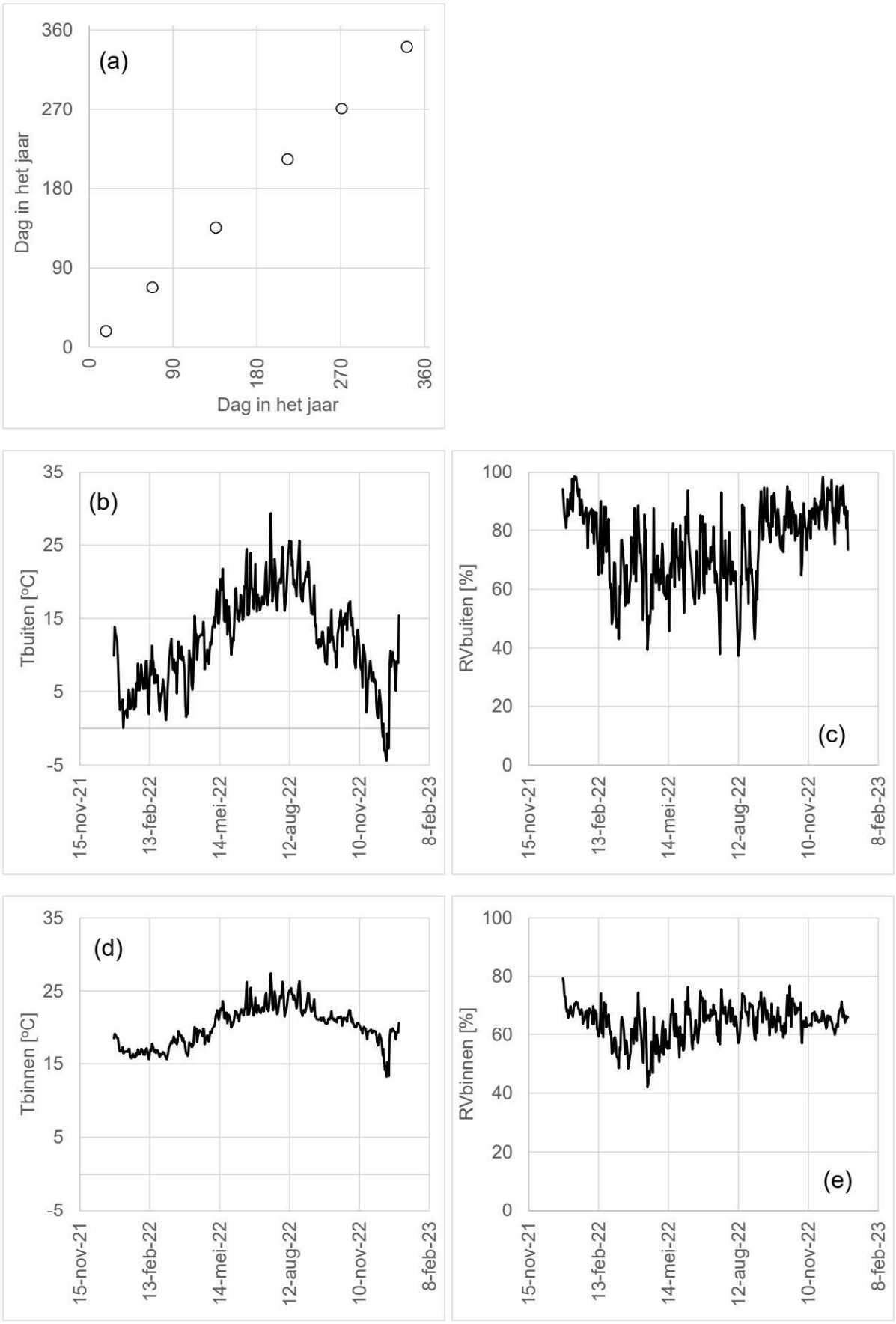
In Figuur G4.2 worden de bepalingen (op 3-dagen basis) van de melkproductie en -samenstelling (melkureum, % eiwit, %vet) grafisch weergegeven. De melkproductie varieerde tussen 2,5 en 4,5 kg/dier/dag (gemiddeld 3,8 kg/dier/dag), en het ureumgehalte in melk tussen 22 en 31 mg/100g (gemiddeld 28 mg/100g). De melk had gemiddeld 3,5% eiwit (tussen 3,3 en 3,7) en 4,2% vet (tussen 4,0 en 4,4).

Er zijn op deze locatie geen boxmetingen (en potdiktemetingen) uitgevoerd, en geen mestmonsters uit de pot genomen.

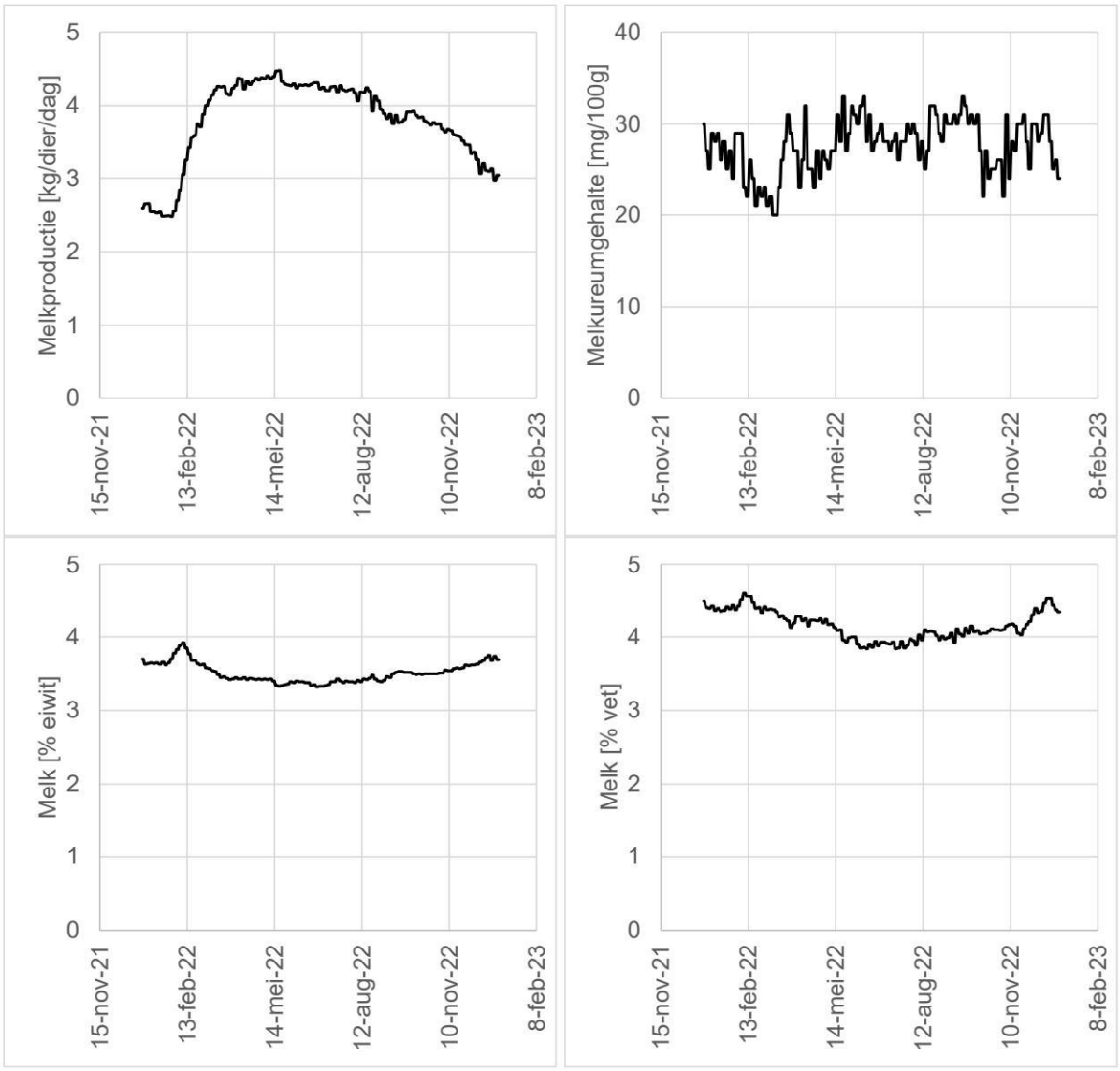
In Figuur G4.3 worden per dag de ammoniak- en methaanemissies en het ventilatiedebiet voor de continue metingen weergegeven. **Op basis van alle meetgegevens (continue metingen)** werd een ventilatiedebiet gemeten van 50 m^3/uur per dier. De emissies van NH_3 en CH_4 op jaarbasis waren respectievelijk 4,3 kg NH_3/jaar/dierplaats en 22 kg CH_4/jaar/dierplaats. Voor N_2O, PM10 en geur zijn geen continue metingen uitgevoerd. **Op basis van de protocollaire metingen** werd een ventilatiedebiet gemeten van 48 m^3/uur per dier. De emissies van NH_3, CH_4, N_2O, PM10 en geur op jaarbasis waren respectievelijk 4,7 kg NH_3/jaar/dierplaats, 25 kg CH_4/jaar/dierplaats, 51 g N_2O/jaar/dierplaats, 200 g PM10/jaar/dierplaats, en 14 OU_E/s/dierplaats.

Tabel G4.1 *Gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue als protocollaire metingen. Voor de emissies per dierplaats is geen leegstandsfactor toegepast (Groenestein en Aarnink; 2008). ---: niet gemeten. Op deze locatie zijn voor geur en PM10 geen metingen uitgevoerd.*

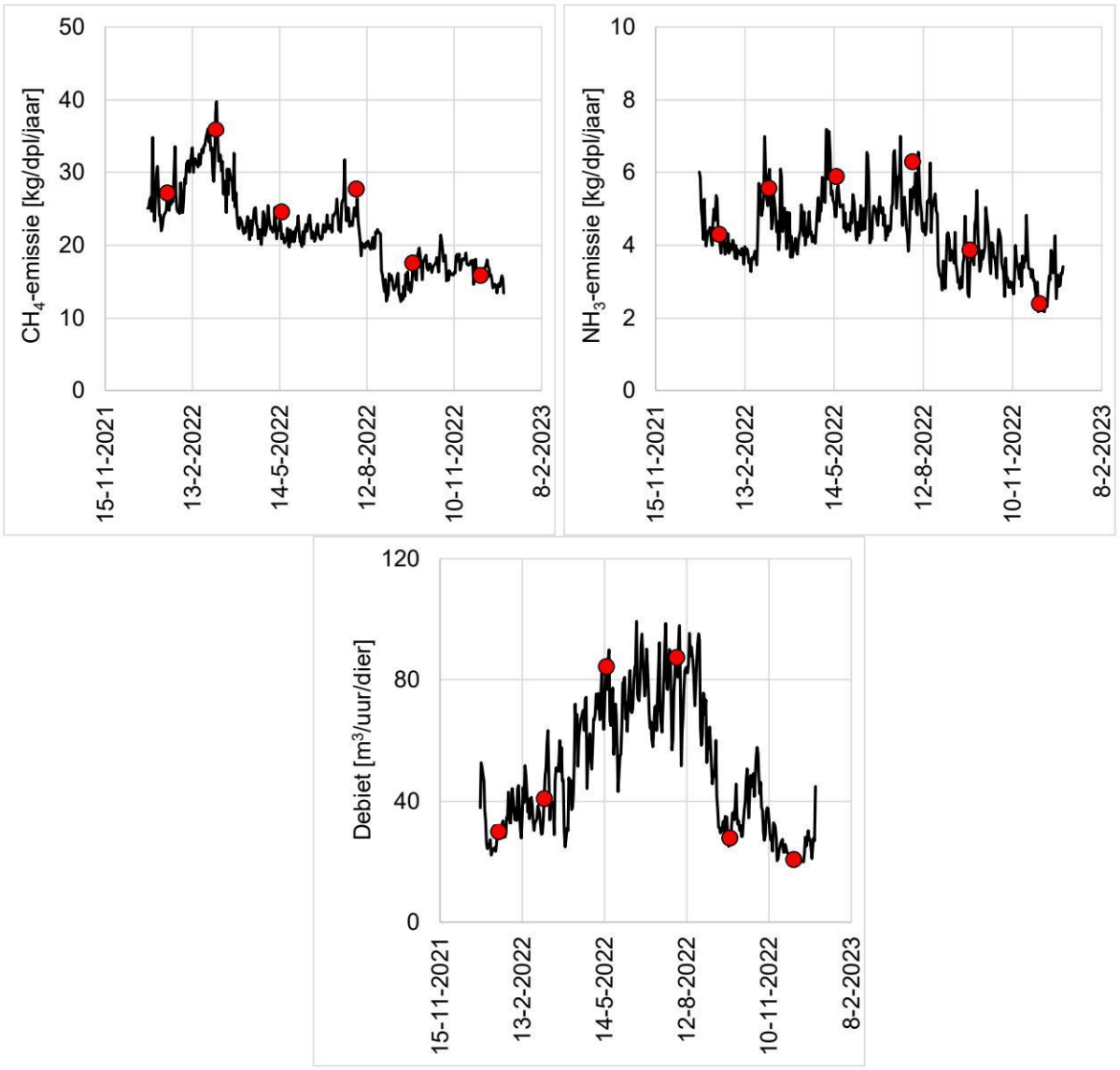
	Kenmerk	Continue	Protocol
Klimaat	T-binnen [°C]	20,1 (13,2 : 27,4)	19,9 (16,6 : 24,0)
	RV-binnen [%]	64 (42 : 79)	64 (52 : 72)
	T-buiten [°C]	12,0 (-4,4 : 29,3)	10,6 (4,0 : 19,8)
	RV-buiten [%]	75 (37 : 99)	76 (48 : 92)
Resultaten	Aantal meetdagen	368	6
	Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]	50 (20 : 99)	48 (21 : 87)
	CO_2 stal [ppm]	1486 (742 : 2490)	1681 (1194 : 2179)
	CO_2 ingaand [ppm]	474 (412 : 661)	483 (451 : 540)
	Aantal meetdagen	368	6
	NH_3 stal [ppm]	12,6 (6,0 : 27,7)	14,3 (10,5 : 17,4)
	NH_3 ingaand [ppm]	---	0,09 (0,08 : 0,10)
	NH_3-emissie [kg/jaar/dierplaats]	4,3 (2,2 : 7,2)	4,7 (2,4 : 6,3)
	NH_3-emissie [kg/jaar/dier]	3,6 (1,6 : 6,7)	4,0 (1,8 : 5,9)
	Aantal meetdagen	368	6
	CH_4 stal [ppm]	73,7 (32,1 : 161,6)	86,8 (48,7 : 121,8)
	CH_4 ingaand [ppm]	---	2,9 (2,5 : 3,6)
	CH_4-emissie [kg/jaar/dierplaats]	22 (12 : 40)	25 (16 : 36)
	CH_4-emissie [kg/jaar/dier]	18 (8 : 32)	21 (12 : 29)
	Aantal meetdagen	---	6
	N_2O stal [ppm]	---	0,44 (0,36 : 0,58)
	N_2O ingaand [ppm]	---	0,37 (0,34 : 0,39)
	N_2O-emissie [g/jaar/dierplaats]	---	51,0 (3,7 : 166,4)
	N_2O-emissie [g/jaar/dier]	---	41,5 (3,5 : 135,9)
	Aantal meetdagen	---	6
	PM10 stal [mg/m^3]	---	0,423 (0,323 : 0,493)
	PM10 buiten [mg/m^3]	---	0,014 (0,008 : 0,021)
	PM10-emissie [g/jaar/dierplaats]	---	200 (77 : 359)
	PM10-emissie [g/jaar/dier]	---	170 (57 : 338)
	Aantal meetdagen	---	6
	Geur stal [OU_E/m^3]	---	998 (365 : 1476)
	Geur-emissie [OU_E/s/dpl]	---	14 (9 : 24)
	Geur-emissie [OU_E/s/dier]	---	12 (7 : 22)



Figuur G4.1 *a) Verdeling van de metingen over de seizoenen; b) t/m e) Continue metingen van een aantal klimaatparameters. T: temperatuur; RV: relatieve vochtigheid.*



Figuur G4.2 *Melkproductie en -samenstelling (3-dagen basis) over de gehele meetperiode.*



***Figuur G4.3**. Linksboven: CH_4-emissie [kg/jaar per dierplaats]; Rechtsboven: NH_3-emissie [kg/jaar per dierplaats]; Onder: Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]. De protocollaire metingen worden met rode cirkels weergegeven. De emissies in deze figuur zijn niet door leegstand gecorrigeerd.*

Tabel G4.2 *Data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, gemiddelde klimaat- en managementgegevens, en meetresultaten (ventilatiedebiet, concentraties en emissies) tijdens de protocollaire metingen. ---: niet gemeten.*

		1	2	3	4	5	6
	Datum	18-1-2022	9-3-2022	16-5-2022	1-8-2022	28-9-2022	7-12-2022
	Dag in het jaar	18	68	136	213	271	341
Klimaat	T-binnen [°C]	17,0	16,6	22,6	24,0	20,6	18,7
	RV-binnen [%]	69,1	52,1	62,9	71,8	64,4	66,5
	T-buiten [°C]	4,7	6,8	18,9	19,8	9,2	4,0
	RV-buiten [%]	91,6	47,8	66,6	72,1	88,0	91,5
Management	Bezettingsgraad	130	123	108	106	146	135
	Melkgevende geiten	477	735	645	636	554	500
	Bokken	4	0	0	0	25	13
	Opfoklammeren	296	0	0	0	295	295
	Melkproductie [kg/dier/dag]	2,5	4,1	4,5	4,2	3,9	3,4
	Melk [% eiwit]	3,7	3,6	3,3	3,4	3,5	3,6
	Melk [% vet]	4,4	4,4	4,1	4,0	4,1	4,4
	Ureumgehalte [mg/100g]	28	22	31	30	30	30
Meetresultaten	CO_2 stal [ppm]	2179	1866	1194	1249	1741	1857
	CO_2 ingaand [ppm]	540	513	469	464	464	451
	Debiet [m^3/dier/uur]	30	41	84	87	28	21
	NH_3 stal [ppm]	17,3	17,4	10,5	11,0	15,7	13,8
	NH_3 ingaand [ppm]	0,08	0,09	0,10	0,10	0,08	0,09
	NH_3 emissie [kg/dierplaats/jaar]	4,3	5,6	5,9	6,3	3,9	2,4
	CH_4 stal [ppm]	118,8	121,8	48,7	54,8	78,0	99,0
	CH_4 ingaand [ppm]	3,5	2,8	2,5	3,6	2,7	2,6
	CH_4 emissie [kg/dierplaats/jaar]	27,2	35,9	24,6	27,7	17,6	15,9
	N_2O stal [ppm]	0,50	0,58	0,39	0,36	0,38	0,40
	N_2O ingaand [ppm]	0,38	0,38	0,39	0,34	0,36	0,38
	N_2O emissie [g/dierplaats/jaar]	77,0	166,4	3,7	36,3	9,4	12,9
	PM10 stal [mg/m^3]	0,49	0,46	0,33	0,45	0,49	0,32
	PM10 buiten [mg/m^3]	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01
	PM10 emissie [g/dierplaats/jaar]	162,5	190,4	242,5	358,6	168,2	76,8
	Geur stal [OU_E/m^3]	843	1476	946	365	955	1401
	Geur emissie [OU_E/s/dierplaats]	9,0	20,5	23,8	9,4	10,7	10,8

G5

In Tabel G5.1 worden de gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue als protocollaire metingen samengevat. De data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens en meetresultaten tijdens de protocollaire metingen, worden in Tabel G5.3 samengevat. Bij de bepaling van de jaaremissies is geen leegstandsfactor toegepast (Groenestein en Aarnink, 2008).

De gerapporteerde resultaten hebben betrekking op metingen die in de periode 20/09/2022 – 26/09/2023 zijn uitgevoerd. In deze periode zijn er zes protocollaire metingen uitgevoerd, verdeeld over de verschillende seizoenen (Figuur G5.1). De gemiddelde dag in het jaar bij de protocollaire metingen was 204. De gemiddelde buitentemperatuur was bij de continue metingen hoger dan en bij de protocollaire metingen lager dan de langdurige 20-jaargemiddelden (2001-2020) bij het KNMI-weerstation in De Bilt (T: 10,7 ^{o}C; RV: 81%). De relatieve luchtvochtigheid (bij zowel de continue als de protocollaire metingen) was iets lager dan de langdurige 20-jaargemiddelden. In Figuur G5.1 worden de continue metingen voor een aantal klimaatparameters (gemeten binnentemperatuur en -luchtvochtigheid; buitentemperatuur en relatieve luchtvochtigheid buiten bij het KNMI-meteostation De Bilt) grafisch weergegeven.

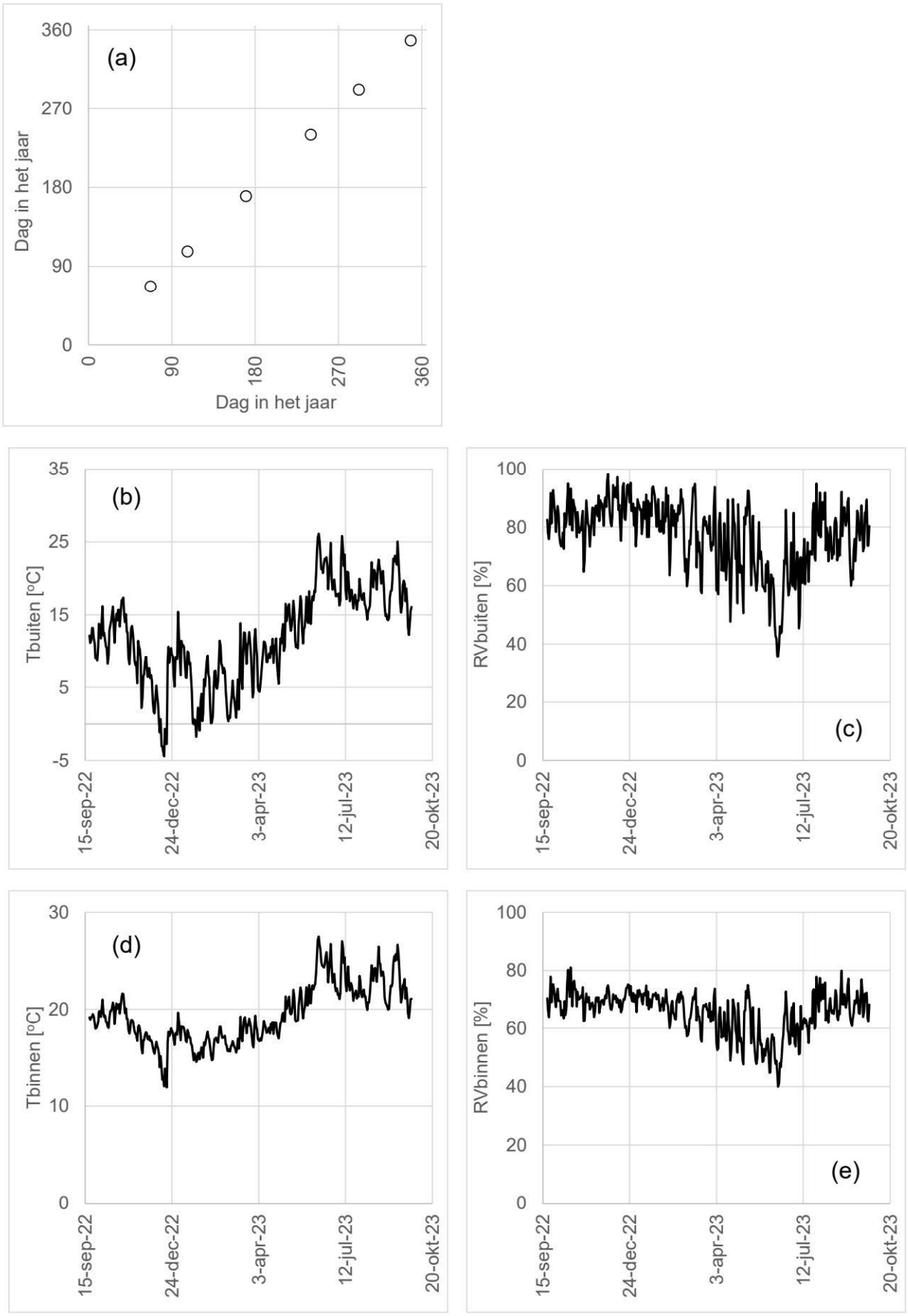
In Figuur G5.2 worden de bepalingen (op 2-weken tot maandbasis) van de melkproductie en -samenstelling (melkureum, % eiwit, %vet) grafisch weergegeven. De melkproductie varieerde tussen 3,4 en 4,4 kg/dier/dag (gemiddeld 3,9 kg/dier/dag), en het ureumgehalte in melk tussen 25 en 42 mg/100g (gemiddeld 33 mg/100g). De melk had gemiddeld 3,4% eiwit (tussen 3,3 en 3,6) en 4,0% vet (tussen 3,7 en 4,4).

In Figuur G5.3 wordt de geschatte potvolume, op basis van hoogtemetingen in de stal verdeeld over de verschillende potruimtes tijdens de boxmetingen, grafisch weergegeven. Op deze locatie zijn tijdens de boxmetingen mestmonsters uit de pot genomen. De mestsamenstelling bij de afzonderlijke metingen, de gemiddelde waarden over alle metingen, en de landelijke gemiddelden, worden in Tabel G5.2 weergegeven.

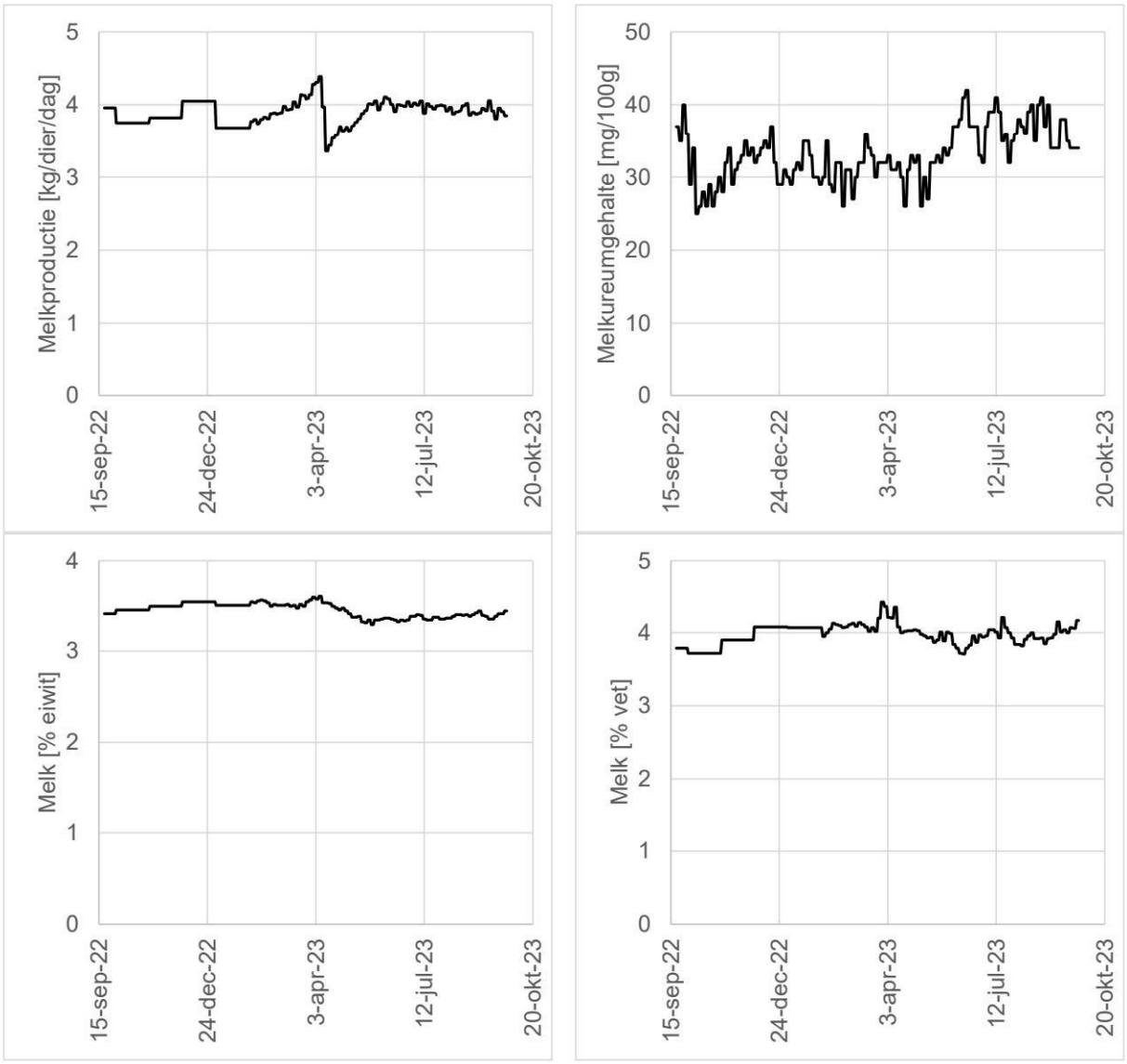
In Figuur G1.4 worden per dag de ammoniak- en methaanemissies en het ventilatiedebiet voor de continue metingen weergegeven. **Op basis van alle meetgegevens (continue metingen)** werd een ventilatiedebiet gemeten van 57 m^3/uur per dier. De emissies van NH_3 en CH_4 op jaarbasis waren respectievelijk 4,7 kg NH_3/jaar/dierplaats en 19 kg CH_4/jaar/dierplaats. Voor N_2O, PM10 en geur zijn geen continue metingen uitgevoerd. **Op basis van de protocollaire metingen** werd een ventilatiedebiet gemeten van 52 m^3/uur per dier. De emissies van NH_3, CH_4, N_2O, PM10 en geur op jaarbasis waren respectievelijk 4,7 kg NH_3/jaar/dierplaats, 20 kg CH_4/jaar/dierplaats, 16 g N_2O/jaar/dierplaats, 141 g PM10/jaar/dierplaats, en 18 OU_E/s/dierplaats.

Tabel G5.1 *Gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue als protocollaire metingen. Voor de emissies per dierplaats is geen leegstandsfactor toegepast (Groenestein en Aarnink; 2008). ---: niet gemeten. Op deze locatie zijn voor geur en PM10 geen metingen uitgevoerd.*

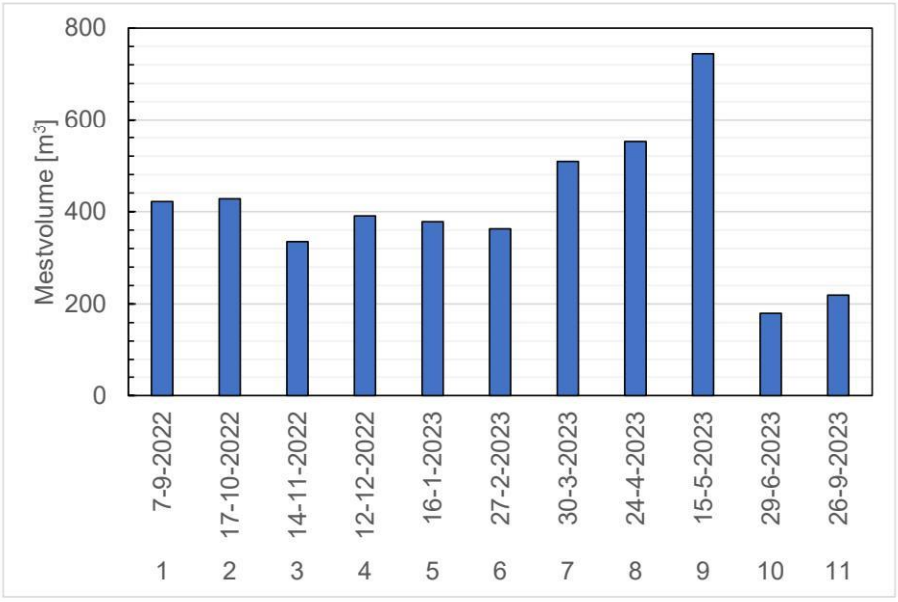
	Kenmerk	Continue	Protocol
Klimaat	T-binnen [°C]	19,4 (11,9 : 27,5)	18,5 (13,0 : 25,3)
	RV-binnen [%]	66 (40 : 81)	66 (58 : 72)
	T-buiten [°C]	11,9 (-4,4 : 26,1)	9,4 (-3,8 : 22,6)
	RV-buiten [%]	77 (36 : 98)	78 (59 : 93)
Resultaten	Aantal meetdagen	372	6
	Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]	57 (24 : 87)	52 (26 : 85)
	CO_2 stal [ppm]	1447 (926 : 2455)	1604 (1009 : 2292)
	CO_2 ingaand [ppm]	512 (435 : 778)	504 (428 : 584)
	Aantal meetdagen	372	6
	NH_3 stal [ppm]	15,7 (7,1 : 28,2)	17,4 (11,1 : 26,5)
	NH_3 ingaand [ppm]	---	0,52 (0,28 : 1,26)
	NH_3-emissie [kg/jaar/dierplaats]	4,7 (2,9 : 7,4)	4,7 (3,3 : 6,3)
	NH_3-emissie [kg/jaar/dier]	5,0 (3,2 : 7,9)	4,9 (3,6 : 6,8)
	Aantal meetdagen	372	6
	CH_4 stal [ppm]	75,2 (36,8 : 143,2)	86,6 (42,8 : 135,7)
	CH_4 ingaand [ppm]	---	5,7 (2,9 : 9,6)
	CH_4-emissie [kg/jaar/dierplaats]	19 (15 : 26)	20 (18 : 24)
	CH_4-emissie [kg/jaar/dier]	20 (16 : 27)	21 (19 : 24)
	Aantal meetdagen	---	6
	N_2O stal [ppm]	---	0,40 (0,37 : 0,42)
	N_2O ingaand [ppm]	---	0,38 (0,37 : 0,39)
	N_2O-emissie [g/jaar/dierplaats]	---	16,3 (5,2 : 32,4)
	N_2O-emissie [g/jaar/dier]	---	16,9 (5,7 : 32,4)
	Aantal meetdagen	---	6
	PM10 stal [mg/m^3]	---	0,348 (0,188 : 0,417)
	PM10 buiten [mg/m^3]	---	0,015 (0,008 : 0,023)
	PM10-emissie [g/jaar/dierplaats]	---	141 (77 : 285)
	PM10-emissie [g/jaar/dier]	---	147 (84 : 298)
	Aantal meetdagen	---	6
	Geur stal [OU_E/m^3]	---	1568 (644 : 2774)
	Geur-emissie [OU_E/s/dierplaats]	---	18 (11 : 27)
	Geur-emissie [OU_E/s/dier]	---	19 (11 : 28)



Figuur G5.1 *a) Verdeling van de metingen over de seizoenen; b) t/m e) Continue metingen van een aantal klimaatparameters. T: temperatuur; RV: relatieve vochtigheid.*



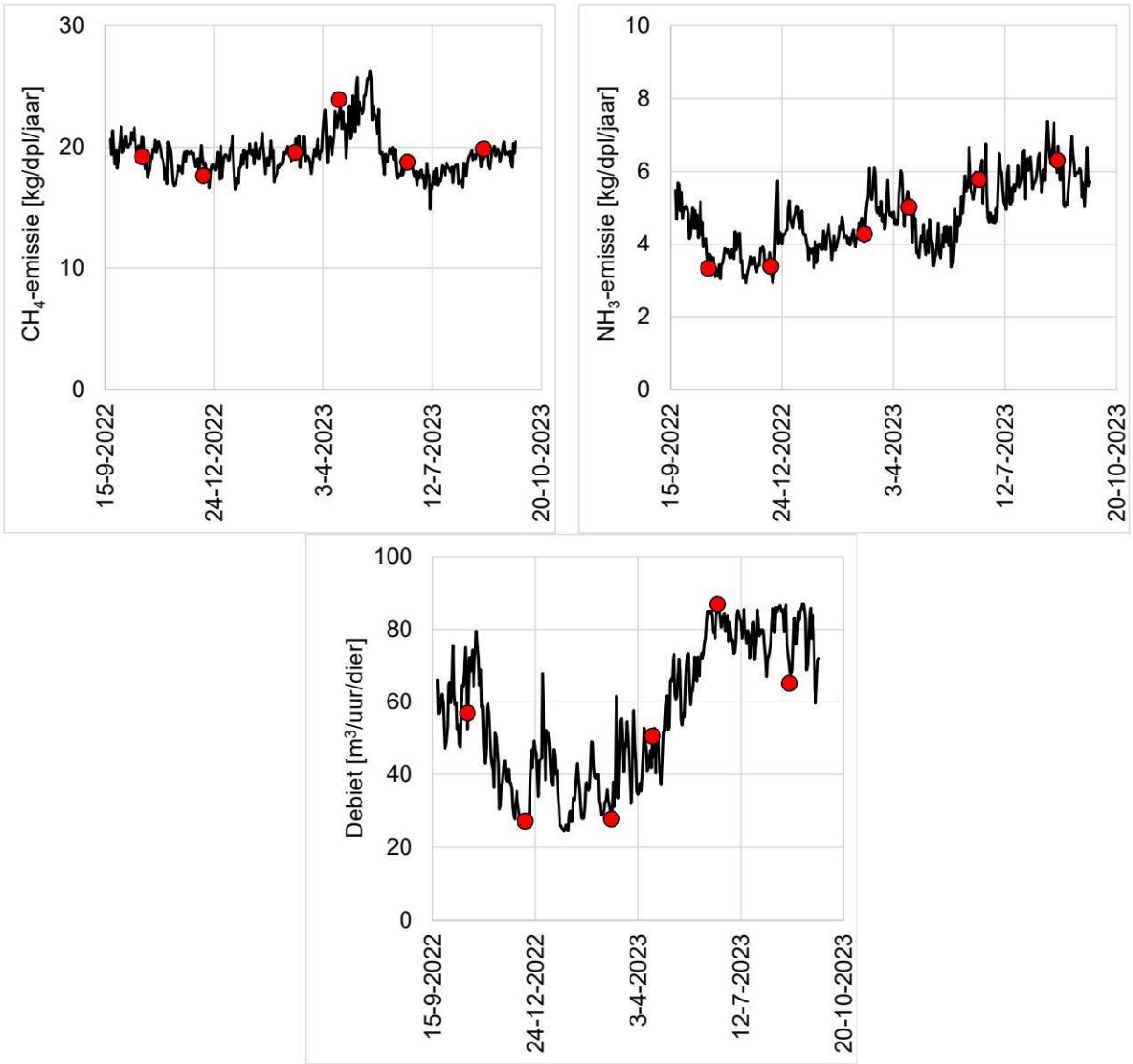
Figuur G5.2 *Melkproductie en -samenstelling (2-weken basis) over de gehele meetperiode*



Figuur G5.3 *Geschatte potvolume (m^3; op basis van hoogtemetingen verdeeld over alle potruimtes) tijdens de boxmetingen.*

Tabel G5.2 *Mestsamenstelling tijdens de boxmetingen. Totaal-N, ammonium-N, totaal-P, kalium, drogestof en as in g/kg.*

Datum	Totaal-N	Ammonium-N	Totaal-P	Kalium	Drogestof	as	pH
8-9-2022	7,5	2,3	1,4	10,1	269	41,8	9,2
17-10-2022	9,1	2,8	1,8	11,5	307	50,2	8,9
15-11-2022	10,6	3,2	2,2	9,8	313	48,1	9,2
13-12-2022	10,0	3,6	1,7	10,3	284	45,7	9,0
16-1-2023	8,3	2,6	1,5	9,0	284	39,7	9,0
27-2-2023	9,7	3,6	1,5	10,9	262	46,9	8,6
31-3-2023	10,2	3,2	1,8	10,1	288	47,1	8,4
24-4-2023	9,1	3,3	1,7	9,3	280	44,7	8,6
15-5-2023	9,2	3,1	1,8	10,9	284	51,4	8,2
29-6-2023	11,4	3,8	2,1	12,1	328	53,1	8,6
26-9-2023	9,1	3,6	2,0	9,0	282	44,4	8,9
Bedrijfsgemiddeld	9,5	3,2	1,8	10,3	289	46,6	8,8
Landelijke gemiddelden	9,9	2,4	2,3	10,6	291	---	---



Figuur G5.4*. Linksboven: CH_4-emissie [kg/jaar per dierplaats]; Rechtsboven: NH_3-emissie [kg/jaar per dierplaats]; Onder: Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]. De protocollaire metingen worden met rode cirkels weergegeven. De emissies in deze figuur zijn niet door leegstand gecorrigeerd.*

Tabel G5.3 *Data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, gemiddelde klimaat- en managementgegevens, en meetresultaten (ventilatiedebiet, concentraties en emissies) tijdens de protocollaire metingen. ---: niet gemeten.*

		1	2	3	4	5	6
	Datum	19-10-2022	14-12-2022	8-3-2023	17-4-2023	19-6-2023	28-8-2023
	Dag in het jaar	292	348	67	107	170	240
Klimaat	T-binnen [°C]	18,4	13,0	15,5	18,4	25,3	20,5
	RV-binnen [%]	67,7	65,7	70,1	61,4	57,6	71,9
	T-buiten [°C]	11,2	-3,8	0,8	10,6	22,6	15,1
	RV-buiten [%]	78,9	75,3	93,2	73,1	58,6	86,8
Management	Bezettingsgraad	93	92	96	100	95	93
	Melkgevende geiten	1567	1537	1493	1663	1600	1564
	Bokken	0	0	0	0	0	0
	Opfoklammeren	0	0	117	13	0	0
	Melkproductie [kg/dier/dag]	3,8	4,1	3,9	3,4	4,0	3,9
	Melk [% eiwit]	3,5	3,5	3,5	3,5	3,3	3,4
	Melk [% vet]	3,7	4,1	4,1	4,0	3,8	3,9
	Ureumgehalte [mg/100g]	26	34	32	30	37	40
Meetresultaten	CO_2 stal [ppm]	1329	2281	2292	1500	1009	1214
	CO_2 ingaand [ppm]	465	584	531	505	428	511
	Debiet [m^3/dier/uur]	52	26	27	50	85	71
	NH_3 stal [ppm]	11,1	23,4	26,5	16,2	11,9	15,5
	NH_3 ingaand [ppm]	0,38	1,26	0,28	0,59	0,32	0,31
	NH_3 emissie [kg/dierplaats/jaar]	3,3	3,4	4,3	5,0	5,8	6,3
	CH_4 stal [ppm]	69,7	132,6	135,7	84,1	42,8	54,4
	CH_4 ingaand [ppm]	4,3	9,6	8,6	5,0	2,9	3,5
	CH_4 emissie [kg/dierplaats/jaar]	19,2	17,7	19,6	23,9	18,8	19,9
	N_2O stal [ppm]	0,39	0,39	0,41	0,42	0,37	0,41
	N_2O ingaand [ppm]	0,37	0,38	0,37	0,38	0,37	0,39
	N_2O emissie [g/dierplaats/jaar]	15,36	5,21	19,64	32,36	9,39	15,72
	PM10 stal [mg/m^3]	0,29	0,38	0,39	0,41	0,42	0,19
	PM10 buiten [mg/m^3]	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01
	PM10 emissie [g/dierplaats/jaar]	118,4	77,2	88,8	172,0	285,0	102,4
	Geur stal [OU_E/m^3]	1864	2774	2134	796	1200	644
	Geur emissie [OU_E/s/dierplaats]	25,4	18,5	15,5	11,1	27,1	11,9

Bijlage G Resultaten per bedrijf: Biggen

BG1

In Tabel BG1.1 worden de productieresultaten tijdens de gemeten productieronden weergegeven. Op dit bedrijf hebben de dieren een groeitraject (opleg-afleveren) van 6-23 kg over een productieronde van gemiddeld 45 dagen.

Tabel BG1.1 *Productieresultaten en landelijk gemiddelden (Blanken e.a., 2022; Groenestein e.a., 2017).*

Kenmerk	Waarde	Landelijk gemiddelden
Lengte productieronde (dagen)	45	50
Gemiddeld gewicht (opleg)	6	8
Gemiddeld gewicht (afleveren)	23	25
Groei [g/dag/dier]	372	340
Ruweiwit voer [%]	16,6	17,5

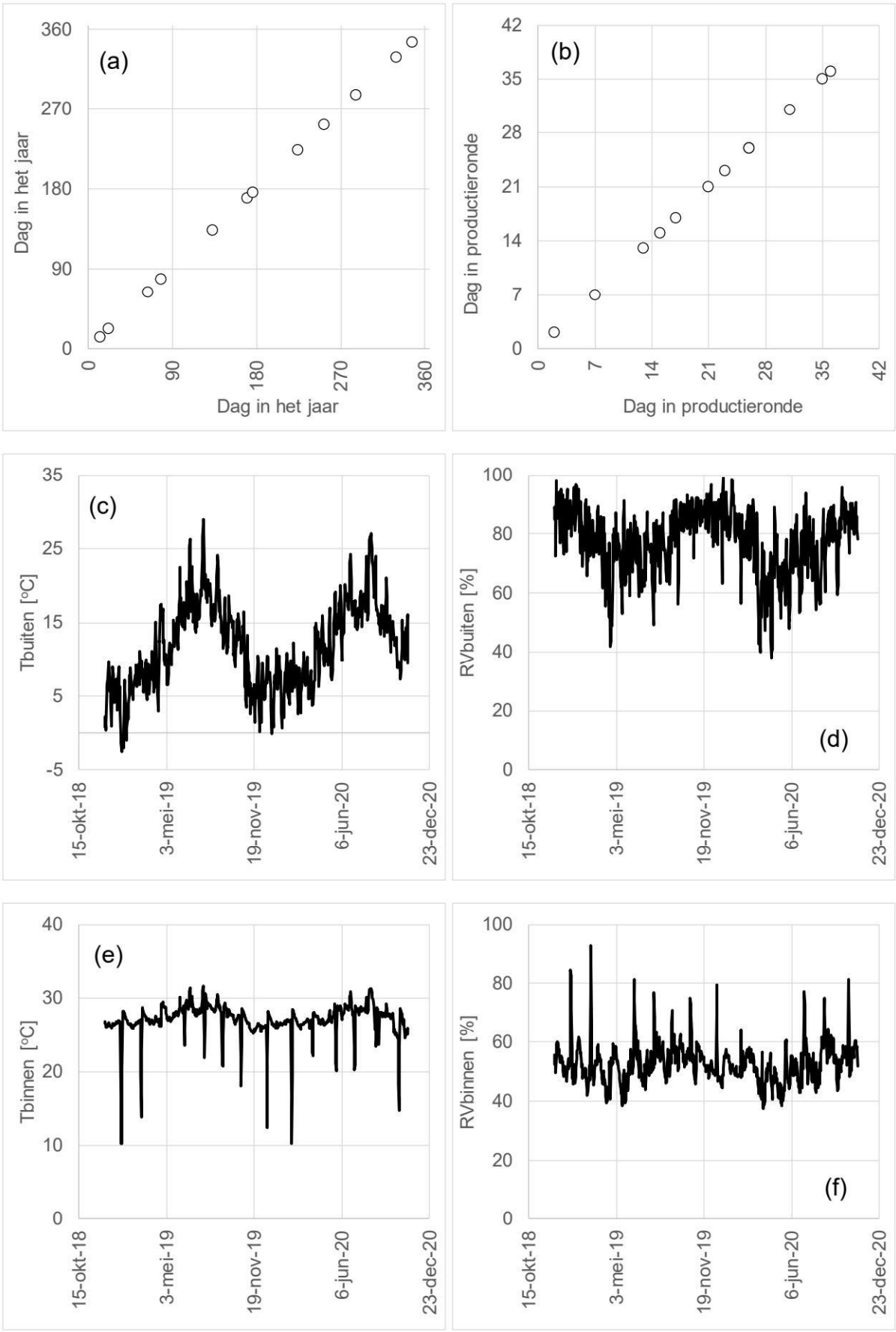
In Tabel BG1.2 worden de gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue als protocollaire metingen samengevat. De data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens en meetresultaten tijdens de protocollaire metingen, worden in Tabel BG1.3 en Tabel BG1.4 samengevat. Bij de bepaling van de jaaremissies is een leegstandsfactor van 0,91 (9% leegstand) toegepast (Groenestein en Aarnink, 2008).

De gerapporteerde resultaten hebben betrekking op metingen die in de periode 12/10/2018 – 03/11/2020 zijn uitgevoerd. In deze periode zijn er twaalf protocollaire metingen uitgevoerd, verdeeld over de verschillende seizoenen en binnen een productieronde (Figuur BG1.1). De gemiddelde dag in het jaar bij de protocollaire metingen was 174, de gemiddelde dag in de productieronde was 22. Bij de continue metingen was de gemiddelde buitentemperatuur (Tabel BG1.2) hoger en de relatieve luchtvochtigheid iets lager dan de langdurige 20-jaargemiddelden (2001-2020) bij het KNMI-weerstation in De Bilt (T: 10,7 °C; RV: 81%). Bij de protocollaire metingen waren de gemiddelde buitentemperatuur en relatieve luchtvochtigheid vergelijkbaar met de langdurige 20-jaargemiddelden. In Figuur BG1.1 worden de continue metingen voor een aantal klimaatparameters (gemeten binnentemperatuur en -luchtvochtigheid; buitentemperatuur en relatieve luchtvochtigheid buiten bij het KNMI-meteostation De Bilt) grafisch weergegeven.

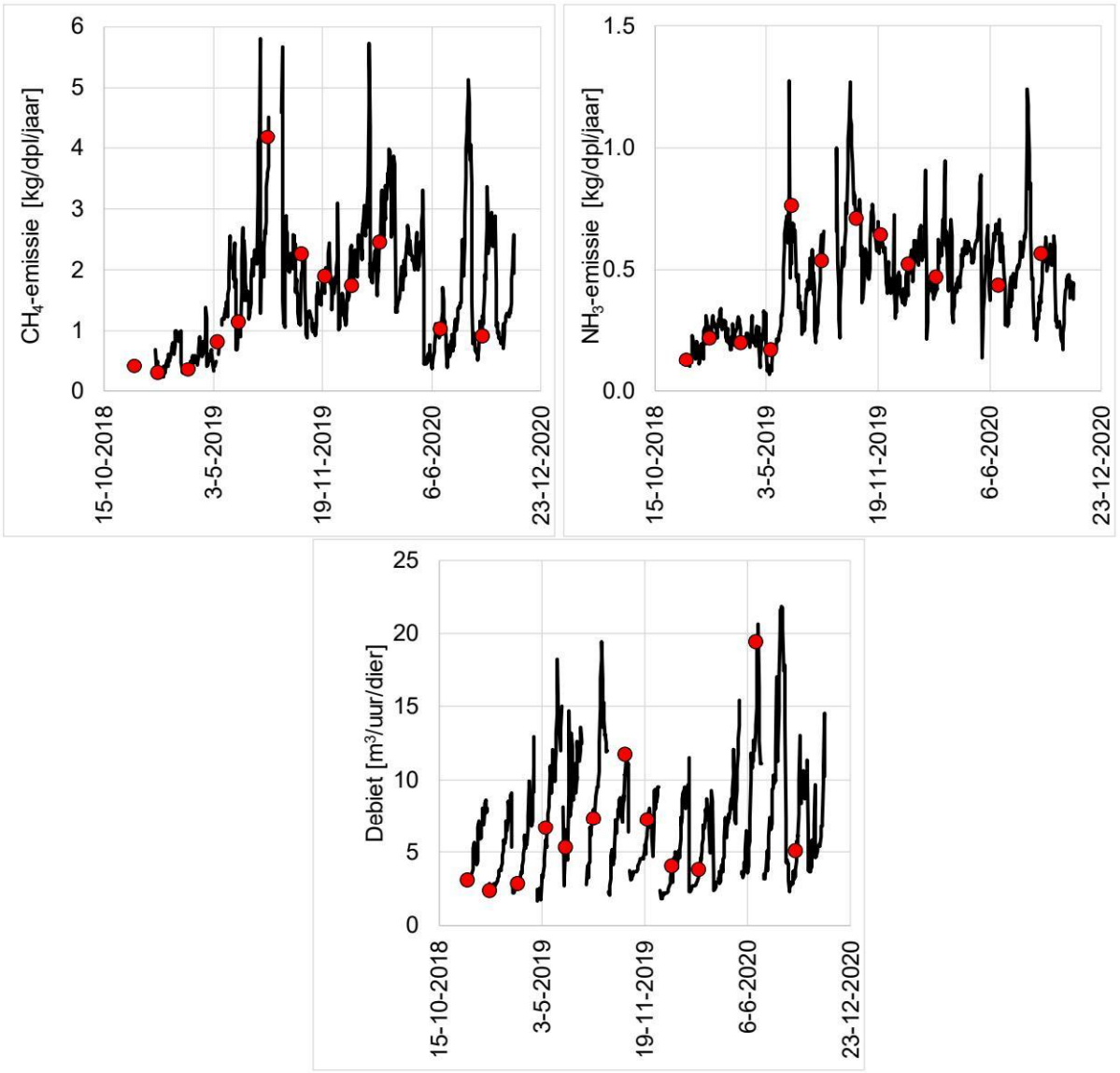
In Figuur BG1.2 worden per dag de ammoniak- en methaanemissies en het ventilatiedebiet voor de continue metingen weergegeven. **Op basis van alle meetgegevens (continue metingen)** werd een ventilatiedebiet gemeten van 6,9 m^3/uur per dier. De emissies van NH_3 en CH_4 op jaarbasis waren respectievelijk 0,41 kg NH_3/jaar/dierplaats en 1,5 kg CH_4/jaar/dierplaats. Voor N_2O, PM10 en geur zijn geen continue metingen uitgevoerd. **Op basis van de protocollaire metingen** werd een ventilatiedebiet gemeten van 6,5 m^3/uur per dier. De emissies van NH_3, CH_4 en N_2O op jaarbasis waren respectievelijk 0,40 kg NH_3/jaar/dierplaats, 1,3 kg CH_4/jaar/dierplaats, en 33 g N_2O/jaar/dierplaats. Voor geur en PM10 zijn op deze locatie geen emissiemetingen uitgevoerd.

Tabel BG1.2 *Gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue als protocollaire metingen. Voor de emissies per dierplaats is een leegstandsfactor van 0,91 (9% leegstand) toegepast (Groenestein en Aarnink; 2008).* ---: niet gemeten.

	Kenmerk	Continue	Protocol
Klimaat	T-binnen [°C]	27,1 (10,2 : 31,7)	27,6 (26,2 : 30,4)
	RV-binnen [%]	52 (37 : 93)	54 (43 : 61)
	T-buiten [°C]	11,7 (-2,5 : 29,0)	10,9 (-1,4 : 23,6)
	RV-buiten [%]	77 (38 : 99)	81 (54 : 93)
Resultaten	Aantal meetdagen	606	12
	Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]	6,9 (1,8 : 21,8)	6,5 (2,3 : 19,3)
	CO_2 stal [ppm]	2159 (513 : 4403)	2263 (544 : 3632)
	CO_2 ingaand [ppm]	470 (439 : 571)	476 (435 : 511)
	Aantal meetdagen	643	12
	NH_3 stal [ppm]	12,0 (2,3 : 28,4)	12,3 (3,7 : 22,0)
	NH_3 ingaand [ppm]	---	0,15 (0,03 : 0,44)
	NH_3-emissie [kg/jaar per dierplaats]	0,41 (0,06 : 1,16)	0,40 (0,11 : 0,69)
	Aantal meetdagen	608	12
	CH_4 stal [ppm]	46 (13 : 149)	43 (12 : 109)
	CH_4 ingaand [ppm]	---	2,9 (2,2 : 4,0)
	CH_4-emissie [kg/jaar per dierplaats]	1,5 (0,2 : 5,3)	1,3 (0,3 : 3,8)
	Aantal meetdagen	---	12
	N_2O stal [ppm]	---	0,83 (0,41 : 1,63)
	N_2O ingaand [ppm]	---	0,37 (0,29 : 0,47)
	N_2O-emissie [g/jaar per dierplaats]	---	33,1 (0,5 : 66,8)
	Aantal meetdagen	---	---
	Geur stal [OU_E/m^3]	---	---
	Geuremissie [OU_E/s per dierplaats]	---	---
	Aantal meetdagen	---	---
	PM10 stal [mg/m^3]	---	---
	PM10 buiten [mg/m^3]	---	---
	PM10-emissie [g/jaar per dierplaats]	---	---



Figuur BG1.1 *a) Verdeling van de metingen over de seizoenen; b) Verdeling van de metingen over een productieronde; c) t/m f) Continue metingen van een aantal klimaatparameters. T: temperatuur; RV: relatieve vochtigheid.*



Figuur BG1.2. *Linksboven: CH_4-emissie [kg/jaar per dierplaats]; Rechtsboven: NH_3-emissie [kg/jaar per dierplaats]; Onder: Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]. De protocollaire metingen worden met rode cirkels weergegeven. De emissies in deze figuur zijn niet door leegstand gecorrigeerd.*

Tabel BG1.3 *Data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens tijdens de protocollaire metingen. ---: niet gemeten.*

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Datum	12-12-2018	22-1-2019	19-3-2019	13-5-2019	19-6-2019	12-8-2019	13-10-2019	25-11-2019	13-1-2020	4-3-2020	24-6-2020	8-9-2020
	Dag in het jaar	346	22	78	133	170	224	286	329	13	64	176	252
Klimaat	T-binnen [°C]	26,7	28,1	27,0	27,1	29,1	28,6	27,7	26,2	26,3	26,4	30,4	27,8
Klimaat	RV-binnen [%]	54,1	47,5	55,2	43,2	60,0	57,4	57,1	51,4	55,5	57,2	42,7	61,1
Klimaat	T-buiten [°C]	1,5	-1,4	6,7	10,0	17,9	15,3	15,6	8,3	9,1	6,5	23,6	17,2
Klimaat	RV-buiten [%]	87,0	87,7	85,7	63,6	80,3	80,5	88,9	92,6	85,1	80,5	53,8	88,6
Management	Aantal dieren	128	128	130	135	130	128	129	128	160	129	127	130
Management	Dag in de ronde	18	3	14	27	8	16	36	37	27	22	32	24
Management	Gewicht dieren [kg]	12,2	7,9	10,8	13,4	9,1	11,1	16,7	17,1	14,2	12,7	18,9	13,9
Management	Groei [kg/dag/dier]	0,40	0,25	0,30	0,25	0,25	0,30	0,40	0,30	0,30	0,30	0,55	0,35
Management	Voeropname [kg/dier/dag]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Management	Ruweiwit voer [%]	17,0	15,5	15,6	15,5	15,6	15,6	17,5	17,5	17,4	15,6	17,5	17,5
Management	Energiewaarde voer [MJ/kg]	1,15	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,12	1,12	1,16	1,15	1,15	1,15

***Tabel BG1.4**. Data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd en meetresultaten (ventilatiedebiet, concentraties en emissies (gecorrigeerd voor een leegstand van 9% volgens Groenestein en Aarnink (2008)) tijdens de protocollaire metingen. ---: niet gemeten.*

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Datum	12-12-2018	22-1-2019	19-3-2019	13-5-2019	19-6-2019	12-8-2019	13-10-2019	25-11-2019	13-1-2020	4-3-2020	24-6-2020	8-9-2020
	Dag in het jaar	346	22	78	133	170	224	286	329	13	64	176	252
Meetresultaten	CO_2 stal [ppm]	3467	3085	3632	1780	1677	1801	2022	2535	2792	3145	544	681
	CO_2 ingaand [ppm]	499	503	511	464	483	463	435	490	453	471	465	469
	Debiet [m^3/dier/uur]	3,1	2,3	2,8	6,7	5,3	7,3	11,7	7,2	4,0	3,7	19,3	5,1
	NH_3 stal [ppm]	6,3	14,7	10,5	3,7	22,0	11,4	9,7	13,7	15,9	19,1	3,7	16,7
	NH_3 ingaand [ppm]	0,16	0,16	0,08	0,10	0,10	0,16	0,44	0,13	0,10	0,03	0,20	0,12
	NH_3 emissie [kg/dierplaats/jaar]	0,11	0,20	0,18	0,15	0,69	0,48	0,64	0,58	0,47	0,42	0,39	0,51
	CH_4 stal [ppm]	24,7	24,3	22,7	20,5	37,2	96,3	34,5	46,5	58,3	109,3	11,7	31,3
	CH_4 ingaand [ppm]	2,8	3,2	3,0	2,2	2,4	2,8	3,1	3,6	2,3	3,2	3,0	2,9
	CH_4 emissie [kg/dierplaats/jaar]	0,4	0,3	0,3	0,7	1,0	3,8	2,1	1,7	1,6	2,2	0,9	0,8
	N_2O stal [ppm]	1,35	1,63	1,58	0,89	0,80	0,61	0,59	0,58	0,41	0,61	0,55	0,41
	N_2O ingaand [ppm]	0,35	0,35	0,43	0,29	0,40	0,31	0,31	0,31	0,34	0,42	0,47	0,40
	N_2O emissie [g/dierplaats/jaar]	47,47	45,16	51,50	66,79	32,45	32,63	50,53	29,00	5,79	10,79	24,64	0,52
	Geur stal [OU_E/m^3]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	Geuremissie [OU_E/s/dierplaats]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	PM10 stal [mg/m^3]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	PM10 buiten [mg/m^3]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	PM10 emissie [g/jaar/dierplaats]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

BG2

In Tabel BG2.1 worden de productieresultaten tijdens de gemeten productieronden weergegeven. Op dit bedrijf hebben de dieren een groeitraject (opleg-afleveren) van 6-25 kg over een productieronde van gemiddeld 47 dagen.

Tabel BG2.1 *Productieresultaten en landelijk gemiddelden (Blanken e.a., 2022; Groenestein e.a., 2017).*

Kenmerk	Waarde	Landelijk gemiddelden
Lengte productieronde (dagen)	47	50
Gemiddeld gewicht (opleg)	6	8
Gemiddeld gewicht (afleveren)	25	25
Groei [g/dag/dier]	399	340
Ruweiwit voer [%]	16,6	17,5

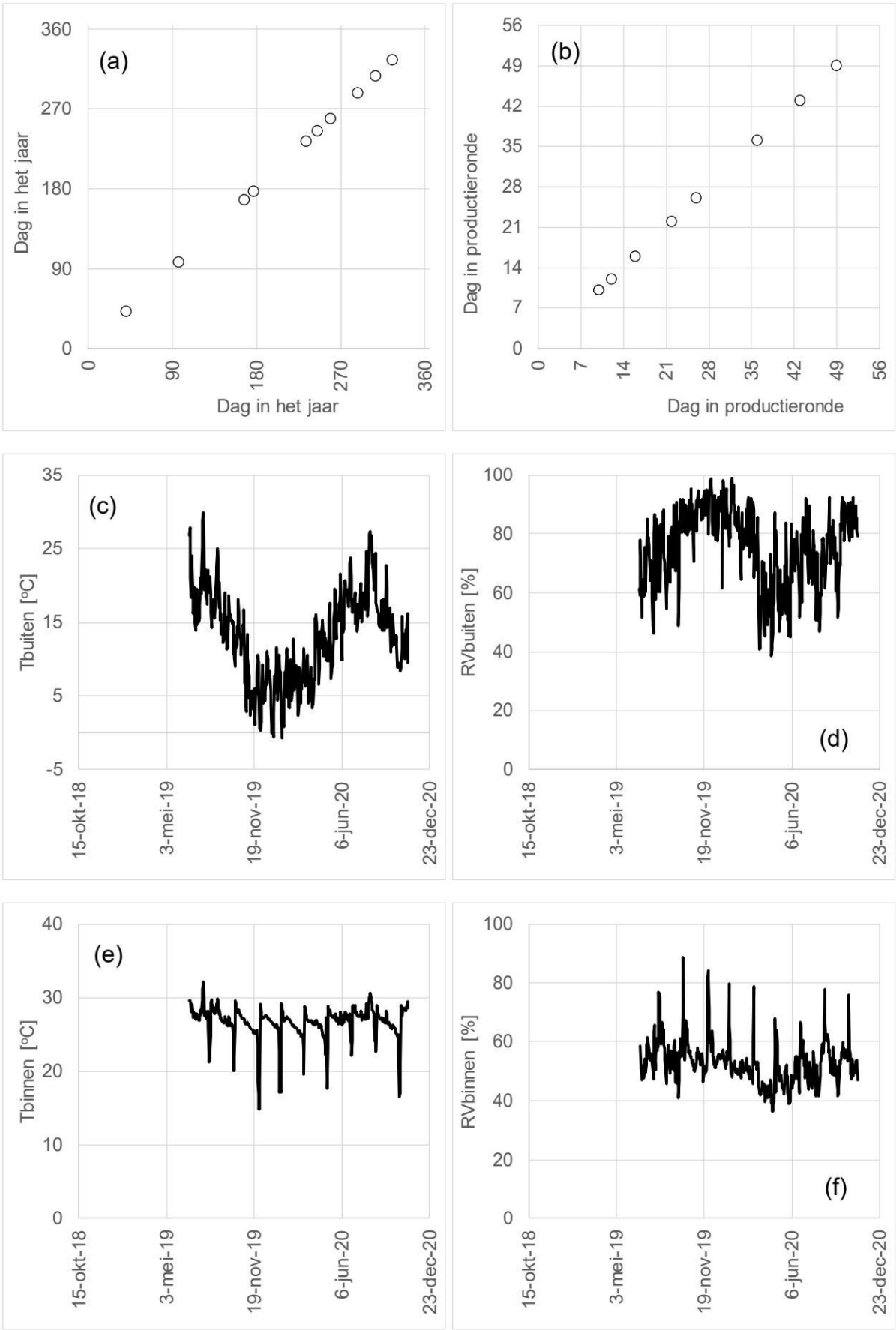
In Tabel BG2.2 worden de gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue als protocollaire metingen samengevat. De data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens en meetresultaten tijdens de protocollaire metingen, worden in Tabel BG2.3 en Tabel BG2.4 samengevat. Bij de bepaling van de jaaremissies is een leegstandsfactor van 0,91 (9% leegstand) toegepast (Groenestein en Aarnink, 2008).

De gerapporteerde resultaten hebben betrekking op metingen die in de periode 24/06/2019 – 03/11/2020 zijn uitgevoerd. In deze periode zijn er tien protocollaire metingen uitgevoerd, verdeeld over de verschillende seizoenen en binnen een productieronde (Figuur BG2.1). De gemiddelde dag in het jaar bij de protocollaire metingen was 214, de gemiddelde dag in de productieronde was 25. Bij zowel de continue als de protocollaire metingen was de gemiddelde buitentemperatuur (Tabel BG2.2) hoger en de relatieve luchtvochtigheid iets lager dan de langdurige 20-jaargemiddelden (2001-2020) bij het KNMI-weerstation in De Bilt (T: 10,7 °C; RV: 81%). In Figuur BG2.1 worden de continue metingen voor een aantal klimaatparameters (gemeten binnentemperatuur en -luchtvochtigheid; buitentemperatuur en relatieve luchtvochtigheid buiten bij het KNMI-meteostation De Bilt) grafisch weergegeven.

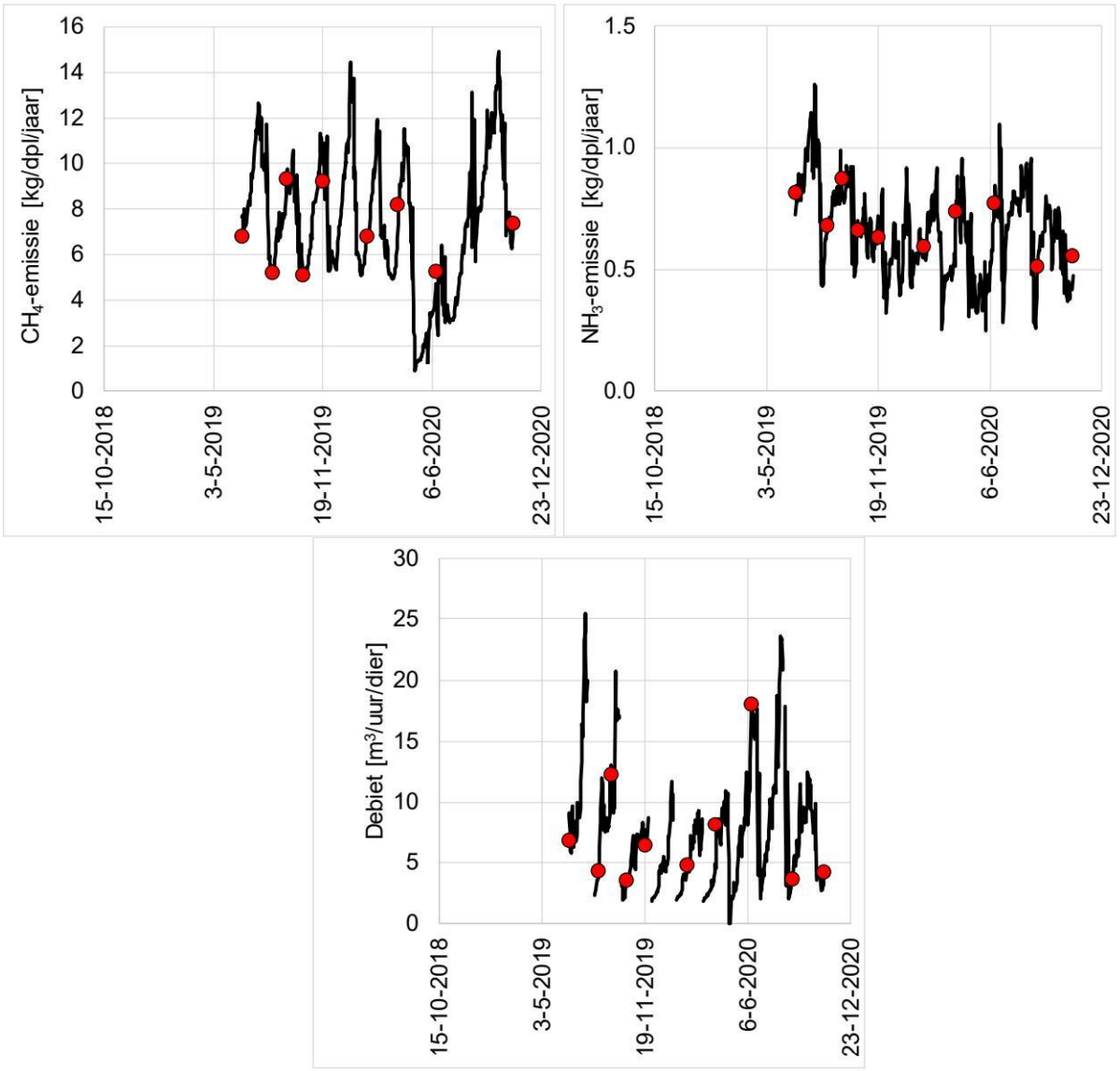
In Figuur BG2.2 worden per dag de ammoniak- en methaanemissies en het ventilatiedebiet voor de continue metingen weergegeven. **Op basis van alle meetgegevens (continue metingen)** werd een ventilatiedebiet gemeten van 7,3 m^3/uur per dier. De emissies van NH_3 en CH_4 op jaarbasis waren respectievelijk 0,60 kg NH_3/jaar/dierplaats en 6,8 kg CH_4/jaar/dierplaats. Voor N_2O, PM10 en geur zijn geen continue metingen uitgevoerd. **Op basis van de protocollaire metingen** werd een ventilatiedebiet gemeten van 7,1 m^3/uur per dier. De emissies van NH_3, CH_4 en N_2O op jaarbasis waren respectievelijk 0,62 kg NH_3/jaar/dierplaats, 6,4 kg CH_4/jaar/dierplaats, en 34 g N_2O/jaar/dierplaats. Voor geur en PM10 zijn op deze locatie geen emissiemetingen uitgevoerd.

Tabel BG2.2 *Gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue als protocollaire metingen. Voor de emissies per dierplaats is een leegstandsfactor van 0,91 (9% leegstand) toegepast (Groenestein en Aarnink; 2008).* ---: niet gemeten.

	Kenmerk	Continue	Protocol
Klimaat	T-binnen [°C]	26,6 (14,8 : 32,2)	27,4 (25,1 : 29,0)
	RV-binnen [%]	53 (36 : 89)	51 (42 : 56)
	T-buiten [°C]	12,9 (-0,7 : 29,9)	13,6 (4,0 : 19,7)
	RV-buiten [%]	75 (39 : 99)	75 (58 : 91)
Resultaten	Aantal meetdagen	439	10
	Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]	7,3 (1,9 : 25,4)	7,1 (3,5 : 18,0)
	CO_2 stal [ppm]	2104 (515 : 4306)	2109 (1394 : 2857)
	CO_2 ingaand [ppm]	453 (400 : 556)	507 (455 : 578)
	Aantal meetdagen	498	10
	NH_3 stal [ppm]	18,4 (5,0 : 51,1)	19,4 (6,9 : 30,1)
	NH_3 ingaand [ppm]	---	0,19 (0,11 : 0,33)
	NH_3-emissie [kg/jaar per dierplaats]	0,60 (0,23 : 1,15)	0,62 (0,46 : 0,79)
	Aantal meetdagen	498	9
	CH_4 stal [ppm]	229 (27 : 532)	208 (51 : 359)
	CH_4 ingaand [ppm]	---	4,1 (2,2 : 8,0)
	CH_4-emissie [kg/jaar per dierplaats]	6,8 (0,8 : 13,6)	6,4 (4,6 : 8,5)
	Aantal meetdagen	---	9
	N_2O stal [ppm]	---	0,91 (0,55 : 1,72)
	N_2O ingaand [ppm]	---	0,48 (0,34 : 0,73)
	N_2O-emissie [g/jaar per dierplaats]	---	34,2 (10,9 : 51,3)
	Aantal meetdagen	---	---
	Geur stal [OU_E/m^3]	---	---
	Geuremissie [OU_E/s per dierplaats]	---	---
	Aantal meetdagen	---	---
	PM10 stal [mg/m^3]	---	---
	PM10 buiten [mg/m^3]	---	---
	PM10-emissie [g/jaar per dierplaats]	---	---



Figuur BG2.1 *a) Verdeling van de metingen over de seizoenen; b) Verdeling van de metingen over een productieronde; c) t/m f) Continue metingen van een aantal klimaatparameters. T: temperatuur; RV: relatieve vochtigheid.*



Figuur BG2.2. *Linksboven: CH_4-emissie [kg/jaar per dierplaats]; Rechtsboven: NH_3-emissie [kg/jaar per dierplaats]; Onder: Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]. De protocollaire metingen worden met rode cirkels weergegeven. De emissies in deze figuur zijn niet door leegstand gecorrigeerd.*

Tabel BG2.3 *Data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens tijdens de protocollaire metingen. ---: niet gemeten.*

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Datum	26-6-2019	21-8-2019	16-9-2019	15-10-2019	21-11-2019	10-2-2020	6-4-2020	15-6-2020	1-9-2020	2-11-2020
	Dag in het jaar	177	233	259	288	325	41	97	167	245	307
Klimaatgegevens	T-binnen [°C]	29,0	28,0	26,7	28,0	25,1	26,7	26,8	27,8	27,1	29,0
	RV-binnen [%]	55,2	51,8	53,3	56,3	50,5	48,3	42,4	52,6	50,1	50,3
	T-buiten [°C]	19,7	16,9	13,5	14,0	4,0	6,9	14,3	19,2	15,1	12,8
	RV-buiten [%]	72,1	66,6	82,8	90,8	90,1	67,4	57,6	75,4	70,2	80,0
Managementgegevens	Aantal dieren	270	270	260	280	276	270	277	280	277	240
	Dag in ronde	11	11	37	13	50	23	27	44	17	21
	Gewicht dieren [kg]	16,0	8,9	19,6	10,0	24,4	14,6	15,2	22,4	11,9	11,8
	Groei [kg/dag/dier]	0,40	0,41	0,41	0,35	0,45	0,40	0,35	0,50	0,35	0,35
	Voeropname [kg/dier/dag]	0,50	0,18	0,80	0,20	0,90	0,20	0,50	0,90	0,50	0,95
	Ruweiwit voer [%]	17,5	16,8	17,0	16,5	17,0	16,5	16,0	16,0	16,5	16,5
	Energiewaarde voer [MJ/kg]	1,15	1,12	1,10	1,10	1,10	1,12	1,12	1,10	1,20	1,10

***Tabel BG2.4**. Data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd en meetresultaten (ventilatiedebiet, concentraties en emissies (gecorrigeerd voor een leegstand van 9% volgens Groenestein en Aarnink (2008)) tijdens de protocollaire metingen. ---: niet gemeten.*

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Datum	26-6-2019	21-8-2019	16-9-2019	15-10-2019	21-11-2019	10-2-2020	6-4-2020	15-6-2020	1-9-2020	2-11-2020
	Dag in het jaar	177	233	259	288	325	41	97	167	245	307
Meetresultaten	CO_2 stal [ppm]	1394	1936	1881	2038	2857	2764	1904	1523	---	2683
	CO_2 ingaand [ppm]	455	520	565	578	501	456	498	497	---	494
	Debiet [m^3/dier/uur]	6,7	4,3	12,1	3,5	6,3	4,7	8,1	18,0	3,6	4,1
	NH_3 stal [ppm]	19,7	25,8	12,2	30,1	16,1	20,7	14,5	6,9	22,7	25,2
	NH_3 ingaand [ppm]	0,14	0,16	0,12	0,33	0,22	0,11	0,20	0,18	0,23	0,23
	NH_3 emissie [kg/dierplaats/jaar]	0,74	0,61	0,79	0,60	0,57	0,54	0,67	0,70	0,46	0,50
	CH_4 stal [ppm]	176,3	213,0	139,7	252,5	251,1	252,5	172,3	51,5	---	358,8
	CH_4 ingaand [ppm]	2,2	3,4	3,2	8,3	4,3	2,7	3,7	2,8	---	6,2
	CH_4 emissie [kg/dierplaats/jaar]	6,2	4,7	8,5	4,6	8,3	6,1	7,4	4,8	---	6,7
	N_2O stal [ppm]	0,78	1,11	0,55	1,72	0,94	0,97	0,84	0,70	---	0,55
	N_2O ingaand [ppm]	0,42	0,45	0,36	0,73	0,54	0,35	0,47	0,65	---	0,34
	N_2O emissie [g/dierplaats/jaar]	35,31	41,07	31,55	51,25	37,60	41,99	44,73	13,08	---	10,95
	Geur stal [OU_E/m^3]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	Geuremissie [OU_E/s/dierplaats]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	PM10 stal [mg/m^3]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	PM10 buiten [mg/m^3]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	PM10 emissie [g/jaar/dierplaats]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

BG3

In Tabel BG3.1 worden de productieresultaten tijdens de gemeten productieronden weergegeven. Op dit bedrijf hebben de dieren een groeitraject (opleg-afleveren) van 11-23 kg over een productieronde van gemiddeld 28 dagen.

Tabel BG3.1 *Productieresultaten en landelijk gemiddelden (Blanken e.a., 2022; Groenestein e.a., 2017).*

Kenmerk	Waarde	Landelijk gemiddelden
Lengte productieronde (dagen)	28	50
Gemiddeld gewicht (opleg)	11	8
Gemiddeld gewicht (afleveren)	23	25
Groei [g/dag/dier]	429	340
Ruweiwit voer [%]	14,9	17,5

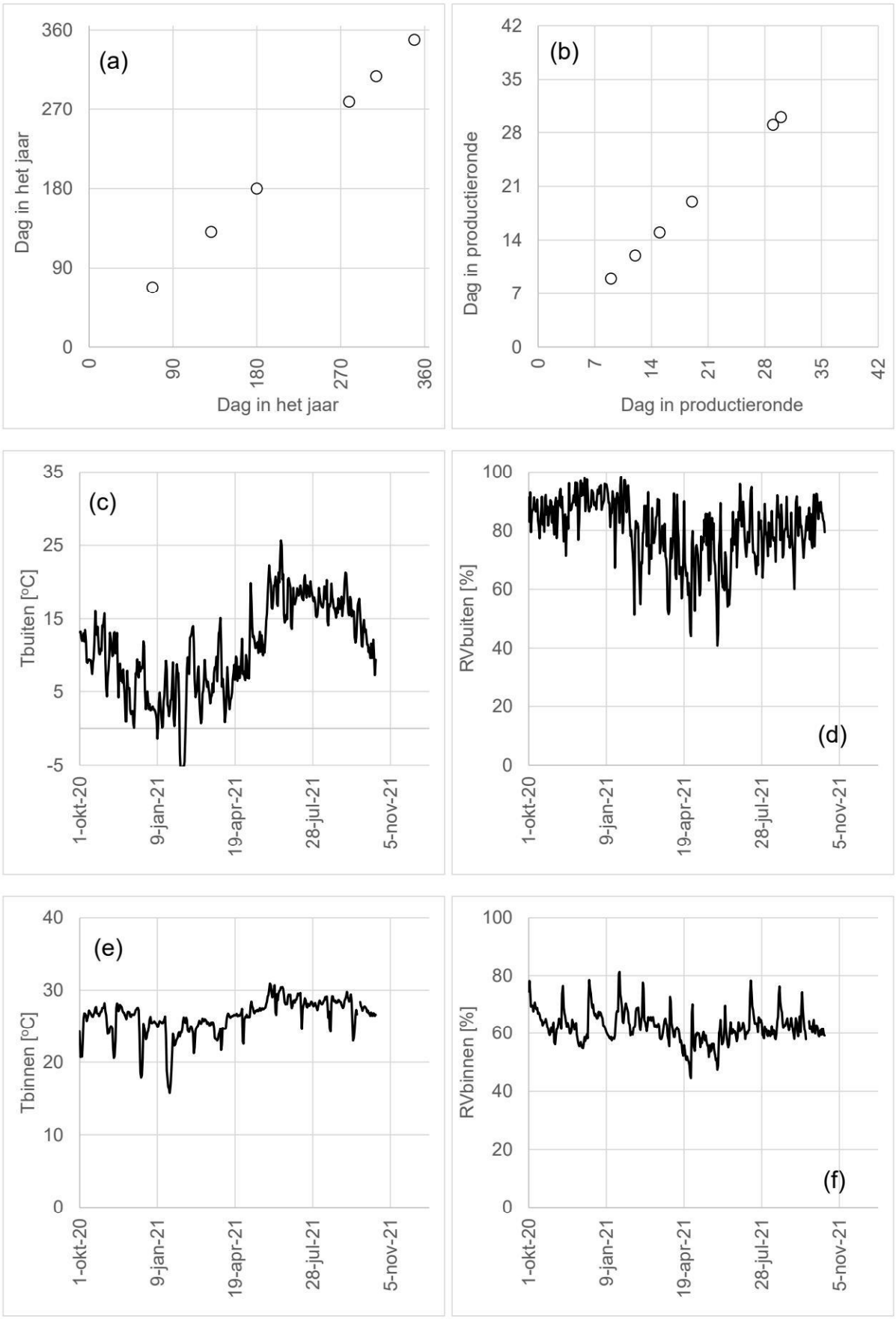
In Tabel BG3.2 worden de gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue als protocollaire metingen samengevat. De data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens en meetresultaten tijdens de protocollaire metingen, worden in Tabel BG3.3 en Tabel BG3.4 samengevat. Bij de bepaling van de jaaremissies is een leegstandsfactor van 0,91 (9% leegstand) toegepast (Groenestein en Aarnink, 2008).

De gerapporteerde resultaten hebben betrekking op metingen die in de periode 01/10/2020 – 17/10/2021 zijn uitgevoerd. In deze periode zijn er zes protocollaire metingen uitgevoerd, verdeeld over de verschillende seizoenen en binnen een productieronde (Figuur BG3.1). De gemiddelde dag in het jaar bij de protocollaire metingen was 219, de gemiddelde dag in de productieronde was 19. Bij de continue metingen waren de gemiddelde buitentemperatuur en relatieve luchtvochtigheid (Tabel BG3.2) vergelijkbaar met de langdurige 20-jaargemiddelden (2001-2020) bij het KNMI-weerstation in De Bilt (T: 10,7 °C; RV: 81%). Bij de protocollaire metingen waren de gemiddelde buitentemperatuur en relatieve luchtvochtigheid iets hoger dan de langdurige 20-jaargemiddelden. In Figuur BG3.1 worden de continue metingen voor een aantal klimaatparameters (gemeten binnentemperatuur en -luchtvochtigheid; buitentemperatuur en relatieve luchtvochtigheid buiten bij het KNMI-meteostation De Bilt) grafisch weergegeven.

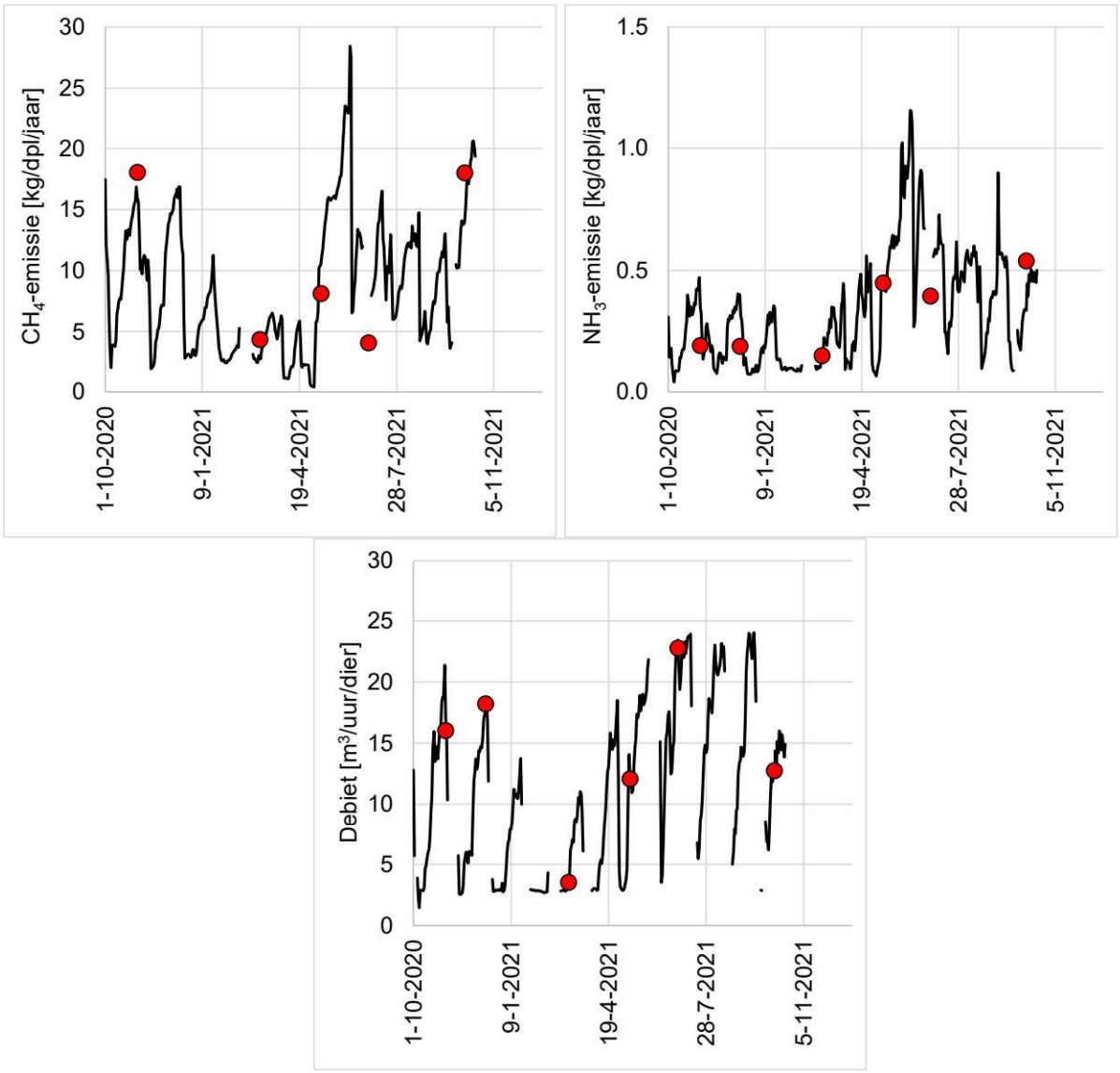
In Figuur BG3.2 worden per dag de ammoniak- en methaanemissies en het ventilatiedebiet voor de continue metingen weergegeven. **Op basis van alle meetgegevens (continue metingen)** werd een ventilatiedebiet gemeten van 11,2 m^3/uur per dier. De emissies van NH_3 en CH_4 op jaarbasis waren respectievelijk 0,30 kg NH_3/jaar/dierplaats en 8,1 kg CH_4/jaar/dierplaats. Voor N_2O, PM10 en geur zijn geen continue metingen uitgevoerd. **Op basis van de protocollaire metingen** werd een ventilatiedebiet gemeten van 14,2 m^3/uur per dier. De emissies van NH_3, CH_4, N_2O en geur op jaarbasis waren respectievelijk 0,29 kg NH_3/jaar/dierplaats, 9,6 kg CH_4/jaar/dierplaats, 60 g N_2O/jaar/dierplaats, en 26,9 OU_E/s per dierplaats. Voor PM10 zijn op deze locatie geen emissiemetingen uitgevoerd.

Tabel BG3.2 *Gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue als protocollaire metingen. Voor de emissies per dierplaats is een leegstandsfactor van 0,91 (9% leegstand) toegepast (Groenestein en Aarnink; 2008).* ---: niet gemeten.

	Kenmerk	Continue	Protocol
Klimaat	T-binnen [°C]	26,3 (15,8 : 30,9)	27,4 (25,9 : 29,4)
	RV-binnen [%]	62 (44 : 81)	61 (57 : 65)
	T-buiten [°C]	10,8 (-6,2 : 25,6)	11,4 (5,1 : 19,3)
	RV-buiten [%]	80 (41 : 98)	85 (78 : 93)
Resultaten	Aantal meetdagen	309	6
	Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]	11,2 (1,5 : 24,0)	14,2 (3,5 : 22,8)
	CO_2 stal [ppm]	2034 (1841 : 2240)	1833 (663 : 3010)
	CO_2 ingaand [ppm]	649 (563 : 873)	630 (545 : 837)
	Aantal meetdagen	358	6
	NH_3 stal [ppm]	6,8 (4,9 : 13,6)	6,1 (3,7 : 9,6)
	NH_3 ingaand [ppm]	---	1,66 (0,83 : 2,64)
	NH_3-emissie [kg/jaar per dierplaats]	0,30 (0,04 : 1,05)	0,29 (0,14 : 0,49)
	Aantal meetdagen	358	5
	CH_4 stal [ppm]	174 (43 : 381)	179 (51 : 258)
	CH_4 ingaand [ppm]	---	19,3 (6,1 : 38,0)
	CH_4-emissie [kg/jaar per dierplaats]	8,1 (0,4 : 25,9)	9,6 (3,7 : 16,4)
	Aantal meetdagen	---	6
	N_2O stal [ppm]	---	0,71 (0,42 : 0,97)
	N_2O ingaand [ppm]	---	0,39 (0,29 : 0,42)
	N_2O-emissie [g/jaar per dierplaats]	---	60,3 (9,7 : 105,8)
	Aantal meetdagen	---	5
	Geur stal [OU_E/m^3]	---	9544 (3363 : 14628)
	Geuremissie [OU_E/s per dierplaats]	---	26,9 (9,6 : 71,9)
	Aantal meetdagen	---	---
	PM10 stal [mg/m^3]	---	---
	PM10 buiten [mg/m^3]	---	---
	PM10-emissie [g/jaar per dierplaats]	---	---



Figuur BG3.1 *a) Verdeling van de metingen over de seizoenen; b) Verdeling van de metingen over een productieronde; c) t/m f) Continue metingen van een aantal klimaatparameters. T: temperatuur; RV: relatieve vochtigheid.*



Figuur BG3.2. *Linksboven: CH_4-emissie [kg/jaar per dierplaats]; Rechtsboven: NH_3-emissie [kg/jaar per dierplaats]; Onder: Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]. De protocollaire metingen worden met rode cirkels weergegeven. De emissies in deze figuur zijn niet door leegstand gecorrigeerd.*

Tabel BG3.3 *Data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens tijdens de protocollaire metingen. ---: niet gemeten.*

		1	2	3	4	5	6
	Datum	3-11-2020	14-12-2020	9-3-2021	11-5-2021	29-6-2021	6-10-2021
	Dag in het jaar	308	349	68	131	180	279
Klimaat	T-binnen [°C]	27.1	27.5	25.9	27.8	29.4	27.0
	RV-binnen [%]	56.7	58.4	65.3	58.2	63.1	62.8
	T-buiten [°C]	8.9	9.5	5.1	14.0	19.3	11.5
	RV-buiten [%]	78.6	90.5	87.7	78.0	83.5	92.5
Management	Aantal dieren	61	64	60	60	60	60
	Dag in de ronde	30	29	9	12	19	15
	Gewicht dieren [kg]	---	---	---	---	---	---
	Groei [kg/dag/dier]	---	---	---	---	---	---
	Voeropname [kg/dier/dag]	---	---	---	---	---	---
	Ruweiwit voer [%]	---	---	---	---	---	---
	Energiewaarde voer [MJ/kg]	---	---	---	---	---	---

***Tabel BG3.4**. Data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd en meetresultaten (ventilatiedebiet, concentraties en emissies (gecorrigeerd voor een leegstand van 9% volgens Groenestein en Aarnink (2008)) tijdens de protocollaire metingen. ---: niet gemeten.*

		1	2	3	4	5	6
	Datum	3-11-2020	14-12-2020	9-3-2021	11-5-2021	29-6-2021	6-10-2021
	Dag in het jaar	308	349	68	131	180	279
Meetresultaten	CO_2 stal [ppm]	2377	663	3010	1710	1286	1954
	CO_2 ingaand [ppm]	669	545	837	551	574	606
	Debiet [m^3/dier/uur]	16,0	18,2	3,5	12,1	22,8	12,8
	NH_3 stal [ppm]	3,7	3,9	9,6	7,3	4,1	7,7
	NH_3 ingaand [ppm]	1,76	2,27	2,64	1,19	1,24	0,83
	NH_3 emissie [kg/dierplaats/jaar]	0,18	0,17	0,14	0,41	0,36	0,49
	CH_4 stal [ppm]	209,6	---	250,1	123,7	51,5	258,0
	CH_4 ingaand [ppm]	19,1	---	37,7	6,1	19,9	13,5
	CH_4 emissie [kg/dierplaats/jaar]	16,4	---	4,0	7,4	3,7	16,4
	N_2O stal [ppm]	0,65	0,42	0,85	0,61	0,75	0,97
	N_2O ingaand [ppm]	0,29	0,38	0,42	0,40	0,42	0,41
	N_2O emissie [g/dierplaats/jaar]	85,36	9,73	22,14	35,48	105,82	103,20
	Geur stal [OU_E/m^3]	7060	14628	10746	11923	3363	---
	Geuremissie [OU_E/s/dierplaats]	29,1	71,9	9,6	36,4	19,4	---
	PM10 stal [mg/m^3]	---	---	---	---	---	---
	PM10 buiten [mg/m^3]	---	---	---	---	---	---
	PM10 emissie [g/jaar/dierplaats]	---	---	---	---	---	---

BG4

In Tabel BG4.1 worden de productieresultaten tijdens de gemeten productieronden weergegeven. Op dit bedrijf hebben de dieren een groeitraject (opleg-afleveren) van 6-23 kg over een productieronde van gemiddeld 45 dagen.

Tabel BG4.1 *Productieresultaten en landelijk gemiddelden (Blanken e.a., 2022; Groenestein e.a., 2017). ---: niet bekend.*

Kenmerk	Waarde	Landelijk gemiddelden
Lengte productieronde (dagen)	44	50
Gemiddeld gewicht (opleg)	7	8
Gemiddeld gewicht (afleveren)	25	25
Groei [g/dag/dier]	409	340
Ruweiwit voer [%]	---	17,5

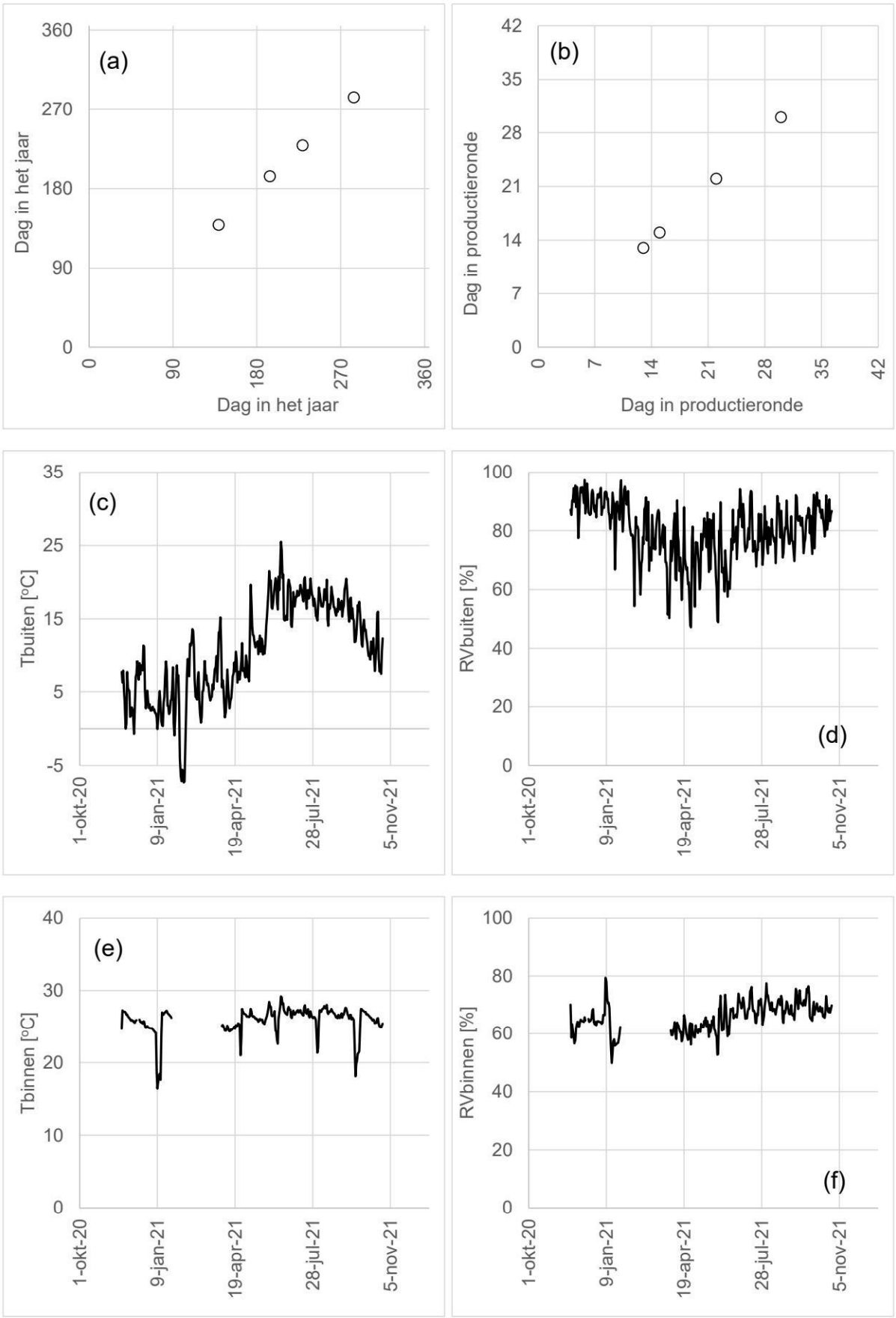
In Tabel BG4.2 worden de gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue als protocollaire metingen samengevat. De data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens en meetresultaten tijdens de protocollaire metingen, worden in Tabel BG4.3 en Tabel BG4.4 samengevat. Bij de bepaling van de jaaremissies is een leegstandsfactor van 0,91 (9% leegstand) toegepast (Groenestein en Aarnink, 2008).

De gerapporteerde resultaten hebben betrekking op metingen die in de periode 24/11/2020 – 26/10/2021 zijn uitgevoerd. In deze periode zijn er vier protocollaire metingen uitgevoerd, verdeeld over de verschillende seizoenen en binnen een productieronde (Figuur BG4.1). De gemiddelde dag in het jaar bij de protocollaire metingen was 212, de gemiddelde dag in de productieronde was 20. Bij de continue metingen waren de gemiddelde buitentemperatuur en relatieve luchtvochtigheid (Tabel BG4.2) vergelijkbaar met de langdurige 20-jaargemiddelden (2001-2020) bij het KNMI-weerstation in De Bilt (T: 10,7 °C; RV: 81%). Bij de protocollaire metingen waren de gemiddelde buitentemperatuur en relatieve luchtvochtigheid iets hoger dan de langdurige 20-jaargemiddelden. In Figuur BG4.1 worden de continue metingen voor een aantal klimaatparameters (gemeten binnentemperatuur en -luchtvochtigheid; buitentemperatuur en relatieve luchtvochtigheid buiten bij het KNMI-meteostation De Bilt) grafisch weergegeven.

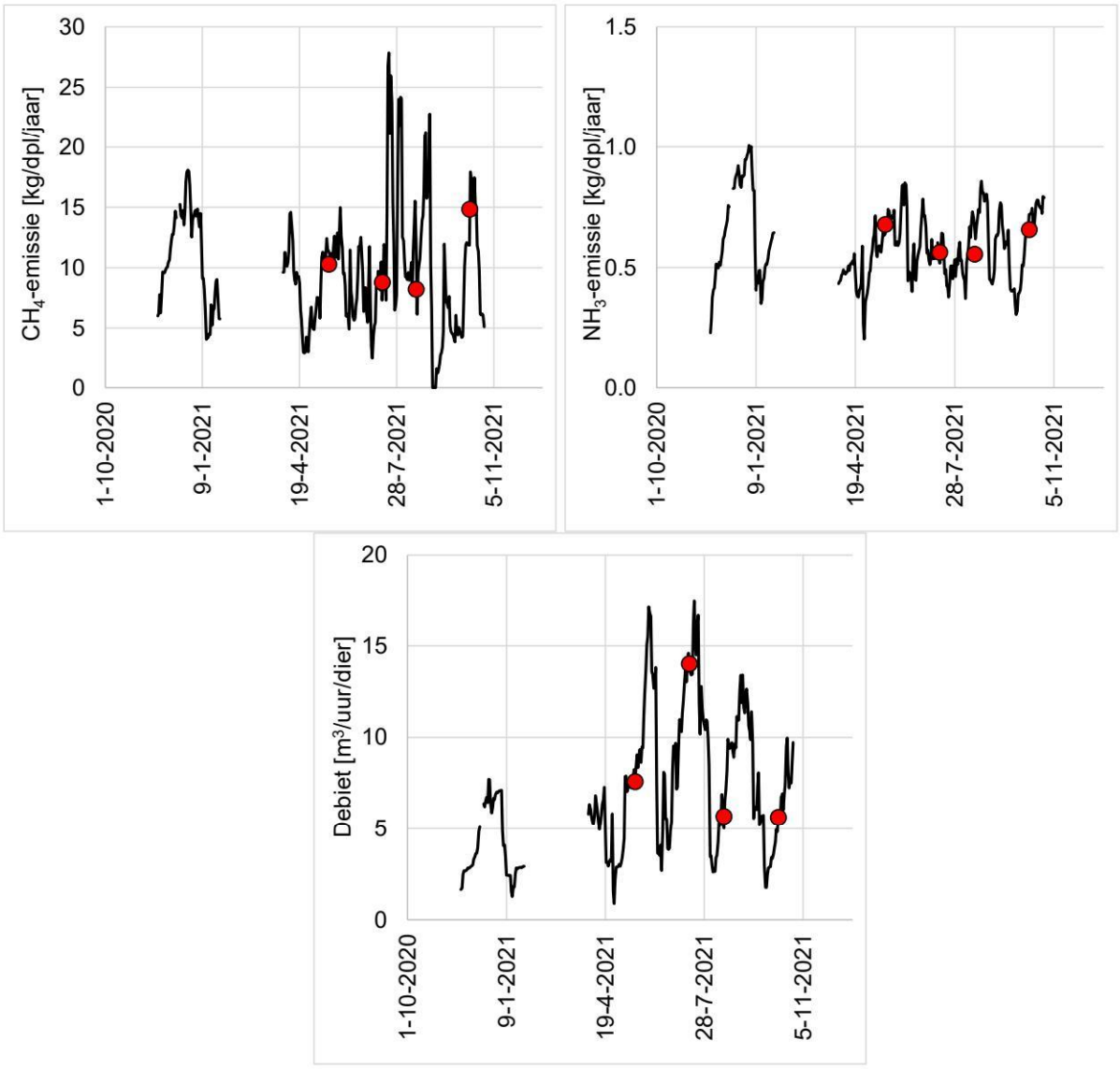
In Figuur BG4.2 worden per dag de ammoniak- en methaanemissies en het ventilatiedebiet voor de continue metingen weergegeven. **Op basis van alle meetgegevens (continue metingen)** werd een ventilatiedebiet gemeten van 7,0 m^3/uur per dier. De emissies van NH_3 en CH_4 op jaarbasis waren respectievelijk 0,54 kg NH_3/jaar/dierplaats en 9,1 kg CH_4/jaar/dierplaats. Voor N_2O, PM10 en geur zijn geen continue metingen uitgevoerd. **Op basis van de protocollaire metingen** werd een ventilatiedebiet gemeten van 8,2 m^3/uur per dier. De emissies van NH_3, CH_4, N_2O en geur op jaarbasis waren respectievelijk 0,56 kg NH_3/jaar/dierplaats, 9,6 kg CH_4/jaar/dierplaats, 2,3 g N_2O/jaar/dierplaats, en 11,3 OU_E/s per dierplaats. Voor PM10 zijn op deze locatie geen emissiemetingen uitgevoerd.

Tabel BG4.2 *Gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue als protocollaire metingen. Voor de emissies per dierplaats is een leegstandsfactor van 0,91 (9% leegstand) toegepast (Groenestein en Aarnink; 2008).* ---: niet gemeten.

	Kenmerk	Continue	Protocol
Klimaat	T-binnen [°C]	25,9 (16,4 : 29,2)	26,4 (25,7 : 26,9)
	RV-binnen [%]	66 (50 : 79)	70 (65 : 75)
	T-buiten [°C]	10,7 (-7,3 : 25,5)	13,8 (10,2 : 19,1)
	RV-buiten [%]	80 (47 : 97)	89 (86 : 92)
Resultaten	Aantal meetdagen	270	4
	Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]	7,0 (0,9 : 17,5)	8,2 (5,6 : 14,0)
	CO_2 stal [ppm]	1636 (517 : 3261)	1580 (1174 : 2038)
	CO_2 ingaand [ppm]	---	468 (456 : 486)
	Aantal meetdagen	270	4
	NH_3 stal [ppm]	19,0 (3,7 : 46,8)	14,0 (6,6 : 18,8)
	NH_3 ingaand [ppm]	---	0,06 (0,05 : 0,08)
	NH_3-emissie [kg/jaar per dierplaats]	0,54 (0,19 : 0,91)	0,56 (0,51 : 0,62)
	Aantal meetdagen	266	4
	CH_4 stal [ppm]	341 (21 : 625)	265 (112 : 455)
	CH_4 ingaand [ppm]	---	3,9 (2,4 : 5,6)
	CH_4-emissie [kg/jaar per dierplaats]	9,1 (1,1 : 25,3)	9,6 (7,5 : 13,5)
	Aantal meetdagen	---	4
	N_2O stal [ppm]	---	0,40 (0,37 : 0,43)
	N_2O ingaand [ppm]	---	0,38 (0,36 : 0,40)
	N_2O-emissie [g/jaar per dierplaats]	---	2,3 (0,6 : 3,5)
	Aantal meetdagen	---	4
	Geur stal [OU_E/m^3]	---	6286 (3481 : 10059)
	Geuremissie [OU_E/s per dierplaats]	---	11,3 (5,0 : 19,8)
	Aantal meetdagen	---	---
	PM10 stal [mg/m^3]	---	---
	PM10 buiten [mg/m^3]	---	---
	PM10-emissie [g/jaar per dierplaats]	---	---



Figuur BG4.1 *a) Verdeling van de metingen over de seizoenen; b) Verdeling van de metingen over een productieronde; c) t/m f) Continue metingen van een aantal klimaatparameters. T: temperatuur; RV: relatieve vochtigheid.*



***Figuur BG4.2**. Linksboven: CH_4-emissie [kg/jaar per dierplaats]; Rechtsboven: NH_3-emissie [kg/jaar per dierplaats]; Onder: Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]. De protocollaire metingen worden met rode cirkels weergegeven. De emissies in deze figuur zijn niet door leegstand gecorrigeerd.*

Tabel BG4.3 *Data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens tijdens de protocollaire metingen. ---: niet gemeten.*

		1	2	3	4
	Datum	19-5-2021	13-7-2021	17-8-2021	11-10-2021
	Dag in het jaar	139	194	229	284
Klimaat	T-binnen [°C]	25,7	26,9	26,8	26,2
	RV-binnen [%]	64,5	74,7	69,9	69,5
	T-buiten [°C]	10,2	19,1	14,1	11,9
	RV-buiten [%]	86,1	91,8	91,8	86,3
Management	Aantal dieren	310	310	310	310
	Dag in de ronde	22	30	13	15
	Gewicht dieren [kg]	---	---	---	---
	Groei [kg/dag/dier]	---	---	---	---
	Voeropname [kg/dier/dag]	---	---	---	---
	Ruweiwit voer [%]	---	---	---	---
	Energiewaarde voer [MJ/kg]	---	---	---	---

***Tabel BG4.4**. Data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd en meetresultaten (ventilatiedebiet, concentraties en emissies (gecorrigeerd voor een leegstand van 9% volgens Groenestein en Aarnink (2008)) tijdens de protocollaire metingen. ---: niet gemeten.*

		1	2	3	4
	Datum	19-5-2021	13-7-2021	17-8-2021	11-10-2021
	Dag in het jaar	139	194	229	284
Meetresultaten	CO_2 stal [ppm]	1691	1174	1418	2038
	CO_2 ingaand [ppm]	471	456	458	486
	Debiet [m^3/dier/uur]	7,6	14,0	5,7	5,6
	NH_3 stal [ppm]	14,5	6,6	16,0	18,8
	NH_3 ingaand [ppm]	0,08	0,06	0,05	0,07
	NH_3 emissie [kg/dierplaats/jaar]	0,62	0,51	0,51	0,60
	CH_4 stal [ppm]	237,2	111,7	254,1	455,2
	CH_4 ingaand [ppm]	3,8	2,4	3,8	5,6
	CH_4 emissie [kg/dierplaats/jaar]	9,4	8,0	7,5	13,5
	N_2O stal [ppm]	0,37	0,41	0,43	0,41
	N_2O ingaand [ppm]	0,36	0,40	0,40	0,37
	N_2O emissie [g/dierplaats/jaar]	0,55	2,70	2,38	3,52
	Geur stal [OU_E/m^3]	10059	5574	3481	6032
	Geuremissie [OU_E/s/dierplaats]	19,3	19,8	5,0	8,6
	PM10 stal [mg/m^3]	---	---	---	---
	PM10 buiten [mg/m^3]	---	---	---	---
	PM10 emissie [g/jaar/dierplaats]	---	---	---	---

Bijlage H Resultaten per bedrijf: Vleesvarkens

VV1

In Tabel VV1.1 worden de productieresultaten tijdens de gemeten productieronden weergegeven. Op dit bedrijf hebben de dieren een groeitraject (opleg-afleveren) van 25-122 kg over een productieronde van gemiddeld 115 dagen.

Tabel VV1.1 *Productieresultaten en landelijk gemiddelden (Blanken e.a., 2022; Groenestein e.a., 2017).*

Kenmerk	Waarde	Landelijk gemiddelden
Lengte productieronde (dagen)	115	112
Gemiddeld gewicht (opleg)	25	25
Gemiddeld gewicht (afleveren)	122	125
Groei [g/dag/dier]	838	875
Ruweiwit voer [%]	15,5	16,0

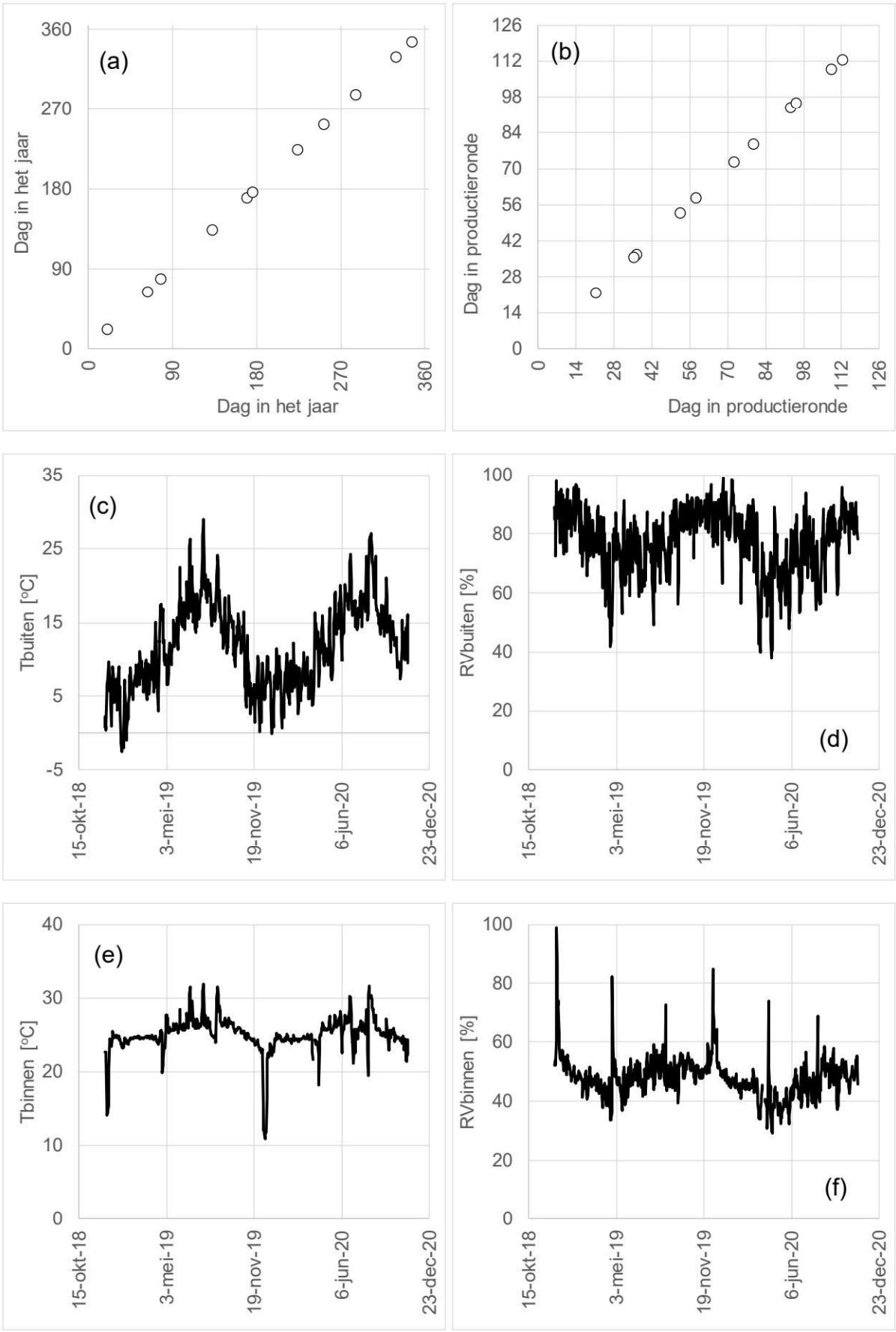
In Tabel VV1.2 worden de gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue als protocollaire metingen samengevat. De data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens en meetresultaten tijdens de protocollaire metingen, worden in Tabel VV1.3 en Tabel VV1.4 samengevat. Bij de bepaling van de jaaremissies is een leegstandsfactor van 0,97 (3% leegstand) toegepast (Groenestein en Aarnink, 2008).

De gerapporteerde resultaten hebben betrekking op metingen die in de periode 12/10/2018 – 03/11/2020 zijn uitgevoerd. In deze periode zijn er elf protocollaire metingen uitgevoerd, verdeeld over de verschillende seizoenen en binnen een productieronde (Figuur VV1.1). De gemiddelde dag in het jaar bij de protocollaire metingen was 189, de gemiddelde dag in de productieronde was 70. Bij de continue metingen was de gemiddelde buitentemperatuur (Tabel VV1.2) hoger en de relatieve luchtvochtigheid iets lager dan de langdurige 20-jaargemiddelden (2001-2020) bij het KNMI-weerstation in De Bilt (T: 10,7 °C; RV: 81%). Bij de protocollaire metingen waren de gemiddelde buitentemperatuur en relatieve luchtvochtigheid vergelijkbaar met de langdurige 20-jaargemiddelden. In Figuur VV1.1 worden de continue metingen voor een aantal klimaatparameters (gemeten binnentemperatuur en -luchtvochtigheid; buitentemperatuur en relatieve luchtvochtigheid buiten bij het KNMI-meteostation De Bilt) grafisch weergegeven.

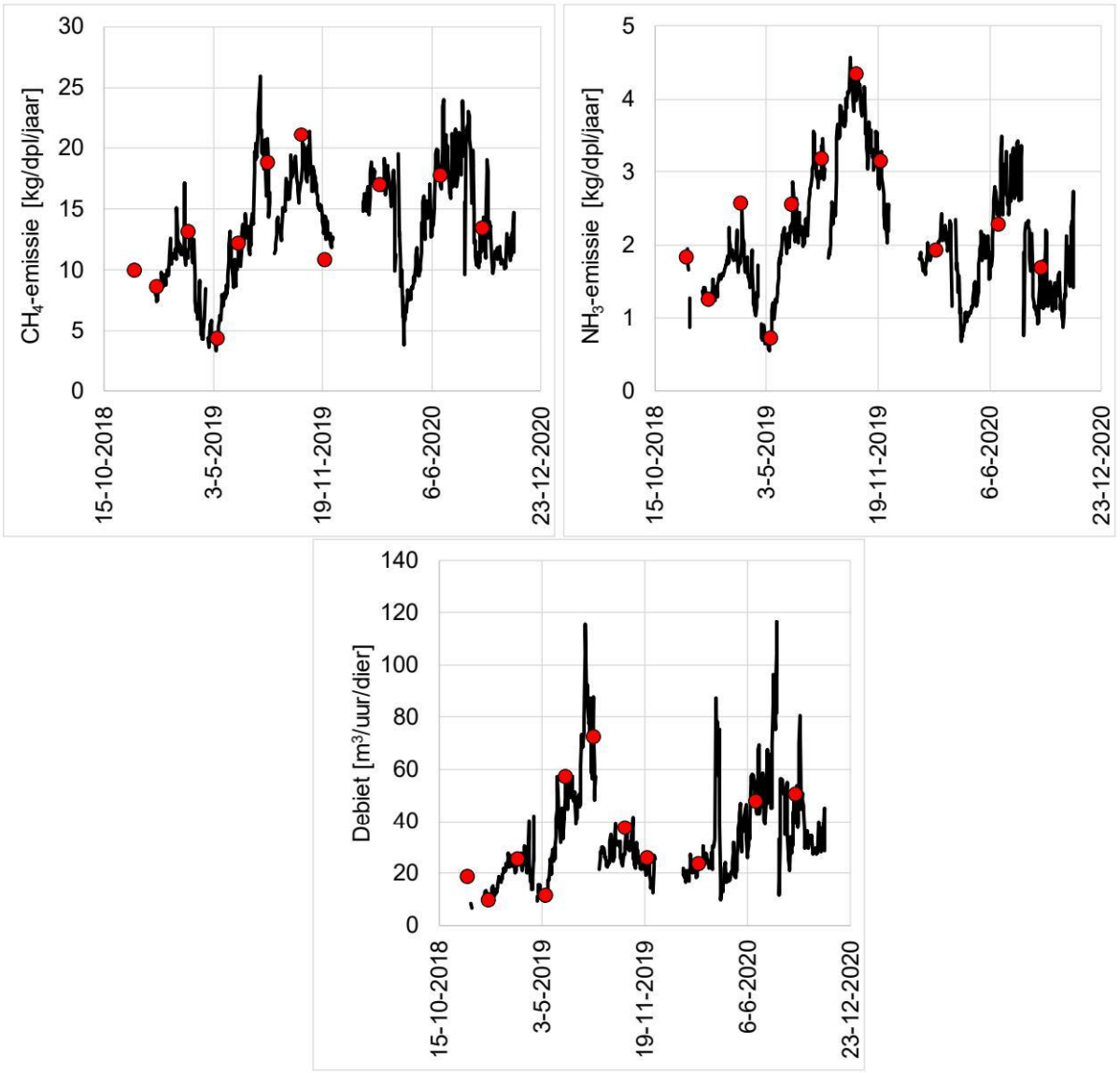
In Figuur VV1.2 worden per dag de ammoniak- en methaanemissies en het ventilatiedebiet voor de continue metingen weergegeven. **Op basis van alle meetgegevens (continue metingen)** werd een ventilatiedebiet gemeten van 34,5 m^3/uur per dier. De emissies van NH_3 en CH_4 op jaarbasis waren respectievelijk 2,1 kg NH_3/jaar/dierplaats en 13,1 kg CH_4/jaar/dierplaats. Voor N_2O, PM10 en geur zijn geen continue metingen uitgevoerd. **Op basis van de protocollaire metingen** werd een ventilatiedebiet gemeten van 34,3 m^3/uur per dier. De emissies van NH_3, CH_4 en N_2O op jaarbasis waren respectievelijk 2,2 kg NH_3/jaar/dierplaats, 12,9 kg CH_4/jaar/dierplaats, en 51 g N_2O/jaar/dierplaats. Voor geur en PM10 zijn op deze locatie geen emissiemetingen uitgevoerd.

Tabel VV1.2 *Gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue als protocollaire metingen. Voor de emissies per dierplaats is een leegstandsfactor van 0,97 (3% leegstand) toegepast (Groenestein en Aarnink; 2008).* ---: niet gemeten.

	Kenmerk	Continue	Protocol
Klimaat	T-binnen [°C]	25,0 (10,9 : 31,9)	25,2 (22,6 : 30,2)
	RV-binnen [%]	48 (29 : 99)	50 (41 : 57)
	T-buiten [°C]	11,7 (-2,5 : 29,0)	10,9 (-1,9 : 23,6)
	RV-buiten [%]	77 (38 : 99)	81 (54 : 93)
Resultaten	Aantal meetdagen	600	11
	Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]	34,5 (7,3 : 116,5)	34,3 (9,6 : 71,9)
	CO_2 stal [ppm]	1872 (605 : 3428)	1911 (1135 : 2888)
	CO_2 ingaand [ppm]	516 (484 : 618)	478 (435 : 511)
	Aantal meetdagen	603	11
	NH_3 stal [ppm]	12,4 (3,8 : 31,6)	14,1 (5,5 : 24,4)
	NH_3 ingaand [ppm]	0,14 (0,06 : 0,30)	0,14 (0,03 : 0,44)
	NH_3-emissie [kg/jaar per dierplaats]	2,1 (0,5 : 4,4)	2,2 (0,7 : 4,2)
	Aantal meetdagen	589	11
	CH_4 stal [ppm]	86 (36 : 196)	88 (40 : 156)
	CH_4 ingaand [ppm]	3,0 (2,3 : 4,1)	3,1 (2,2 : 5,2)
	CH_4-emissie [kg/jaar per dierplaats]	13,1 (3,3 : 25,2)	12,9 (4,2 : 20,4)
	Aantal meetdagen	---	11
	N_2O stal [ppm]	---	0,48 (0,33 : 0,59)
	N_2O ingaand [ppm]	---	0,37 (0,29 : 0,47)
	N_2O-emissie [g/jaar per dierplaats]	---	50,6 (6,1 : 119,2)
	Aantal meetdagen	---	---
	Geur stal [OU_E/m^3]	---	---
	Geuremissie [OU_E/s per dierplaats]	---	---
	Aantal meetdagen	---	---
	PM10 stal [mg/m^3]	---	---
	PM10 buiten [mg/m^3]	---	---
	PM10-emissie [g/jaar per dierplaats]	---	---



Figuur VV1.1 *a) Verdeling van de metingen over de seizoenen; b) Verdeling van de metingen over een productieronde; c) t/m f) Continue metingen van een aantal klimaatparameters. T: temperatuur; RV: relatieve vochtigheid.*



***Figuur VV1.2**. Linksboven: CH_4-emissie [kg/jaar per dierplaats]; Rechtsboven: NH_3-emissie [kg/jaar per dierplaats]; Onder: Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]. De protocollaire metingen worden met rode cirkels weergegeven. De emissies in deze figuur zijn niet door leegstand gecorrigeerd.*

Tabel VV1.3 *Data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens tijdens de protocollaire metingen. ---: niet gemeten.*

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Datum	12-12-2018	21-1-2019	19-3-2019	13-5-2019	19-6-2019	12-8-2019	13-10-2019	25-11-2019	13-1-2020	4-3-2020	24-6-2020	8-9-2020
	Dag in het jaar	346	21	78	133	170	224	286	329	13	64	176	252
Klimaat	T-binnen [°C]	22,6	23,2	24,6	25,6	26,7	25,0	26,0	24,2	24,8	24,4	30,2	25,2
Klimaat	RV-binnen [%]	52,2	49,0	46,9	41,8	53,4	50,7	55,9	52,7	47,5	45,1	40,6	56,9
Klimaat	T-buiten [°C]	1,5	-1,9	6,7	10,0	17,9	15,3	15,6	8,3	9,1	6,0	23,6	17,2
Klimaat	RV-buiten [%]	87,0	87,1	85,7	63,6	80,3	80,5	88,9	92,6	85,1	84,1	53,8	88,6
Management	Aantal dieren	72	97	97	107	95	75	98	79	96	95	97	96
Management	Dag in de ronde	109	37	94	22	59	113	53	96	29	80	73	36
Management	Gewicht dieren [kg]	115,4	50,6	104,3	35,3	76,6	109,5	86,3	120,0	49,0	100,0	96,1	58,0
Management	Groei [kg/dag/dier]	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Management	Voeropname [kg/dier/dag]	3,03	1,86	2,75	1,23	2,30	2,70	2,50	3,03	1,60	2,75	2,65	1,80
Management	Ruweiwit voer [%]	13,2	13,2	14,8	17,3	14,8	14,9	14,8	14,8	16,7	15,2	15,3	16,4
Management	Energiewaarde voer [MJ/kg]	1,08	1,13	1,10	1,13	1,10	1,09	1,10	1,10	1,12	1,09	1,10	1,13

***Tabel VV1.4**. Data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd en meetresultaten (ventilatiedebiet, concentraties en emissies (gecorrigeerd voor een leegstand van 3% volgens Groenestein en Aarnink (2008)) tijdens de protocollaire metingen. ---: niet gemeten.*

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Datum	12-12-2018	21-1-2019	19-3-2019	13-5-2019	19-6-2019	12-8-2019	13-10-2019	25-11-2019	13-1-2020	4-3-2020	24-6-2020	8-9-2020
	Dag in het jaar	346	21	78	133	170	224	286	329	13	64	176	252
Meetresultaten	CO_2 stal [ppm]	2449	2888	1957	1932	1135	1135	1849	2572	1790	2560	1331	1212
	CO_2 ingaand [ppm]	499	503	511	464	483	463	435	490	453	471	465	469
	Debiet [m^3/dier/uur]	18,3	9,6	25,3	11,3	57,0	71,9	37,3	25,6	---	23,4	47,3	50,2
	NH_3 stal [ppm]	21,3	20,9	16,1	9,2	7,5	9,3	19,1	24,4	8,4	13,7	8,0	5,5
	NH_3 ingaand [ppm]	---	0,06	0,08	0,10	0,10	0,16	0,44	0,13	0,11	0,03	0,20	0,12
	NH_3 emissie [kg/dierplaats/jaar]	1,76	1,22	2,49	0,70	2,46	3,08	4,21	3,04	---	1,87	2,20	1,63
	CH_4 stal [ppm]	125,3	155,6	89,4	59,5	39,8	60,0	99,1	92,3	94,6	130,3	67,4	48,4
	CH_4 ingaand [ppm]	2,8	5,2	3,0	2,2	2,4	2,8	3,1	3,6	2,3	3,2	3,0	2,9
	CH_4 emissie [kg/dierplaats/jaar]	9,6	8,3	12,6	4,2	11,8	18,1	20,4	10,5	---	16,4	17,1	13,0
	N_2O stal [ppm]	0,51	0,48	0,51	0,51	0,54	0,35	0,38	0,33	0,41	0,58	0,59	0,50
	N_2O ingaand [ppm]	0,35	0,35	0,43	0,29	0,40	0,31	0,31	0,31	0,34	0,42	0,47	0,40
	N_2O emissie [g/dierplaats/jaar]	34,76	19,44	32,81	44,70	119,23	35,03	39,95	6,07	---	53,84	91,92	78,74
	Geur stal [OU_E/m^3]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	Geuremissie [OU_E/s/dierplaats]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	PM10 stal [mg/m^3]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	PM10 buiten [mg/m^3]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	PM10 emissie [g/jaar/dierplaats]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

VV2

In Tabel VV2.1 worden de productieresultaten tijdens de gemeten productieronden weergegeven. Op dit bedrijf hebben de dieren een groeitraject (opleg-afleveren) van 24-132 kg over een productieronde van gemiddeld 114 dagen.

Tabel VV2.1 *Productieresultaten en landelijk gemiddelden (Blanken e.a., 2022; Groenestein e.a., 2017).*

Kenmerk	Waarde	Landelijk gemiddelden
Lengte productieronde (dagen)	114	112
Gemiddeld gewicht (opleg)	24	25
Gemiddeld gewicht (afleveren)	132	125
Groei [g/dag/dier]	948	875
Ruweiwit voer [%]	15,4	16,0

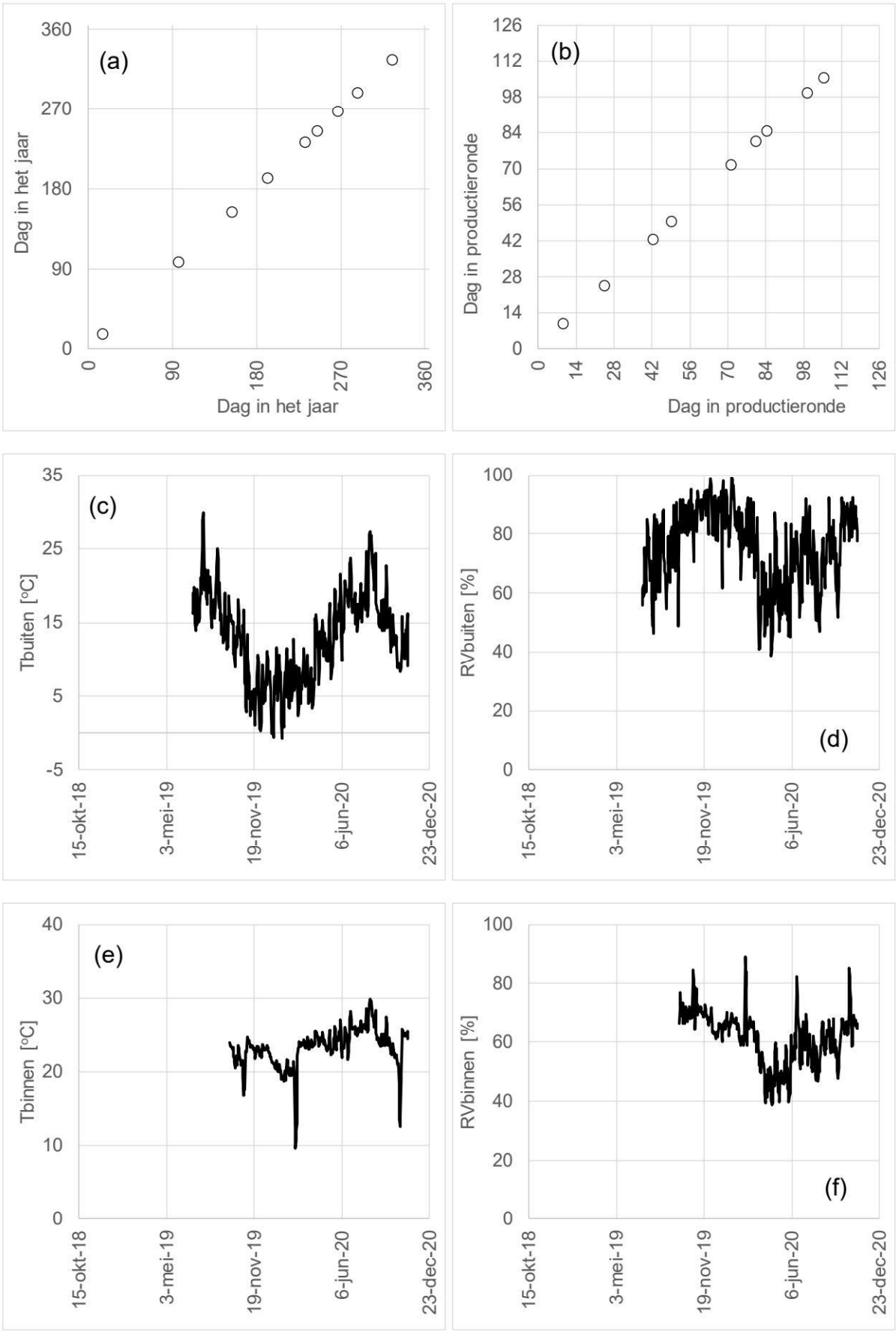
In Tabel VV2.2 worden de gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue als protocollaire metingen samengevat. De data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens en meetresultaten tijdens de protocollaire metingen, worden in Tabel VV2.3 en Tabel VV2.4 samengevat. Bij de bepaling van de jaaremissies is een leegstandsfactor van 0,97 (3% leegstand) toegepast (Groenestein en Aarnink, 2008).

De gerapporteerde resultaten hebben betrekking op metingen die in de periode 01/07/2019 – 03/11/2020 zijn uitgevoerd. In deze periode zijn er negen protocollaire metingen uitgevoerd, verdeeld over de verschillende seizoenen en binnen een productieronde (Figuur VV2.1). De gemiddelde dag in het jaar bij de protocollaire metingen was 202, de gemiddelde dag in de productieronde was 63. Bij zowel de continue als de protocollaire metingen was de gemiddelde buitentemperatuur (Tabel VV2.2) hoger en de relatieve luchtvochtigheid iets lager dan de langdurige 20-jaargemiddelden (2001-2020) bij het KNMI-weerstation in De Bilt (T: 10,7 °C; RV: 81%). In Figuur VV2.1 worden de continue metingen voor een aantal klimaatparameters (gemeten binnentemperatuur en -luchtvochtigheid; buitentemperatuur en relatieve luchtvochtigheid buiten bij het KNMI-meteostation De Bilt) grafisch weergegeven.

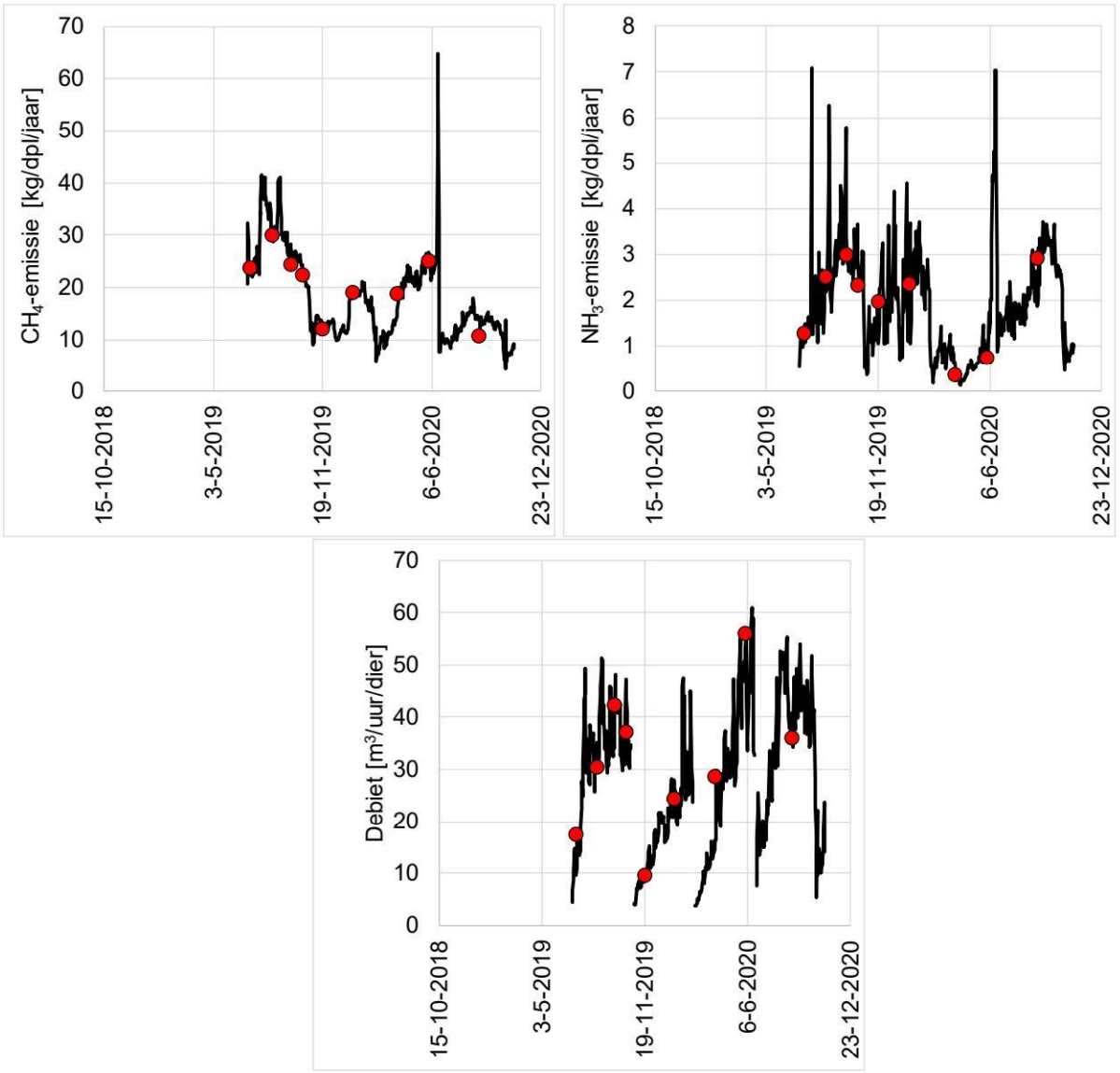
In Figuur VV2.2 worden per dag de ammoniak- en methaanemissies en het ventilatiedebiet voor de continue metingen weergegeven. **Op basis van alle meetgegevens (continue metingen)** werd een ventilatiedebiet gemeten van 28,4 m^3/uur per dier. De emissies van NH_3 en CH_4 op jaarbasis waren respectievelijk 1,9 kg NH_3/jaar/dierplaats en 17,5 kg CH_4/jaar/dierplaats. Voor N_2O, PM10 en geur zijn geen continue metingen uitgevoerd. **Op basis van de protocollaire metingen** werd een ventilatiedebiet gemeten van 31,1 m^3/uur per dier. De emissies van NH_3, CH_4 en N_2O op jaarbasis waren respectievelijk 1,9 kg NH_3/jaar/dierplaats, 20,0 kg CH_4/jaar/dierplaats, en 31 g N_2O/jaar/dierplaats. Voor geur en PM10 zijn op deze locatie geen emissiemetingen uitgevoerd.

Tabel VV2.2 *Gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue als protocollaire metingen. Voor de emissies per dierplaats is een leegstandsfactor van 0,97 (3% leegstand) toegepast (Groenestein en Aarnink; 2008).* ---: niet gemeten.

	Kenmerk	Continue	Protocol
Klimaat	T-binnen [°C]	23,2 (9,6 : 29,9)	23,3 (20,1 : 26,2)
	RV-binnen [%]	62 (39 : 89)	61 (44 : 72)
	T-buiten [°C]	12,8 (-0,7 : 29,9)	13,8 (4,0 : 19,8)
	RV-buiten [%]	75 (39 : 99)	75 (54 : 91)
Resultaten	Aantal meetdagen	478	9
	Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]	28,4 (3,9 : 60,9)	31,1 (9,5 : 55,7)
	CO_2 stal [ppm]	1965 (598 : 4451)	1980 (1395 : 3525)
	CO_2 ingaand [ppm]	612 (583 : 697)	476 (459 : 501)
	Aantal meetdagen	491	9
	NH_3 stal [ppm]	13,6 (1,3 : 47,9)	12,7 (2,0 : 33,3)
	NH_3 ingaand [ppm]	0,16 (0,04 : 0,25)	0,18 (0,04 : 0,28)
	NH_3-emissie [kg/jaar per dierplaats]	1,9 (0,1 : 6,9)	1,9 (0,3 : 2,9)
	Aantal meetdagen	488	9
	CH_4 stal [ppm]	144 (49 : 546)	138 (54 : 238)
	CH_4 ingaand [ppm]	3,3 (2,1 : 7,5)	3,9 (2,1 : 11,4)
	CH_4-emissie [kg/jaar per dierplaats]	17,5 (4,2 : 53,6)	20,0 (10,3 : 28,9)
	Aantal meetdagen	---	8
	N_2O stal [ppm]	---	0,49 (0,36 : 0,84)
	N_2O ingaand [ppm]	---	0,38 (0,32 : 0,52)
	N_2O-emissie [g/jaar per dierplaats]	---	31,1 (8,2 : 73,2)
	Aantal meetdagen	---	---
	Geur stal [OU_E/m^3]	---	---
	Geuremissie [OU_E/s per dierplaats]	---	---
	Aantal meetdagen	---	---
	PM10 stal [mg/m^3]	---	---
	PM10 buiten [mg/m^3]	---	---
	PM10-emissie [g/jaar per dierplaats]	---	---



Figuur VV2.1 *a) Verdeling van de metingen over de seizoenen; b) Verdeling van de metingen over een productieronde; c) t/m f) Continue metingen van een aantal klimaatparameters. T: temperatuur; RV: relatieve vochtigheid.*



Figuur VV2.2. *Linksboven: CH_4-emissie [kg/jaar per dierplaats]; Rechtsboven: NH_3-emissie [kg/jaar per dierplaats]; Onder: Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]. De protocollaire metingen worden met rode cirkels weergegeven. De emissies in deze figuur zijn niet door leegstand gecorrigeerd.*

Tabel VV2.3 *Data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens tijdens de protocollaire metingen. ---: niet gemeten.*

		1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Datum	11-7-2019	20-8-2019	24-9-2019	15-10-2019	21-11-2019	16-1-2020	6-4-2020	2-6-2020	1-9-2020
	Dag in het jaar	192	232	267	288	325	16	97	154	245
Klimaat	T-binnen [°C]	23,2	23,2	23,6	22,1	22,1	20,1	25,2	26,2	23,7
	RV-binnen [%]	61,6	61,6	69,0	71,3	72,0	65,8	44,1	45,6	57,3
	T-buiten [°C]	18,2	15,7	15,3	14,0	4,0	7,6	14,3	19,8	15,1
	RV-buiten [%]	79,0	68,8	83,3	90,8	90,1	82,1	57,6	54,0	70,2
Management	Aantal dieren	160	158	157	157	160	159	160	154	157
	Dag in ronde	10	50	85	106	25	81	43	100	72
	Gewicht dieren [kg]	35,6	66,0	103,6	128,8	42,2	99,6	58,8	114,3	90,7
	Groei [kg/dag/dier]	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
	Voeropname [kg/dier/dag]	0,97	0,88	1,05	1,10	1,23	2,13	1,70	2,30	2,20
	Ruweiwit voer [%]	17,1	14,7	15,0	15,0	16,0	15,5	16,0	14,5	15,5
	Energiewaarde voer [MJ/kg]	1,15	1,17	1,18	1,18	1,15	1,16	1,14	1,16	1,16

***Tabel VV2.4**. Data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd en meetresultaten (ventilatiedebiet, concentraties en emissies (gecorrigeerd voor een leegstand van 3% volgens Groenestein en Aarnink (2008)) tijdens de protocollaire metingen. ---: niet gemeten.*

		1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Datum	11-7-2019	20-8-2019	24-9-2019	15-10-2019	21-11-2019	16-1-2020	6-4-2020	2-6-2020	1-9-2020
	Dag in het jaar	192	232	267	288	325	16	97	154	245
Meetresultaten	CO_2 stal [ppm]	1862	1963	1679	1563	3525	2487	1807	1395	1538
	CO_2 ingaand [ppm]	501	477	473	465	497	473	477	459	459
	Debiet [m^3/dier/uur]	17,2	30,1	42,0	36,9	9,5	24,1	28,4	55,7	35,8
	NH_3 stal [ppm]	11,9	13,5	12,0	10,5	33,3	15,7	2,0	2,3	13,3
	NH_3 ingaand [ppm]	0,21	0,22	0,26	0,23	0,14	0,28	0,15	0,12	0,04
	NH_3 emissie [kg/dierplaats/jaar]	1,21	2,40	2,88	2,23	1,88	2,26	0,32	0,69	2,81
	CH_4 stal [ppm]	238,1	172,5	113,0	109,1	221,2	136,4	115,0	83,5	53,9
	CH_4 ingaand [ppm]	3,3	3,1	11,4	3,6	2,8	3,7	2,8	2,5	2,1
	CH_4 emissie [kg/dierplaats/jaar]	22,9	28,9	23,5	21,6	11,7	18,3	18,1	24,3	10,3
	N_2O stal [ppm]	0,36	0,42	---	0,36	0,84	0,40	0,55	0,57	0,41
	N_2O ingaand [ppm]	0,33	0,37	---	0,33	0,34	0,32	0,45	0,52	0,38
	N_2O emissie [g/dierplaats/jaar]	8,15	23,07	---	12,24	73,24	32,23	44,26	39,28	16,36
	Geur stal [OU_E/m^3]	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	Geuremissie [OU_E/s/dierplaats]	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	PM10 stal [mg/m^3]	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	PM10 buiten [mg/m^3]	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	PM10 emissie [g/jaar/dierplaats]	---	---	---	---	---	---	---	---	---

VV3

In Tabel VV3.1 worden de productieresultaten tijdens de gemeten productieronden weergegeven. Op dit bedrijf hebben de dieren een groeitraject (opleg-afleveren) van 23-110 kg over een productieronde van gemiddeld 96 dagen.

Tabel VV3.1 *Productieresultaten en landelijk gemiddelden (Blanken e.a., 2022; Groenestein e.a., 2017).*

Kenmerk	Waarde	Landelijk gemiddelden
Lengte productieronde (dagen)	96	112
Gemiddeld gewicht (opleg)	23	25
Gemiddeld gewicht (afleveren)	110	125
Groei [g/dag/dier]	906	875
Ruweiwit voer [%]	15,3	16,0

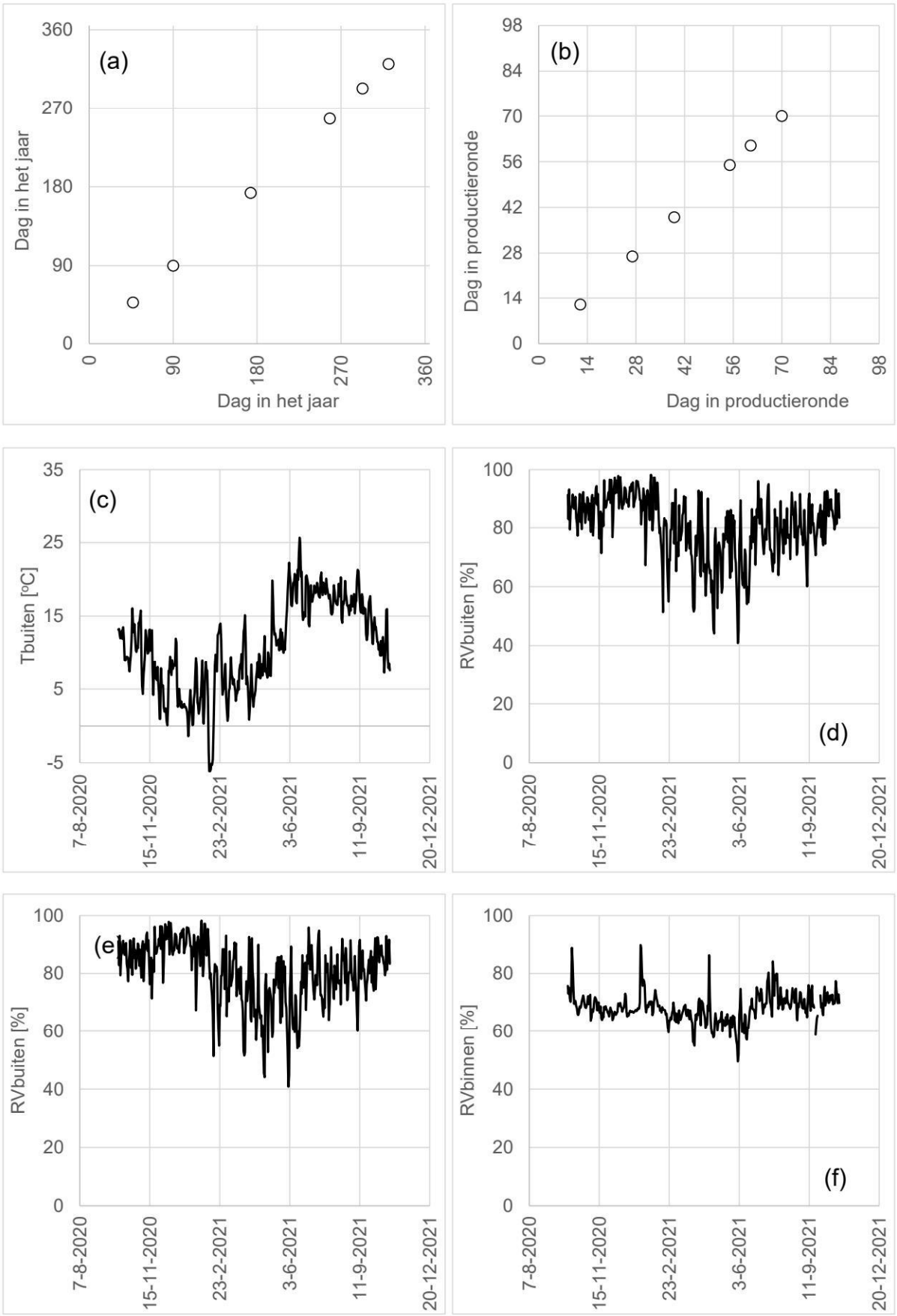
In Tabel VV3.2 worden de gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue als protocollaire metingen samengevat. De data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens en meetresultaten tijdens de protocollaire metingen, worden in Tabel VV3.3 en Tabel VV3.4 samengevat. Bij de bepaling van de jaaremissies is een leegstandsfactor van 0,97 (3% leegstand) toegepast (Groenestein en Aarnink, 2008).

De gerapporteerde resultaten hebben betrekking op metingen die in de periode 01/10/2020 – 24/10/2021 zijn uitgevoerd. In deze periode zijn er zes protocollaire metingen uitgevoerd, verdeeld over de verschillende seizoenen en binnen een productieronde (Figuur VV3.1). De gemiddelde dag in het jaar bij de protocollaire metingen was 197, de gemiddelde dag in de productieronde was 44. Bij de continue metingen waren de gemiddelde buitentemperatuur en relatieve luchtvochtigheid (Tabel VV3.2) vergelijkbaar met de langdurige 20-jaargemiddelden (2001-2020) bij het KNMI-weerstation in De Bilt (T: 10,7 °C; RV: 81%). Bij de protocollaire metingen was de gemiddelde buitentemperatuur hoger en de relatieve luchtvochtigheid iets lager dan de langdurige 20-jaargemiddelden. In Figuur VV3.1 worden de continue metingen voor een aantal klimaatparameters (gemeten binnentemperatuur en -luchtvochtigheid; buitentemperatuur en relatieve luchtvochtigheid buiten bij het KNMI-meteostation De Bilt) grafisch weergegeven.

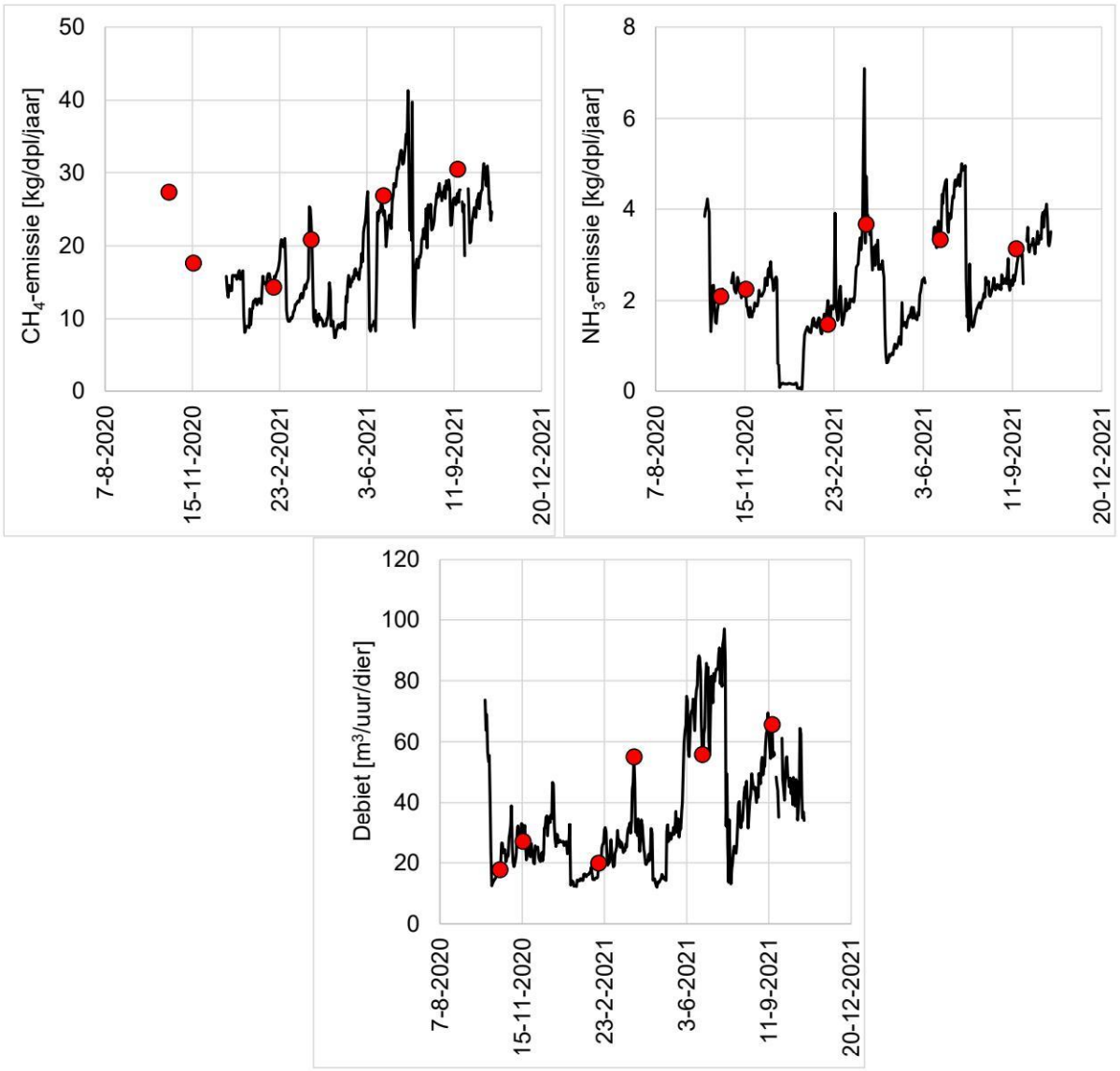
In Figuur VV3.2 worden per dag de ammoniak- en methaanemissies en het ventilatiedebiet voor de continue metingen weergegeven. **Op basis van alle meetgegevens (continue metingen)** werd een ventilatiedebiet gemeten van 36,2 m^3/uur per dier. De emissies van NH_3 en CH_4 op jaarbasis waren respectievelijk 2,2 kg NH_3/jaar/dierplaats en 18,1 kg CH_4/jaar/dierplaats. Voor N_2O, PM10 en geur zijn geen continue metingen uitgevoerd. **Op basis van de protocollaire metingen** werd een ventilatiedebiet gemeten van 40,2 m^3/uur per dier. De emissies van NH_3, CH_4, N_2O en geur op jaarbasis waren respectievelijk 2,6 kg NH_3/jaar/dierplaats, 22,2 kg CH_4/jaar/dierplaats, 12 g N_2O/jaar/dierplaats, en 20 OU_E/s per dierplaats. Voor PM10 zijn op deze locatie geen emissiemetingen uitgevoerd.

Tabel VV3.2 *Gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue als protocollaire metingen. Voor de emissies per dierplaats is een leegstandsfactor van 0,97 (3% leegstand) toegepast (Groenestein en Aarnink; 2008).* ---: niet gemeten.

	Kenmerk	Continue	Protocol
Klimaat	T-binnen [°C]	22,6 (9,6 : 28,9)	23,6 (22,5 : 24,9)
	RV-binnen [%]	68 (50 : 90)	66 (55 : 76)
	T-buiten [°C]	10,8 (-6,2 : 25,6)	12,6 (8,2 : 17,6)
	RV-buiten [%]	80 (41 : 98)	78 (53 : 88)
Resultaten	Aantal meetdagen	385	6
	Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]	36,2 (12,0 : 97,0)	40,2 (17,8 : 65,7)
	CO_2 stal [ppm]	1682 (793 : 2622)	1703 (1348 : 2078)
	CO_2 ingaand [ppm]	513 (474 : 615)	508 (456 : 615)
	Aantal meetdagen	371	6
	NH_3 stal [ppm]	11,3 (0,5 : 28,2)	12,1 (7,9 : 18,8)
	NH_3 ingaand [ppm]	0,10 (0,08 : 0,13)	0,11 (0,05 : 0,14)
	NH_3-emissie [kg/jaar per dierplaats]	2,2 (0,0 : 6,9)	2,6 (1,4 : 3,6)
	Aantal meetdagen	301	6
	CH_4 stal [ppm]	97 (25 : 264)	123 (68 : 264)
	CH_4 ingaand [ppm]	2,9 (2,8 : 3,1)	3,0 (2,6 : 3,4)
	CH_4-emissie [kg/jaar per dierplaats]	18,1 (7,2 : 40,1)	22,2 (13,9 : 29,6)
	Aantal meetdagen	---	6
	N_2O stal [ppm]	---	0,43 (0,34 : 0,51)
	N_2O ingaand [ppm]	---	0,41 (0,32 : 0,50)
	N_2O-emissie [g/jaar per dierplaats]	---	12,5 (4,2 : 24,5)
	Aantal meetdagen	---	6
	Geur stal [OU_E/m^3]	---	2375 (863 : 4624)
	Geuremissie [OU_E/s per dierplaats]	---	19,9 (8,8 : 81,8)
	Aantal meetdagen	---	---
	PM10 stal [mg/m^3]	---	---
	PM10 buiten [mg/m^3]	---	---
	PM10-emissie [g/jaar per dierplaats]	---	---



Figuur VV3.1 *a) Verdeling van de metingen over de seizoenen; b) Verdeling van de metingen over een productieronde; c) t/m f) Continue metingen van een aantal klimaatparameters. T: temperatuur; RV: relatieve vochtigheid.*



Figuur VV3.2. *Linksboven: CH_4-emissie [kg/jaar per dierplaats]; Rechtsboven: NH_3-emissie [kg/jaar per dierplaats]; Onder: Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]. De protocollaire metingen worden met rode cirkels weergegeven. De emissies in deze figuur zijn niet door leegstand gecorrigeerd.*

Tabel VV3.3 *Data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens tijdens de protocollaire metingen. ---: niet gemeten.*

		1	2	3	4	5	6
	Datum	19-10-2020	16-11-2020	16-2-2021	31-3-2021	22-6-2021	15-9-2021
	Dag in het jaar	293	321	47	90	173	258
Klimaat	T-binnen [ºC]	22,7	22,5	23,6	24,2	23,7	24,9
Klimaat	RV-binnen [%]	68,1	66,4	61,3	54,9	67,8	75,9
Klimaat	T-buiten [ºC]	9,7	10,3	8,2	15,1	14,5	17,6
Klimaat	RV-buiten [%]	82,0	83,8	83,3	52,7	79,1	88,0
Management	Aantal dieren	54	54	54	54	54	54
Management	Dag in de ronde	12	39	27	70	61	55
Management	Gewicht dieren [kg]	---	---	---	---	---	---
Management	Groei [kg/dag/dier]	---	---	---	---	---	---
Management	Voeropname [kg/dier/dag]	---	---	---	---	---	---
Management	Ruweiwit voer [%]	---	---	---	---	---	---
Management	Energiewaarde voer [MJ/kg]	---	---	---	---	---	---

***Tabel VV3.4**. Data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd en meetresultaten (ventilatiedebiet, concentraties en emissies (gecorrigeerd voor een leegstand van 3% volgens Groenestein en Aarnink (2008)) tijdens de protocollaire metingen. ---: niet gemeten.*

		1	2	3	4	5	6
	Datum	19-10-2020	16-11-2020	16-2-2021	31-3-2021	22-6-2021	15-9-2021
	Dag in het jaar	293	321	47	90	173	258
Meetresultaten	CO_2 stal [ppm]	1896	1770	2078	1652	1472	1348
	CO_2 ingaand [ppm]	473	474	479	547	456	615
	Debiet [m^3/dier/uur]	17,8	27,1	19,9	55,1	55,9	65,7
	NH_3 stal [ppm]	18,8	13,5	12,1	10,8	9,7	7,9
	NH_3 ingaand [ppm]	0,05	0,14	0,13	0,11	0,08	0,13
	NH_3 emissie [kg/dierplaats/jaar]	2,03	2,18	1,44	3,56	3,24	3,04
	CH_4 stal [ppm]	264,1	114,1	126,2	68,0	84,7	83,0
	CH_4 ingaand [ppm]	3,0	3,0	2,9	3,4	2,6	3,0
	CH_4 emissie [kg/dierplaats/jaar]	26,5	17,1	13,9	20,2	26,1	29,6
	N_2O stal [ppm]	0,51	0,39	0,47	0,34	0,42	0,44
	N_2O ingaand [ppm]	0,50	0,38	0,44	0,32	0,41	0,41
	N_2O emissie [g/dierplaats/jaar]	4,19	6,35	9,31	17,24	13,08	24,53
	Geur stal [OU_E/m^3]	1906	2524	1636	863	2696	4624
	Geuremissie [OU_E/s/dierplaats]	9,1	18,4	8,8	12,8	40,6	81,8
	PM10 stal [mg/m^3]	---	---	---	---	---	---
	PM10 buiten [mg/m^3]	---	---	---	---	---	---
	PM10 emissie [g/jaar/dierplaats]	---	---	---	---	---	---

VV4

In Tabel VV4.1 worden de productieresultaten tijdens de gemeten productieronden weergegeven. Op dit bedrijf hebben de dieren een groeitraject (opleg-afleveren) van 25-120 kg over een productieronde van gemiddeld 110 dagen.

Tabel VV4.1 *Productieresultaten en landelijk gemiddelden (Blanken e.a., 2022; Groenestein e.a., 2017). ---: niet bekend.*

Kenmerk	Waarde	Landelijk gemiddelden
Lengte productieronde (dagen)	110	112
Gemiddeld gewicht (opleg)	25	25
Gemiddeld gewicht (afleveren)	120	125
Groei [g/dag/dier]	864	875
Ruweiwit voer [%]	16,0	16,0

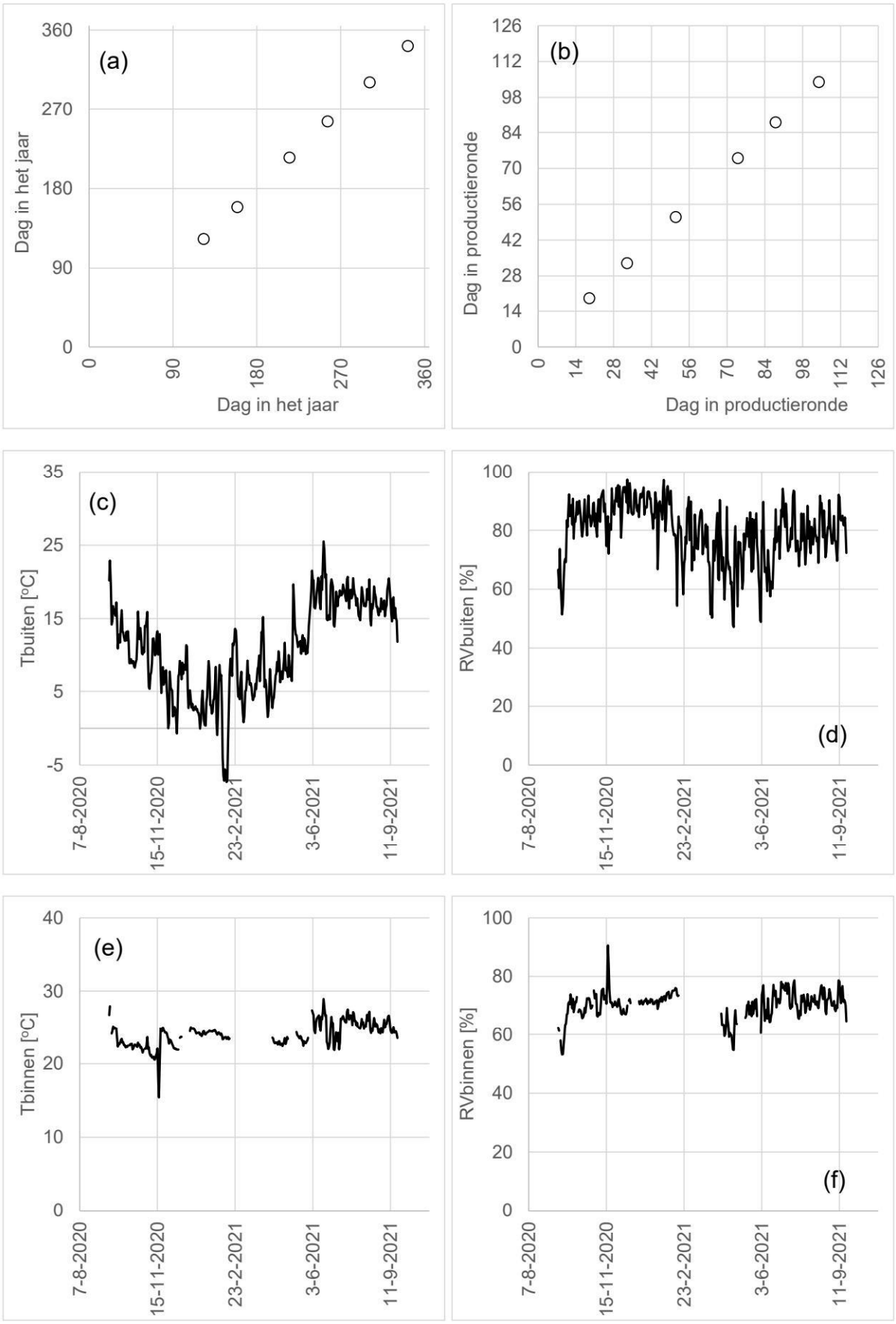
In Tabel VV4.2 worden de gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue als protocollaire metingen samengevat. De data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens en meetresultaten tijdens de protocollaire metingen, worden in Tabel VV4.3 en Tabel VV4.4 samengevat. Bij de bepaling van de jaaremissies is een leegstandsfactor van 0,97 (3% leegstand) toegepast (Groenestein en Aarnink, 2008).

De gerapporteerde resultaten hebben betrekking op metingen die in de periode 14/09/2020 – 20/09/2021 zijn uitgevoerd. In deze periode zijn er zes protocollaire metingen uitgevoerd, verdeeld over de verschillende seizoenen en binnen een productieronde (Figuur VV4.1). De gemiddelde dag in het jaar bij de protocollaire metingen was 233, de gemiddelde dag in de productieronde was 62. Bij de continue metingen waren de gemiddelde buitentemperatuur en relatieve luchtvochtigheid (Tabel VV4.2) vergelijkbaar met de langdurige 20-jaargemiddelden (2001-2020) bij het KNMI-weerstation in De Bilt (T: 10,7 °C; RV: 81%). Bij de protocollaire metingen was de gemiddelde buitentemperatuur hoger en de relatieve luchtvochtigheid iets lager dan de langdurige 20-jaargemiddelden. In Figuur VV4.1 worden de continue metingen voor een aantal klimaatparameters (gemeten binnentemperatuur en -luchtvochtigheid; buitentemperatuur en relatieve luchtvochtigheid buiten bij het KNMI-meteostation De Bilt) grafisch weergegeven.

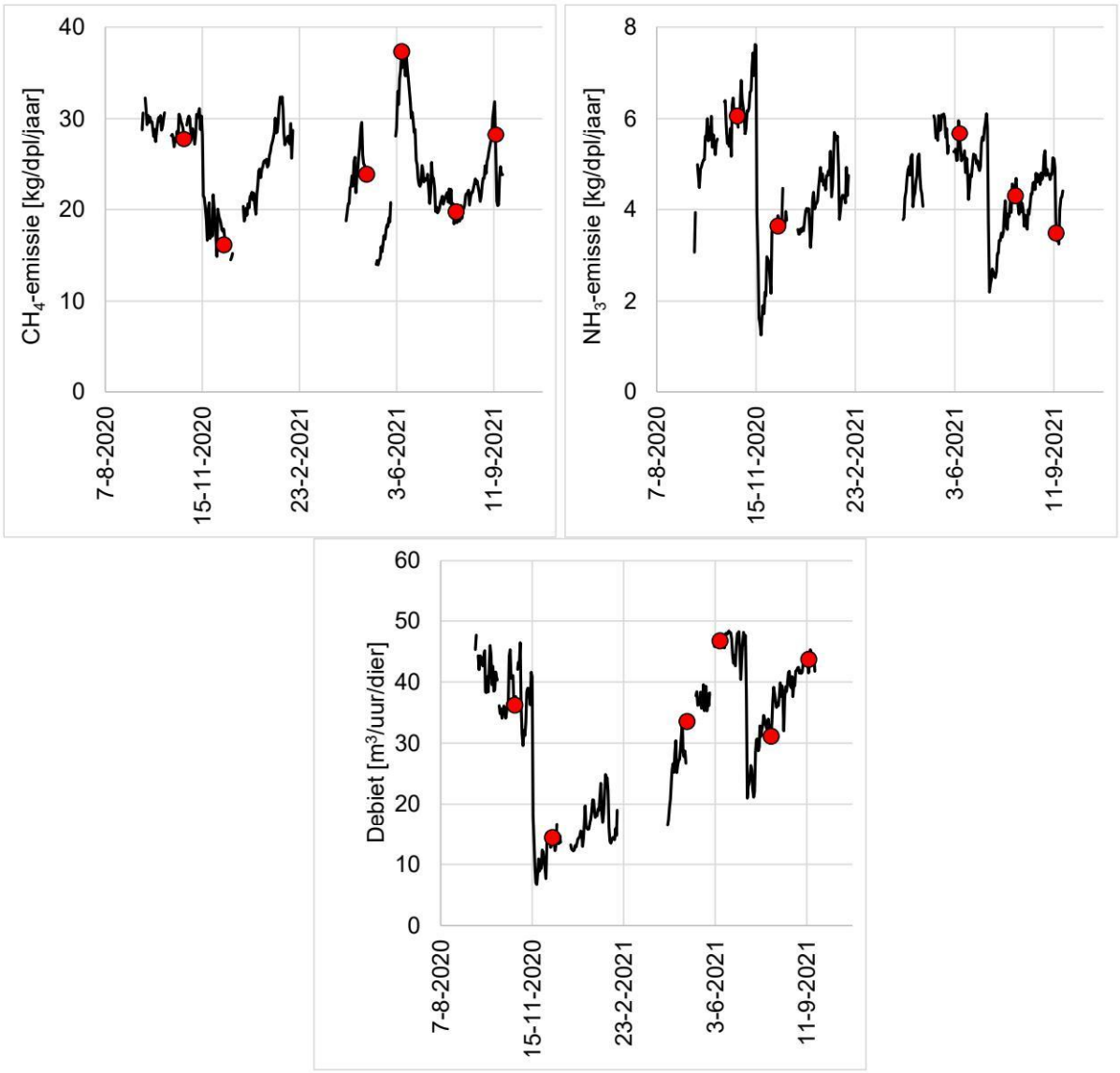
In Figuur VV4.2 worden per dag de ammoniak- en methaanemissies en het ventilatiedebiet voor de continue metingen weergegeven. **Op basis van alle meetgegevens (continue metingen)** werd een ventilatiedebiet gemeten van 31,5 m^3/uur per dier. De emissies van NH_3 en CH_4 op jaarbasis waren respectievelijk 4,5 kg NH_3/jaar/dierplaats en 23,6 kg CH_4/jaar/dierplaats. Voor N_2O, PM10 en geur zijn geen continue metingen uitgevoerd. **Op basis van de protocollaire metingen** werd een ventilatiedebiet gemeten van 34,3 m^3/uur per dier. De emissies van NH_3, CH_4, N_2O en geur op jaarbasis waren respectievelijk 4,5 kg NH_3/jaar/dierplaats, 24,8 kg CH_4/jaar/dierplaats, 29 g N_2O/jaar/dierplaats, en 45 OU_E/s per dierplaats. Voor PM10 zijn op deze locatie geen emissiemetingen uitgevoerd.

Tabel VV4.2 *Gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue als protocollaire metingen. Voor de emissies per dierplaats is een leegstandsfactor van 0,97 (3% leegstand) toegepast (Groenestein en Aarnink; 2008).* ---: niet gemeten.

	Kenmerk	Continue	Protocol
Klimaat	T-binnen [°C]	24,0 (15,4 : 28,9)	23,7 (21,5 : 26,2)
	RV-binnen [%]	70 (53 : 91)	68 (61 : 71)
	T-buiten [°C]	10,8 (-7,3 : 25,5)	11,8 (2,9 : 18,5)
	RV-buiten [%]	79 (47 : 97)	78 (54 : 95)
Resultaten	Aantal meetdagen	290	6
	Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]	31,5 (6,7 : 48,4)	34,3 (14,4 : 46,8)
	CO_2 stal [ppm]	2406 (713 : 4804)	1948 (1458 : 2535)
	CO_2 ingaand [ppm]	528 (498 : 564)	532 (454 : 567)
	Aantal meetdagen	285	5
	NH_3 stal [ppm]	29,2 (11,0 : 50,9)	24,9 (13,6 : 41,2)
	NH_3 ingaand [ppm]	0,23 (0,06 : 0,73)	0,28 (0,09 : 0,74)
	NH_3-emissie [kg/jaar per dierplaats]	4,5 (1,2 : 7,4)	4,5 (3,4 : 5,9)
	Aantal meetdagen	285	6
	CH_4 stal [ppm]	176 (50 : 512)	140 (116 : 200)
	CH_4 ingaand [ppm]	7,3 (3,9 : 24,5)	5,8 (2,5 : 7,5)
	CH_4-emissie [kg/jaar per dierplaats]	23,6 (13,5 : 36,0)	24,8 (15,7 : 36,2)
	Aantal meetdagen	---	6
	N_2O stal [ppm]	---	0,45 (0,41 : 0,49)
	N_2O ingaand [ppm]	---	0,39 (0,34 : 0,43)
	N_2O-emissie [g/jaar per dierplaats]	---	29,4 (16,0 : 53,6)
	Aantal meetdagen	---	5
	Geur stal [OU_E/m^3]	---	4609 (3299 : 6875)
	Geuremissie [OU_E/s per dierplaats]	---	45,4 (29,8 : 86,6)
	Aantal meetdagen	---	---
	PM10 stal [mg/m^3]	---	---
	PM10 buiten [mg/m^3]	---	---
	PM10-emissie [g/jaar per dierplaats]	---	---



Figuur VV4.1 *a) Verdeling van de metingen over de seizoenen; b) Verdeling van de metingen over een productieronde; c) t/m f) Continue metingen van een aantal klimaatparameters. T: temperatuur; RV: relatieve vochtigheid.*



***Figuur VV4.2**. Linksboven: CH_4-emissie [kg/jaar per dierplaats]; Rechtsboven: NH_3-emissie [kg/jaar per dierplaats]; Onder: Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]. De protocollaire metingen worden met rode cirkels weergegeven. De emissies in deze figuur zijn niet door leegstand gecorrigeerd.*

Tabel VV4.3 *Data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens tijdens de protocollaire metingen. ---: niet gemeten.*

		1	2	3	4	5	6
	Datum	27-10-2020	7-12-2020	3-5-2021	8-6-2021	3-8-2021	13-9-2021
	Dag in het jaar	301	342	123	159	215	256
Klimaat	T-binnen [ºC]	21,5	22,1	23,6	26,2	24,8	24,2
	RV-binnen [%]	69,3	68,9	61,3	68,0	70,8	70,9
	T-buiten [ºC]	10,1	2,9	10,0	18,5	14,8	14,6
	RV-buiten [%]	82,3	94,7	54,2	67,3	83,1	83,4
Management	Aantal dieren	64	64	64	64	64	64
	Dag in de ronde	104	19	51	88	33	74
	Gewicht dieren [kg]	---	---	---	---	---	---
	Groei [kg/dag/dier]	---	---	---	---	---	---
	Voeropname [kg/dier/dag]	---	---	---	---	---	---
	Ruweiwit voer [%]	---	---	---	---	---	---
	Energiewaarde voer [MJ/kg]	---	---	---	---	---	---

***Tabel VV4.4**. Data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd en meetresultaten (ventilatiedebiet, concentraties en emissies (gecorrigeerd voor een leegstand van 3% volgens Groenestein en Aarnink (2008)) tijdens de protocollaire metingen. ---: niet gemeten.*

		1	2	3	4	5	6
	Datum	27-10-2020	7-12-2020	3-5-2021	8-6-2021	3-8-2021	13-9-2021
	Dag in het jaar	301	342	123	159	215	256
Meetresultaten	CO_2 stal [ppm]	2057	2535	1867	1895	1873	1458
	CO_2 ingaand [ppm]	454	542	552	562	567	513
	Debiet [m^3/dier/uur]	36,3	14,4	33,5	46,8	31,2	43,7
	NH_3 stal [ppm]	27,2	41,2	---	19,7	22,6	13,6
	NH_3 ingaand [ppm]	0,09	0,09	---	0,18	0,29	0,74
	NH_3 emissie [kg/dierplaats/jaar]	5,88	3,53	---	5,50	4,17	3,38
	CH_4 stal [ppm]	134,2	199,7	128,1	144,1	116,7	116,1
	CH_4 ingaand [ppm]	2,5	5,6	6,4	7,3	7,5	5,7
	CH_4 emissie [kg/dierplaats/jaar]	26,9	15,7	23,1	36,2	19,2	27,4
	N_2O stal [ppm]	0,44	0,41	0,49	0,47	0,47	0,42
	N_2O ingaand [ppm]	0,36	0,34	0,38	0,43	0,43	0,40
	N_2O emissie [g/dierplaats/jaar]	42,17	16,67	53,61	29,13	16,01	18,52
	Geur stal [OU_E/m^3]	4250	---	3299	6875	3747	4874
	Geuremissie [OU_E/s/dierplaats]	41,5	---	29,8	86,6	31,5	57,4
	PM10 stal [mg/m^3]	---	---	---	---	---	---
	PM10 buiten [mg/m^3]	---	---	---	---	---	---
	PM10 emissie [g/jaar/dierplaats]	---	---	---	---	---	---

Bijlage I Resultaten per bedrijf: Dragende zeugen

DZ1

In Tabel DZ1.1 worden een aantal productiekenmerken voor deze locatie weergegeven en met de landelijke gemiddelden vergeleken.

Tabel DZ1.1 *Productieresultaten en landelijk gemiddelden (Blanken e.a., 2022; Groenestein e.a., 2017).*

Kenmerk	Waarde	Landelijk gemiddelden
Gemiddeld gewicht [kg]	290	---
Voeropname [kg/dier/dag]	2,8	2,5
Ruweiwit voer [%]	13,0	13,0
EW voer [MJ/kg]	1,03	0,97

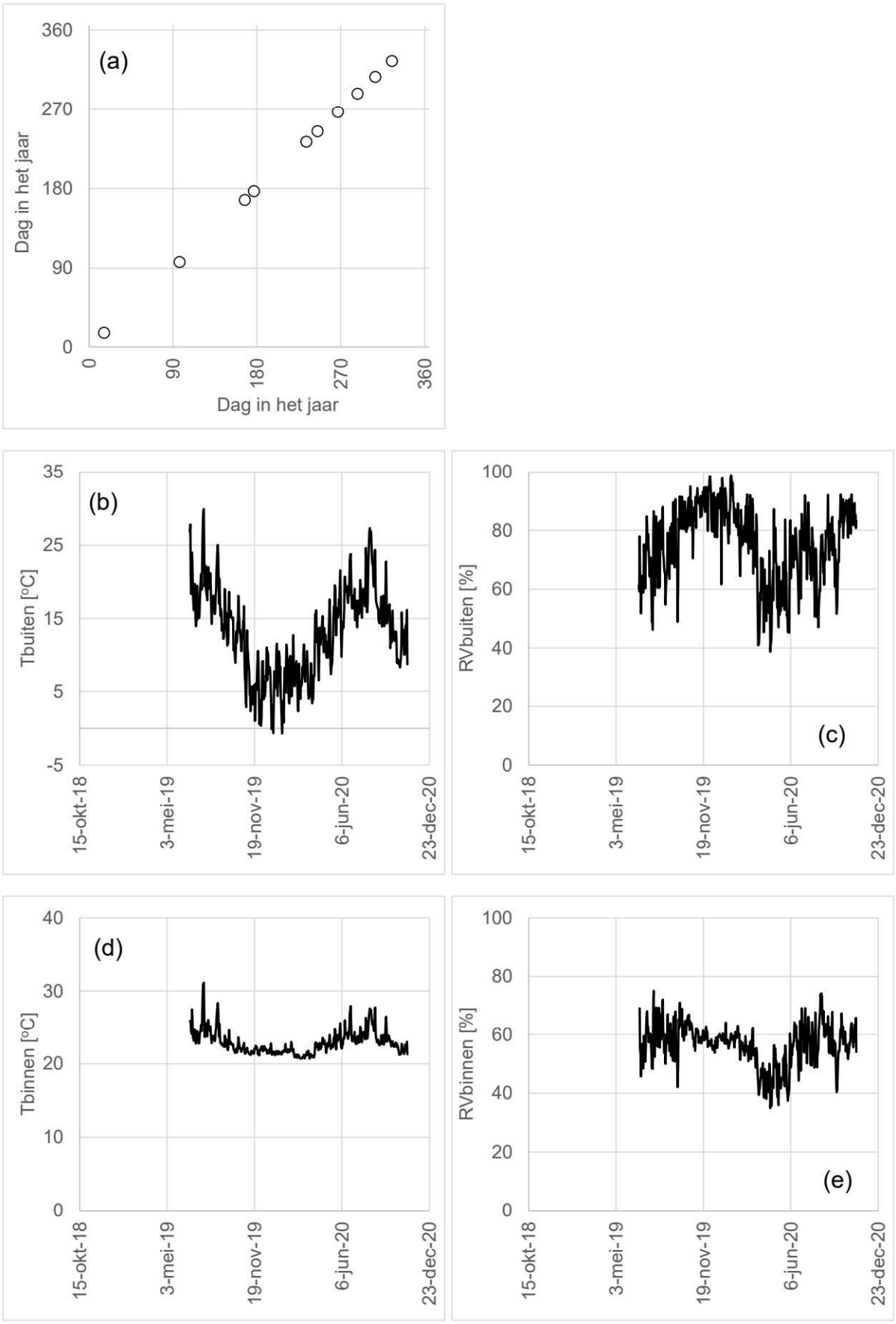
In Tabel DZ1.2 worden de gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue als protocollaire metingen samengevat. De data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens en meetresultaten tijdens de protocollaire metingen, worden in Tabel DZ1.3 en Tabel DZ1.4 samengevat. Bij de bepaling van de jaaremissies is een leegstandsfactor van 0,97 (3% leegstand) toegepast (Groenestein en Aarnink, 2008).

De gerapporteerde resultaten hebben betrekking op metingen die in de periode 24/06/2019 – 03/11/2020 zijn uitgevoerd. In deze periode zijn er tien protocollaire metingen uitgevoerd, verdeeld over de verschillende seizoenen (Figuur DZ1.1). De gemiddelde dag in het jaar bij de protocollaire metingen was 212. Bij zowel de continue als de protocollaire metingen was de gemiddelde buitentemperatuur (Tabel DZ1.2) hoger en de relatieve luchtvochtigheid iets lager dan de langdurige 20-jaargemiddelden (2001-2020) bij het KNMI-weerstation in De Bilt (T: 10,7 °C; RV: 81%). In Figuur DZ1.1 worden de continue metingen voor een aantal klimaatparameters (gemeten binnentemperatuur en -luchtvochtigheid; buitentemperatuur en relatieve luchtvochtigheid buiten bij het KNMI-meteostation De Bilt) grafisch weergegeven.

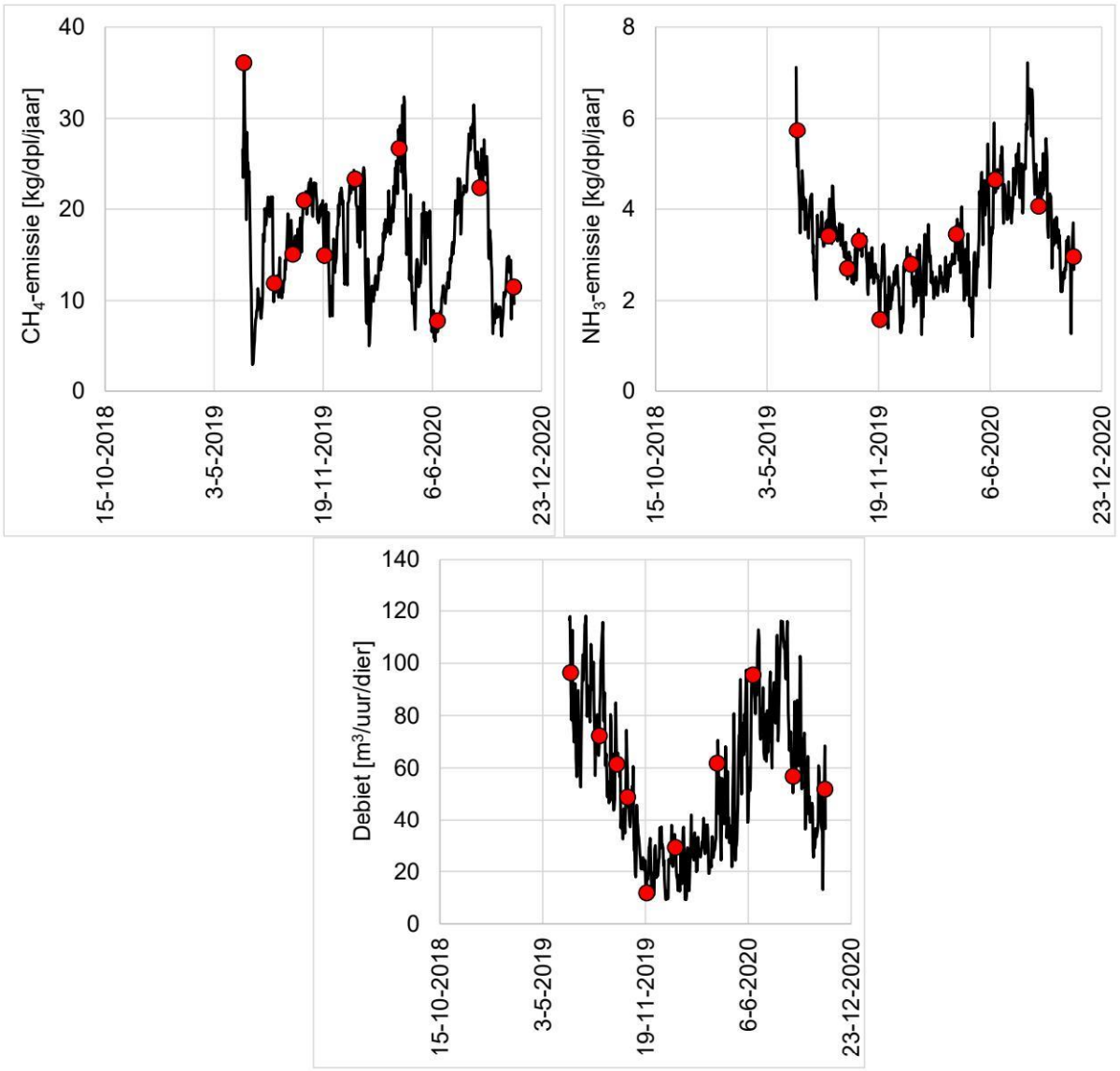
In Figuur DZ1.2 worden per dag de ammoniak- en methaanemissies en het ventilatiedebiet voor de continue metingen weergegeven. **Op basis van alle meetgegevens (continue metingen)** werd een ventilatiedebiet gemeten van 54,0 m^3/uur per dier. De emissies van NH_3 en CH_4 op jaarbasis waren respectievelijk 3,3 kg NH_3/jaar/dierplaats en 16,3 kg CH_4/jaar/dierplaats. Voor N_2O, PM10 en geur zijn geen continue metingen uitgevoerd. **Op basis van de protocollaire metingen** werd een ventilatiedebiet gemeten van 58,6 m^3/uur per dier. De emissies van NH_3, CH_4 en N_2O op jaarbasis waren respectievelijk 3,4 kg NH_3/jaar/dierplaats, 18,9 kg CH_4/jaar/dierplaats, en 65 g N_2O/jaar/dierplaats. Voor geur en PM10 zijn op deze locatie geen emissiemetingen uitgevoerd.

Tabel DZ1.2 *Gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue als protocollaire metingen. Voor de emissies per dierplaats is een leegstandsfactor van 0,97 (3% leegstand) toegepast (Groenestein en Aarnink; 2008).* ---: niet gemeten.

	Kenmerk	Continue	Protocol
Klimaat	T-binnen [°C]	22,9 (20,7 : 31,2)	22,9 (21,5 : 25,1)
	RV-binnen [%]	56 (35 : 75)	58 (43 : 66)
	T-buiten [°C]	12,9 (-0,7 : 29,9)	13,8 (4,0 : 19,7)
	RV-buiten [%]	75 (39 : 99)	77 (58 : 91)
Resultaten	Aantal meetdagen	499	10
	Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]	54,0 (9,2 : 118,1)	58,6 (11,9 : 96,5)
	CO_2 stal [ppm]	1520 (767 : 3051)	1405 (875 : 2695)
	CO_2 ingaand [ppm]	657 (467 : 1278)	642 (467 : 1129)
	Aantal meetdagen	499	10
	NH_3 stal [ppm]	12,5 (4,3 : 34,7)	11,4 (7,3 : 21,8)
	NH_3 ingaand [ppm]	---	0,56 (0,08 : 1,31)
	NH_3-emissie [kg/jaar per dierplaats]	3,3 (1,2 : 7,0)	3,4 (1,5 : 5,7)
	Aantal meetdagen	499	10
	CH_4 stal [ppm]	80 (15 : 237)	83 (17 : 225)
	CH_4 ingaand [ppm]	---	7,2 (3,5 : 12,2)
	CH_4-emissie [kg/jaar per dierplaats]	16,3 (2,8 : 35,3)	18,9 (7,6 : 37,7)
	Aantal meetdagen	---	9
	N_2O stal [ppm]	---	0,48 (0,35 : 0,72)
	N_2O ingaand [ppm]	---	0,43 (0,29 : 0,62)
	N_2O-emissie [g/jaar per dierplaats]	---	64,8 (19,0 : 143,1)
	Aantal meetdagen	---	---
	Geur stal [OU_E/m^3]	---	---
	Geuremissie [OU_E/s per dierplaats]	---	---
	Aantal meetdagen	---	---
	PM10 stal [mg/m^3]	---	---
	PM10 buiten [mg/m^3]	---	---
	PM10-emissie [g/jaar per dierplaats]	---	---



Figuur DZ1.1 *a) Verdeling van de metingen over de seizoenen; b) t/m e) Continue metingen van een aantal klimaatparameters. T: temperatuur; RV: relatieve vochtigheid.*



***Figuur DZ1.2**. Linksboven: CH_4-emissie [kg/jaar per dierplaats]; Rechtsboven: NH_3-emissie [kg/jaar per dierplaats]; Onder: Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]. De protocollaire metingen worden met rode cirkels weergegeven. De emissies in deze figuur zijn niet door leegstand gecorrigeerd.*

Tabel DZ1.3 *Data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens tijdens de protocollaire metingen. ---: niet van toepassing.*

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Datum	26-6-2019	21-8-2019	24-9-2019	15-10-2019	21-11-2019	16-1-2020	6-4-2020	15-6-2020	1-9-2020	2-11-2020
	Dag in het jaar	177	233	267	288	325	16	97	167	245	307
Klimaat	T-binnen [°C]	25,1	23,8	22,7	22,4	22,2	21,5	22,5	24,1	22,7	22,2
Klimaat	RV-binnen [%]	62,2	53,8	63,8	66,4	58,4	56,3	43,3	61,4	53,7	60,0
Klimaat	T-buiten [°C]	19,7	16,9	15,3	14,0	4,0	7,6	14,3	19,2	15,1	12,4
Klimaat	RV-buiten [%]	72,1	66,6	83,3	90,8	90,1	82,1	57,6	75,4	70,2	82,0
Management	Aantal dieren	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
Management	Dag in de ronde	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Management	Gewicht dieren [kg]	280,0	290,0	290,0	290,0	290,0	290,0	290,0	290,0	290,0	290,0
Management	Groei [kg/dag/dier]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Management	Voeropname [kg/dier/dag]	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75
Management	Ruweiwit voer [%]	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	12,0	12,0	12,0	12,0
Management	Energiewaarde voer [MJ/kg]	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03

***Tabel DZ1.4**. Data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd en meetresultaten (ventilatiedebiet, concentraties en emissies (gecorrigeerd voor een leegstand van 3% volgens Groenestein en Aarnink (2008)) tijdens de protocollaire metingen. ---: niet gemeten.*

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Datum	26-6-2019	21-8-2019	24-9-2019	15-10-2019	21-11-2019	16-1-2020	6-4-2020	15-6-2020	1-9-2020	2-11-2020
	Dag in het jaar	177	233	267	288	325	16	97	167	245	307
Meetresultaten	CO_2 stal [ppm]	978	1256	1160	1356	2695	1910	1266	875	1195	1362
	CO_2 ingaand [ppm]	---	824	467	520	---	---	526	511	1129	519
	Debiet [m^3/dier/uur]	96,5	72,3	61,5	48,9	11,9	29,2	61,9	95,6	56,8	51,9
	NH_3 stal [ppm]	10,2	8,2	7,3	11,0	21,8	15,5	9,2	8,6	12,0	10,5
	NH_3 ingaand [ppm]	---	0,70	0,14	0,08	---	---	0,36	0,74	0,55	1,31
	NH_3 emissie [kg/dierplaats/jaar]	5,6	3,3	2,6	3,2	1,5	2,7	3,3	4,5	3,9	2,9
	CH_4 stal [ppm]	72,4	36,6	52,2	85,9	224,6	143,2	77,3	17,5	73,5	42,5
	CH_4 ingaand [ppm]	---	8,7	10,0	12,2	---	---	4,5	3,5	6,6	4,6
	CH_4 emissie [kg/dierplaats/jaar]	35,0	11,6	14,6	20,3	14,5	22,6	25,9	7,6	21,7	11,2
	N_2O stal [ppm]	0,43	0,42	---	0,46	0,48	0,49	0,53	0,72	0,46	0,35
	N_2O ingaand [ppm]	0,39	0,39	---	0,40	0,43	0,43	0,46	0,62	0,43	0,29
	N_2O emissie [g/dierplaats/jaar]	62,03	34,10	---	40,36	9,44	26,95	65,02	143,14	18,97	49,23
	Geur stal [OU_E/m^3]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	Geuremissie [OU_E/s/dierplaats]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	PM10 stal [mg/m^3]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	PM10 buiten [mg/m^3]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	PM10 emissie [g/jaar/dierplaats]	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

DZ2

In Tabel DZ2.1 worden een aantal productiekenmerken voor deze locatie weergegeven en met de landelijke gemiddelden vergeleken.

Tabel DZ2.1 *Productieresultaten en landelijk gemiddelden (Blanken e.a., 2022; Groenestein e.a., 2017).*

Kenmerk	Waarde	Landelijk gemiddelden
Gemiddeld gewicht [kg]	231	---
Voeropname [kg/dier/dag]	3,3	2,5
Ruweiwit voer [%]	12,3	13,0
EW voer [MJ/kg]	1,05	0,97

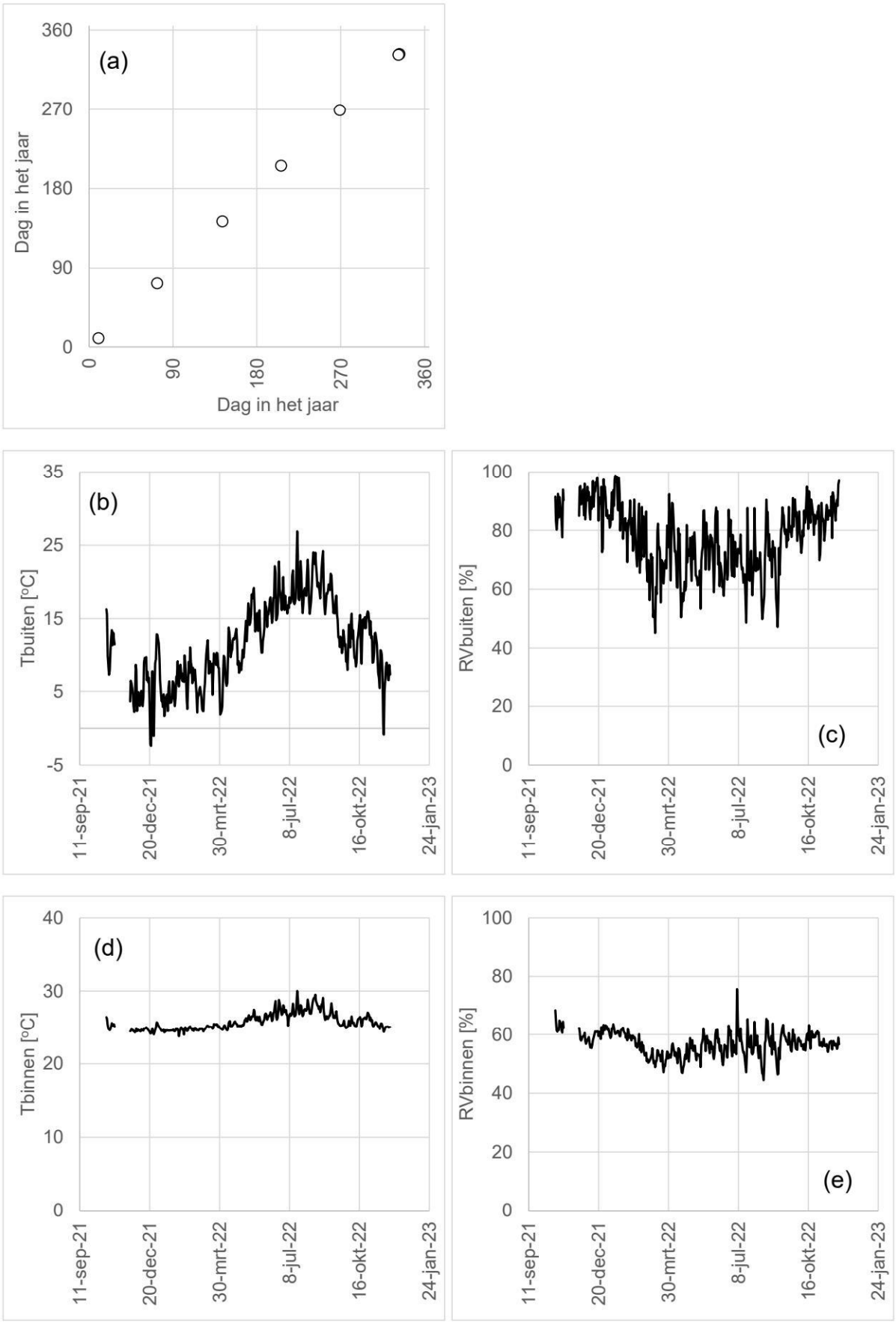
In Tabel DZ2.2 worden de gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue als protocollaire metingen samengevat. De data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens en meetresultaten tijdens de protocollaire metingen, worden in Tabel DZ2.3 en Tabel DZ2.4 samengevat. Bij de bepaling van de jaaremissies is een leegstandsfactor van 0,97 (3% leegstand) toegepast (Groenestein en Aarnink, 2008).

De gerapporteerde resultaten hebben betrekking op metingen die in de periode 19/10/2021 – 29/11/2022 zijn uitgevoerd. In deze periode zijn er zeven protocollaire metingen uitgevoerd, verdeeld over de verschillende seizoenen (Figuur DZ2.1). De gemiddelde dag in het jaar bij de protocollaire metingen was 195. Bij de continue metingen was de gemiddelde buitentemperatuur (Tabel DZ2.2) hoger en de relatieve luchtvochtigheid iets lager dan de langdurige 20-jaargemiddelden (2001-2020) bij het KNMI-weerstation in De Bilt (T: 10,7 °C; RV: 81%). Bij de protocollaire metingen was de buitentemperatuur lager en de relatieve luchtvochtigheid hoger dan de langdurige 20-jaargemiddelden. In Figuur DZ2.1 worden de continue metingen voor een aantal klimaatparameters (gemeten binnentemperatuur en -luchtvochtigheid; buitentemperatuur en relatieve luchtvochtigheid buiten bij het KNMI-meteostation De Bilt) grafisch weergegeven.

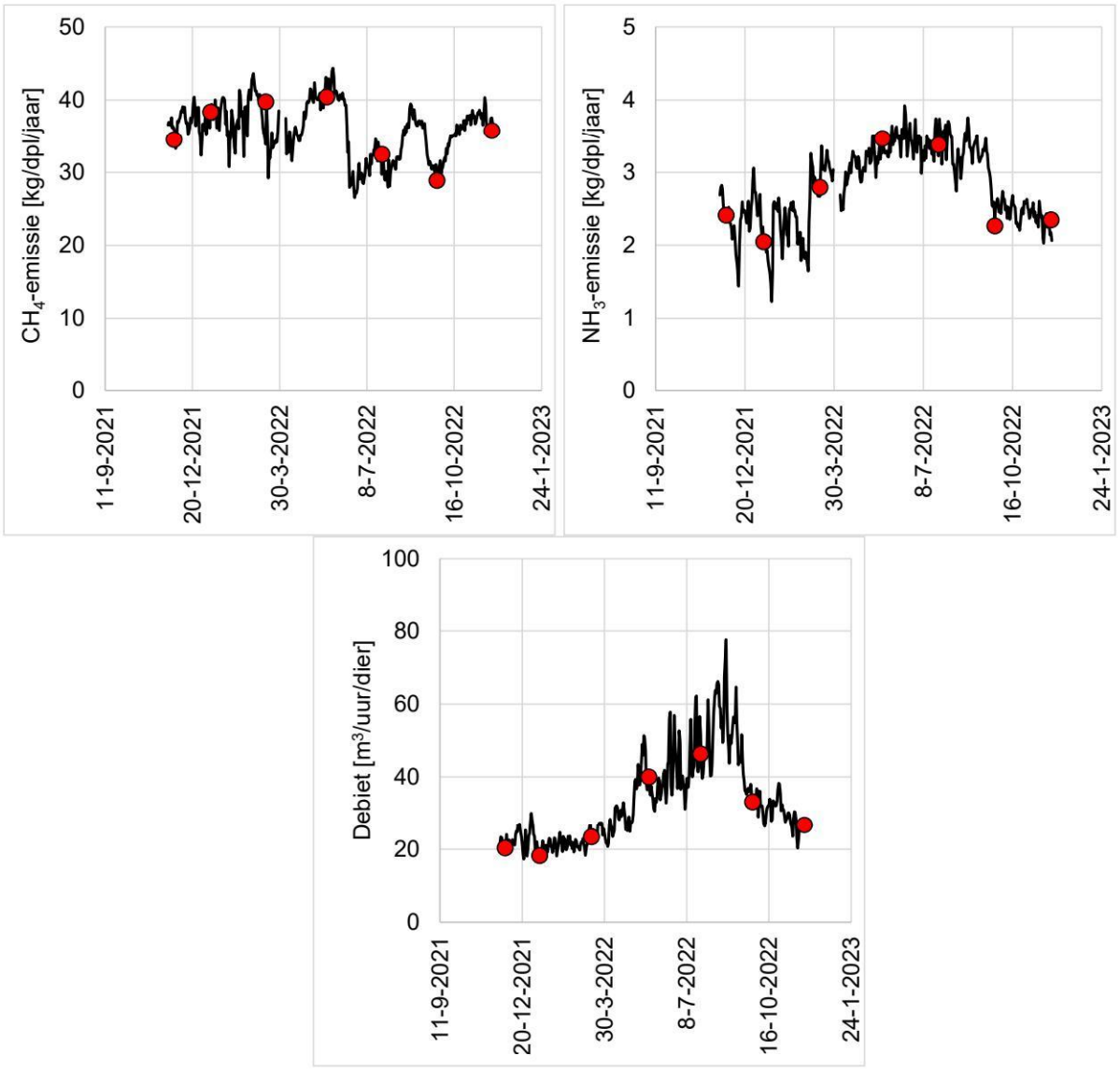
In Figuur DZ2.2 worden per dag de ammoniak- en methaanemissies en het ventilatiedebiet voor de continue metingen weergegeven. **Op basis van alle meetgegevens (continue metingen)** werd een ventilatiedebiet gemeten van 33,0 m^3/uur per dier. De emissies van NH_3 en CH_4 op jaarbasis waren respectievelijk 2,7 kg NH_3/jaar/dierplaats en 34,8 kg CH_4/jaar/dierplaats. Voor N_2O, PM10 en geur zijn geen continue metingen uitgevoerd. **Op basis van de protocollaire metingen** werd een ventilatiedebiet gemeten van 29,8 m^3/uur per dier. De emissies van NH_3, CH_4 en N_2O op jaarbasis waren respectievelijk 2,6 kg NH_3/jaar/dierplaats, 34,7 kg CH_4/jaar/dierplaats, en 184 g N_2O/jaar/dierplaats. Voor geur en PM10 zijn op deze locatie geen emissiemetingen uitgevoerd.

Tabel DZ2.2 *Gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue als protocollaire metingen. Voor de emissies per dierplaats is een leegstandsfactor van 0,97 (3% leegstand) toegepast (Groenestein en Aarnink; 2008).* ---: niet gemeten.

	Kenmerk	Continue	Protocol
Klimaat	T-binnen [°C]	25,8 (23,8 : 30,0)	25,5 (24,3 : 27,9)
	RV-binnen [%]	57 (44 : 76)	59 (55 : 64)
	T-buiten [°C]	11,5 (-2,4 : 26,9)	10,2 (1,7 : 21,0)
	RV-buiten [%]	77 (45 : 99)	85 (69 : 96)
Resultaten	Aantal meetdagen	373	7
	Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]	33,0 (17,3 : 77,6)	29,8 (18,3 : 46,3)
	CO_2 stal [ppm]	2394 (1010 : 4304)	2578 (1568 : 4018)
	CO_2 ingaand [ppm]	496 (435 : 633)	484 (423 : 573)
	Aantal meetdagen	366	7
	NH_3 stal [ppm]	17,1 (8,6 : 26,3)	17,7 (14,0 : 21,0)
	NH_3 ingaand [ppm]	0,76 (0,44 : 1,18)	0,70 (0,27 : 1,52)
	NH_3-emissie [kg/jaar per dierplaats]	2,7 (1,2 : 3,8)	2,6 (2,0 : 3,4)
	Aantal meetdagen	366	7
	CH_4 stal [ppm]	237 (91 : 429)	258 (138 : 404)
	CH_4 ingaand [ppm]	4,0 (3,0 : 6,1)	3,8 (2,4 : 7,7)
	CH_4-emissie [kg/jaar per dierplaats]	34,8 (25,7 : 43,0)	34,7 (28,0 : 39,2)
	Aantal meetdagen	---	7
	N_2O stal [ppm]	---	0,84 (0,74 : 1,00)
	N_2O ingaand [ppm]	---	0,39 (0,34 : 0,48)
	N_2O-emissie [g/jaar per dierplaats]	---	183,5 (116,6 : 251,8)
	Aantal meetdagen	---	---
	Geur stal [OU_E/m^3]	---	---
	Geuremissie [OU_E/s per dierplaats]	---	---
	Aantal meetdagen	---	---
	PM10 stal [mg/m^3]	---	---
	PM10 buiten [mg/m^3]	---	---
	PM10-emissie [g/jaar per dierplaats]	---	---



Figuur DZ2.1 *a) Verdeling van de metingen over de seizoenen; b) t/m e) Continue metingen van een aantal klimaatparameters. T: temperatuur; RV: relatieve vochtigheid.*



Figuur DZ2.2. *Linksboven: CH_4-emissie [kg/jaar per dierplaats]; Rechtsboven: NH_3-emissie [kg/jaar per dierplaats]; Onder: Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]. De protocollaire metingen worden met rode cirkels weergegeven. De emissies in deze figuur zijn niet door leegstand gecorrigeerd.*

Tabel DZ2.3 *Data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens tijdens de protocollaire metingen. ---: niet van toepassing.*

		1	2	3	4	5	6	7
	Datum	29-11-2021	10-1-2022	14-3-2022	23-5-2022	25-7-2022	26-9-2022	28-11-2022
	Dag in het jaar	333	10	73	143	206	269	332
Klimaat	T-binnen [°C]	24,3	24,3	25,1	26,5	27,9	25,1	25,0
	RV-binnen [%]	59,4	63,6	54,6	59,1	57,8	59,9	58,9
	T-buiten [°C]	4,3	1,7	9,0	15,8	21,0	11,5	8,6
	RV-buiten [%]	85,2	93,7	79,5	82,7	69,1	87,7	95,7
Management	Aantal dieren	278	253	275	235	254	216	258
	Dag in ronde	---	---	---	---	---	---	---
	Gewicht dieren [kg]	231,0	231,0	231,0	231,0	231,0	231,0	231,0
	Groei [kg/dag/dier]	---	---	---	---	---	---	---
	Voeropname [kg/dier/dag]	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25
	Ruweiwit voer [%]	12,3	12,3	12,3	12,3	12,3	12,3	12,3
	Energiewaarde voer [MJ/kg]	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05

***Tabel DZ2.4**. Data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd en meetresultaten (ventilatiedebiet, concentraties en emissies (gecorrigeerd voor een leegstand van 3% volgens Groenestein en Aarnink (2008)) tijdens de protocollaire metingen. ---: niet gemeten.*

		1	2	3	4	5	6	7
	Datum	29-11-2021	10-1-2022	14-3-2022	23-5-2022	25-7-2022	26-9-2022	28-11-2022
	Dag in het jaar	333	10	73	143	206	269	332
Meetresultaten	CO_2 stal [ppm]	3124	4018	2912	1883	1568	1990	2549
	CO_2 ingaand [ppm]	475	572	573	433	437	423	477
	Debiet [m^3/dier/uur]	20,4	18,3	23,5	40,0	46,3	33,2	26,8
	NH_3 stal [ppm]	19,6	20,8	21,0	17,7	14,0	14,9	16,0
	NH_3 ingaand [ppm]	0,27	0,85	1,52	0,64	0,76	0,37	0,51
	NH_3 emissie [kg/dierplaats/jaar]	2,4	2,0	2,8	3,5	3,4	2,3	2,4
	CH_4 stal [ppm]	296,9	404,2	298,8	214,1	138,3	200,1	253,8
	CH_4 ingaand [ppm]	2,4	7,7	4,4	3,1	3,4	2,6	3,3
	CH_4 emissie [kg/dierplaats/jaar]	34,5	38,4	39,8	40,5	32,5	28,9	35,8
	N_2O stal [ppm]	0,77	0,84	0,81	0,85	0,74	0,90	1,00
	N_2O ingaand [ppm]	0,38	0,39	0,48	0,39	0,34	0,37	0,38
	N_2O emissie [g/dierplaats/jaar]	126,24	120,24	123,73	239,63	259,63	212,19	242,42
	Geur stal [OU_E/m^3]	---	---	---	---	---	---	---
	Geuremissie [OU_E/s/dierplaats]	---	---	---	---	---	---	---
	PM10 stal [mg/m^3]	---	---	---	---	---	---	---
	PM10 buiten [mg/m^3]	---	---	---	---	---	---	---
	PM10 emissie [g/jaar/dierplaats]	---	---	---	---	---	---	---

DZ3

In Tabel DZ3.1 worden een aantal productiekenmerken voor deze locatie weergegeven en met de landelijke gemiddelden vergeleken.

Tabel DZ3.1 *Productieresultaten en landelijk gemiddelden (Blanken e.a., 2022; Groenestein e.a., 2017)*

Kenmerk	Waarde	Landelijk gemiddelden
Gemiddeld gewicht [kg]	225	---
Voeropname [kg/dier/dag]	2,8	2,5
Ruweiwit voer [%]	12,3	13,0
EW voer [MJ/kg]	1,03	0,97

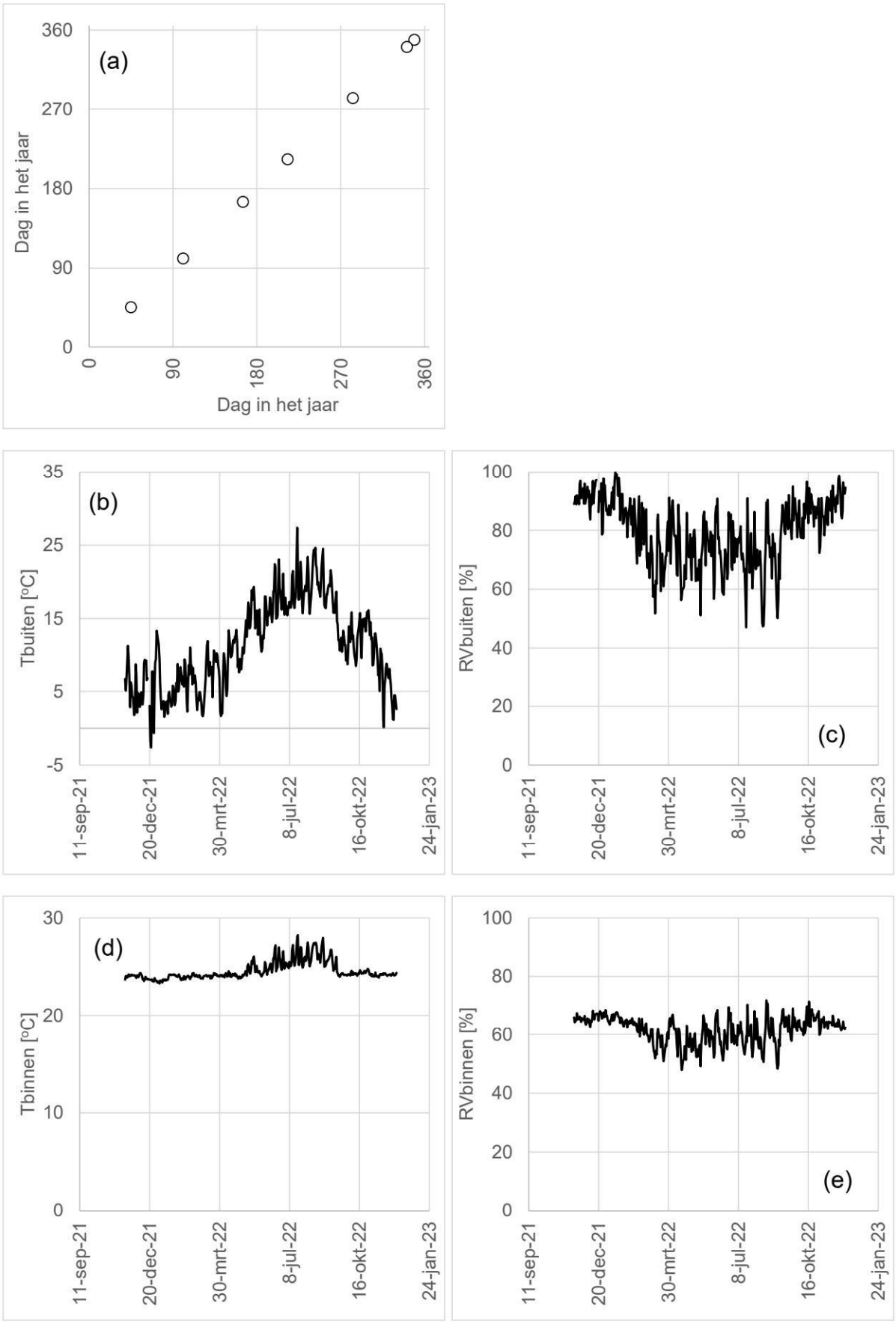
In Tabel DZ3.2 worden de gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue als protocollaire metingen samengevat. De data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens en meetresultaten tijdens de protocollaire metingen, worden in Tabel DZ3.3 en Tabel DZ3.4 samengevat. Bij de bepaling van de jaaremissies is een leegstandsfactor van 0,97 (3% leegstand) toegepast (Groenestein en Aarnink, 2008).

De gerapporteerde resultaten hebben betrekking op metingen die in de periode 15/11/2021 – 08/12/2022 zijn uitgevoerd. In deze periode zijn er zeven protocollaire metingen uitgevoerd, verdeeld over de verschillende seizoenen (Figuur DZ3.1). De gemiddelde dag in het jaar bij de protocollaire metingen was 214. Bij de continue metingen was de gemiddelde buitentemperatuur hoger dan en de relatieve luchtvochtigheid (Tabel DZ3.2) vergelijkbaar met de langdurige 20-jaargemiddelden (2001-2020) bij het KNMI-weerstation in De Bilt (T: 10,7 °C; RV: 81%). Bij de protocollaire metingen waren de gemiddelde buitentemperatuur en de relatieve luchtvochtigheid vergelijkbaar met de langdurige 20-jaargemiddelden. In Figuur DZ3.1 worden de continue metingen voor een aantal klimaatparameters (gemeten binnentemperatuur en -luchtvochtigheid; buitentemperatuur en relatieve luchtvochtigheid buiten bij het KNMI-meteostation De Bilt) grafisch weergegeven.

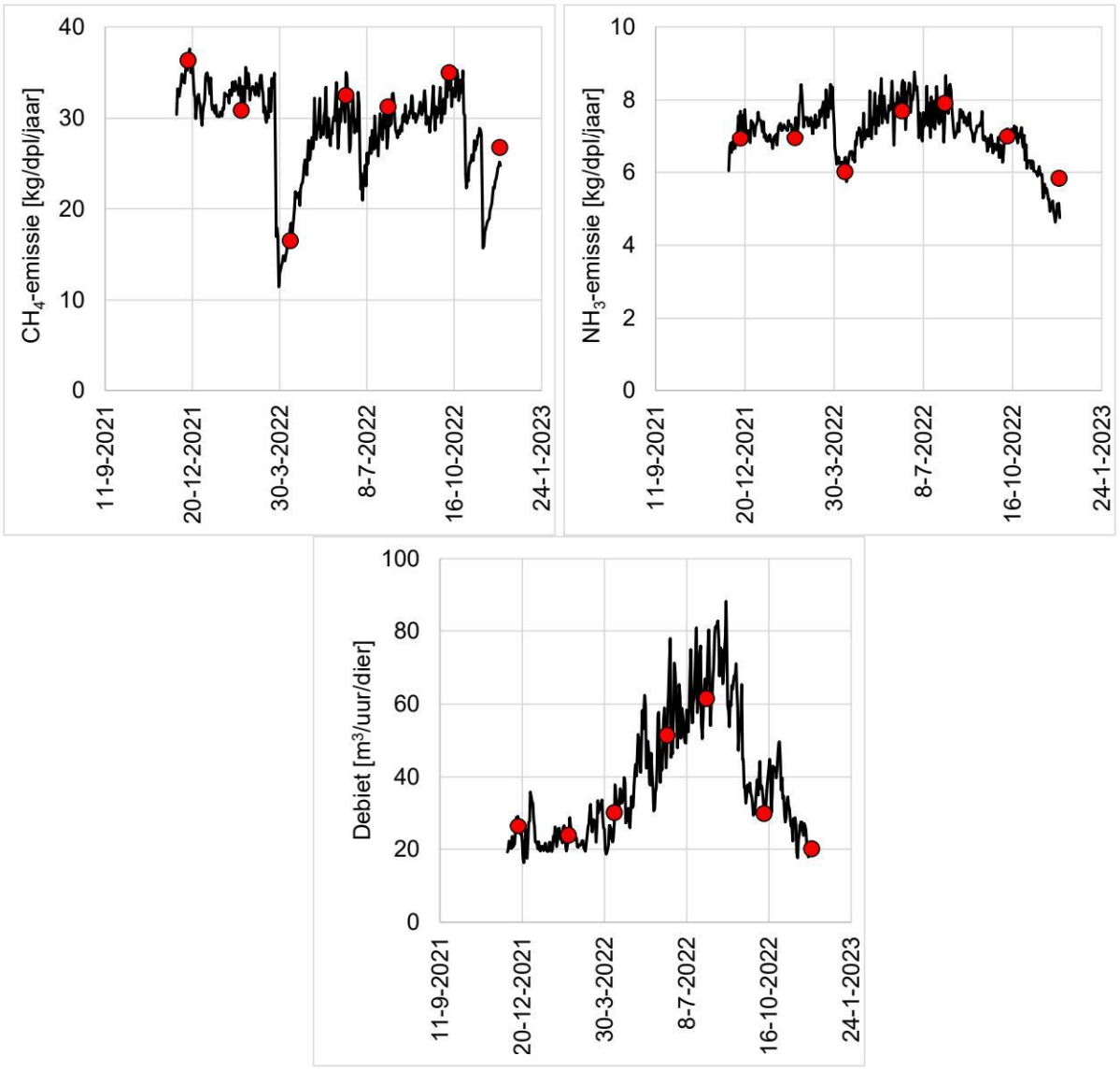
In Figuur DZ3.2 worden per dag de ammoniak- en methaanemissies en het ventilatiedebiet voor de continue metingen weergegeven. **Op basis van alle meetgegevens (continue metingen)** werd een ventilatiedebiet gemeten van 38,7 m^3/uur per dier. De emissies van NH_3 en CH_4 op jaarbasis waren respectievelijk 6,9 kg NH_3/jaar/dierplaats en 28,1 kg CH_4/jaar/dierplaats. Voor N_2O, PM10 en geur zijn geen continue metingen uitgevoerd. **Op basis van de protocollaire metingen** werd een ventilatiedebiet gemeten van 34,8 m^3/uur per dier. De emissies van NH_3, CH_4 en N_2O op jaarbasis waren respectievelijk 6,7 kg NH_3/jaar/dierplaats, 29,0 kg CH_4/jaar/dierplaats, en 301 g N_2O/jaar/dierplaats. Voor geur en PM10 zijn op deze locatie geen emissiemetingen uitgevoerd.

Tabel DZ3.2 *Gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue als protocollaire metingen. Voor de emissies per dierplaats is een leegstandsfactor van 0,97 (3% leegstand) toegepast (Groenestein en Aarnink; 2008).* ---: niet gemeten.

	Kenmerk	Continue	Protocol
Klimaat	T-binnen [°C]	24,6 (23,3 : 28,2)	24,4 (23,8 : 25,7)
	RV-binnen [%]	62 (48 : 72)	61 (54 : 67)
	T-buiten [°C]	11,2 (-2,6 : 27,4)	10,6 (3,5 : 18,7)
	RV-buiten [%]	80 (47 : 100)	80 (65 : 95)
Resultaten	Aantal meetdagen	372	7
	Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]	38,7 (16,3 : 88,1)	34,8 (20,1 : 61,5)
	CO_2 stal [ppm]	2257 (985 : 4111)	2331 (1342 : 3058)
	CO_2 ingaand [ppm]	484 (434 : 574)	489 (449 : 561)
	Aantal meetdagen	372	7
	NH_3 stal [ppm]	37,0 (15,2 : 68,1)	35,6 (21,5 : 47,0)
	NH_3 ingaand [ppm]	0,07 (0,05 : 0,09)	0,07 (0,03 : 0,11)
	NH_3-emissie [kg/jaar per dierplaats]	6,9 (4,5 : 8,5)	6,7 (5,7 : 7,7)
	Aantal meetdagen	372	7
	CH_4 stal [ppm]	166 (62 : 341)	170 (94 : 234)
	CH_4 ingaand [ppm]	3,2 (2,4 : 4,2)	3,3 (2,3 : 4,2)
	CH_4-emissie [kg/jaar per dierplaats]	28,1 (11,1 : 36,5)	29,0 (16,0 : 35,3)
	Aantal meetdagen	---	7
	N_2O stal [ppm]	---	1,03 (0,69 : 1,60)
	N_2O ingaand [ppm]	---	0,39 (0,38 : 0,41)
	N_2O-emissie [g/jaar per dierplaats]	---	300,5 (214,4 : 399,3)
	Aantal meetdagen	---	---
	Geur stal [OU_E/m^3]	---	---
	Geuremissie [OU_E/s per dierplaats]	---	---
	Aantal meetdagen	---	---
	PM10 stal [mg/m^3]	---	---
	PM10 buiten [mg/m^3]	---	---
	PM10-emissie [g/jaar per dierplaats]	---	---



Figuur DZ3.1 *a) Verdeling van de metingen over de seizoenen; b) t/m e) Continue metingen van een aantal klimaatparameters. T: temperatuur; RV: relatieve vochtigheid.*



Figuur DZ3.2. *Linksboven: CH_4-emissie [kg/jaar per dierplaats]; Rechtsboven: NH_3-emissie [kg/jaar per dierplaats]; Onder: Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]. De protocollaire metingen worden met rode cirkels weergegeven. De emissies in deze figuur zijn niet door leegstand gecorrigeerd.*

Tabel DZ3.3 *Data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens tijdens de protocollaire metingen. ---: niet van toepassing.*

		1	2	3	4	5	6	7
	Datum	15-12-2021	14-2-2022	11-4-2022	14-6-2022	1-8-2022	10-10-2022	7-12-2022
	Dag in het jaar	349	45	101	165	213	283	341
Klimaat	T-binnen [°C]	23,8	24,0	24,1	25,0	25,7	24,2	24,2
Klimaat	RV-binnen [%]	66,9	60,8	56,4	53,7	64,6	64,6	61,8
Klimaat	T-buiten [°C]	9,3	8,6	8,9	15,6	18,7	9,5	3,5
Klimaat	RV-buiten [%]	95,3	77,6	64,9	65,0	74,0	89,1	92,5
Management	Aantal dieren	351	356	354	349	340	338	369
Management	Dag in de ronde	---	---	---	---	---	---	---
Management	Gewicht dieren [kg]	225,0	225,0	225,0	225,0	225,0	225,0	225,0
Management	Groei [kg/dag/dier]	---	---	---	---	---	---	---
Management	Voeropname [kg/dier/dag]	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75
Management	Ruweiwit voer [%]	12,3	12,3	12,3	12,3	12,3	12,3	12,3
Management	Energiewaarde voer [MJ/kg]	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03

***Tabel DZ3.4**. Data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd en meetresultaten (ventilatiedebiet, concentraties en emissies (gecorrigeerd voor een leegstand van 3% volgens Groenestein en Aarnink (2008)) tijdens de protocollaire metingen. ---: niet gemeten.*

		1	2	3	4	5	6	7
	Datum	15-12-2021	14-2-2022	11-4-2022	14-6-2022	1-8-2022	10-10-2022	7-12-2022
	Dag in het jaar	349	45	101	165	213	283	341
Meetresultaten	CO_2 stal [ppm]	2764	2823	2367	1482	1342	2480	3058
	CO_2 ingaand [ppm]	561	476	511	461	449	498	470
	Debiet [m^3/dier/uur]	26,5	23,8	30,3	51,5	61,5	30,0	20,1
	NH_3 stal [ppm]	41,6	47,0	31,7	24,2	21,5	38,9	44,5
	NH_3 ingaand [ppm]	0,11	0,07	0,06	0,07	0,07	0,03	0,06
	NH_3 emissie [kg/dierplaats/jaar]	6,9	7,0	6,0	7,7	7,9	7,0	5,8
	CH_4 stal [ppm]	234,3	224,1	94,9	111,5	93,6	210,5	220,3
	CH_4 ingaand [ppm]	3,3	2,3	2,4	3,3	3,6	3,8	4,2
	CH_4 emissie [kg/dierplaats/jaar]	36,4	30,9	16,5	32,5	31,3	35,0	26,7
	N_2O stal [ppm]	1,17	1,11	0,84	0,69	0,77	1,06	1,60
	N_2O ingaand [ppm]	0,41	0,41	0,39	0,39	0,38	0,38	0,39
	N_2O emissie [g/dierplaats/jaar]	329,27	269,70	221,05	248,59	369,90	318,41	411,61
	Geur stal [OU_E/m^3]	---	---	---	---	---	---	---
	Geuremissie [OU_E/s/dierplaats]	---	---	---	---	---	---	---
	PM10 stal [mg/m^3]	---	---	---	---	---	---	---
	PM10 buiten [mg/m^3]	---	---	---	---	---	---	---
	PM10 emissie [g/jaar/dierplaats]	---	---	---	---	---	---	---

DZ4

In Tabel DZ4.1 worden een aantal productiekenmerken voor deze locatie weergegeven en met de landelijke gemiddelden vergeleken.

Tabel DZ4.1 *Productieresultaten en landelijk gemiddelden (Blanken e.a., 2022; Groenestein e.a., 2017)*

Kenmerk	Waarde	Landelijk gemiddelden
Gemiddeld gewicht [kg]	225	---
Voeropname [kg/dier/dag]	3,2	2,5
Ruweiwit voer [%]	13,0	13,0
EW voer [MJ/kg]	1,03	0,97

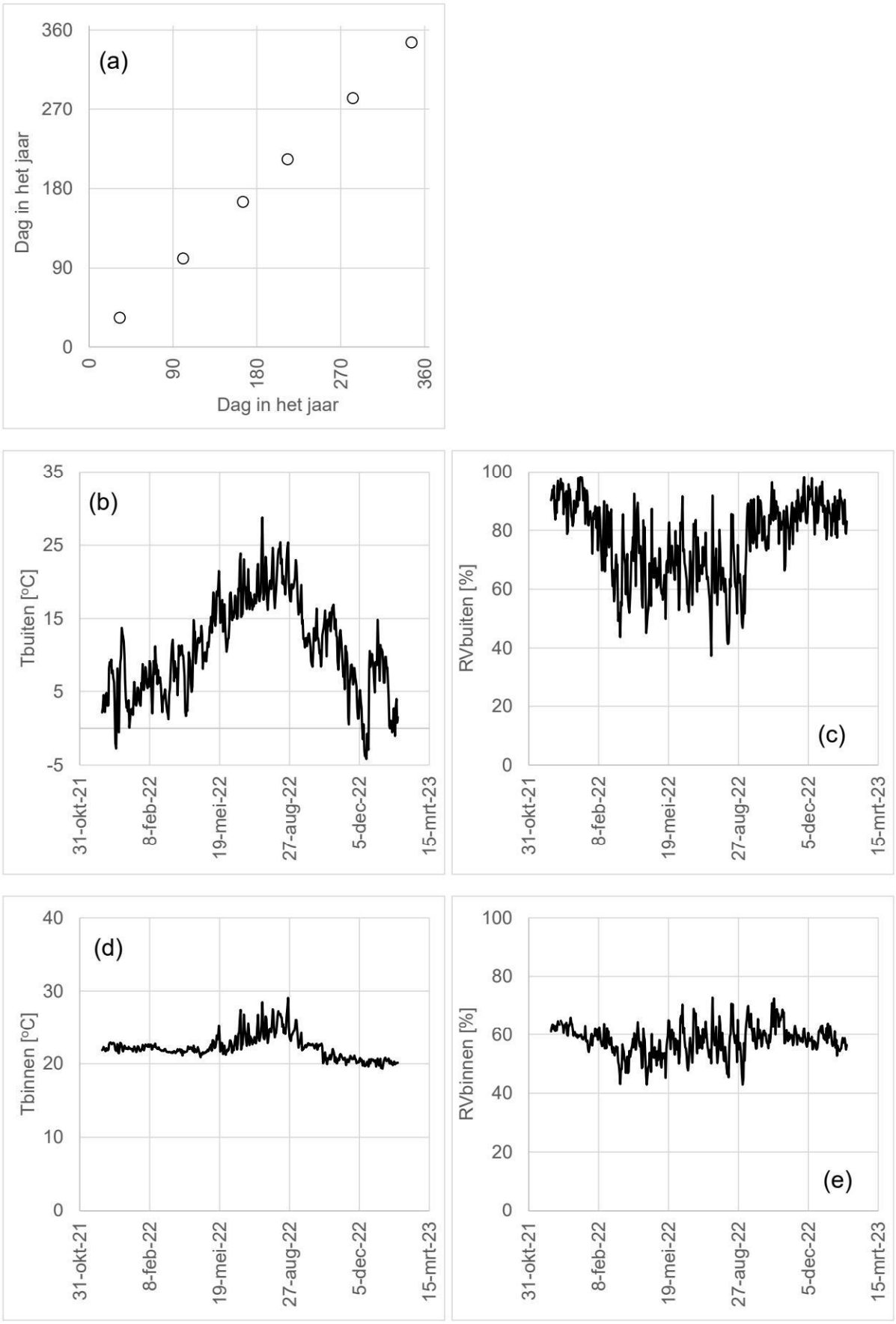
In Tabel DZ4.2 worden de gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue als protocollaire metingen samengevat. De data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens en meetresultaten tijdens de protocollaire metingen, worden in Tabel DZ4.3 en Tabel DZ4.4 samengevat. Bij de bepaling van de jaaremissies is een leegstandsfactor van 0,97 (3% leegstand) toegepast (Groenestein en Aarnink, 2008).

De gerapporteerde resultaten hebben betrekking op metingen die in de periode 02/12/2021 – 29/01/2023 zijn uitgevoerd. In deze periode zijn er zes protocollaire metingen uitgevoerd, verdeeld over de verschillende seizoenen (Figuur DZ4.1). De gemiddelde dag in het jaar bij de protocollaire metingen was 190. Bij de continue metingen was de gemiddelde buitentemperatuur iets hoger en de relatieve luchtvochtigheid (Tabel DZ4.2) iets lager dan de langdurige 20-jaargemiddelden (2001-2020) bij het KNMI-weerstation in De Bilt (T: 10,7 °C; RV: 81%). Bij de protocollaire metingen waren de gemiddelde buitentemperatuur en relatieve luchtvochtigheid lager dan de langdurige 20-jaargemiddelden. In Figuur DZ4.1 worden de continue metingen voor een aantal klimaatparameters (gemeten binnentemperatuur en -luchtvochtigheid; buitentemperatuur en relatieve luchtvochtigheid buiten bij het KNMI-meteostation De Bilt) grafisch weergegeven.

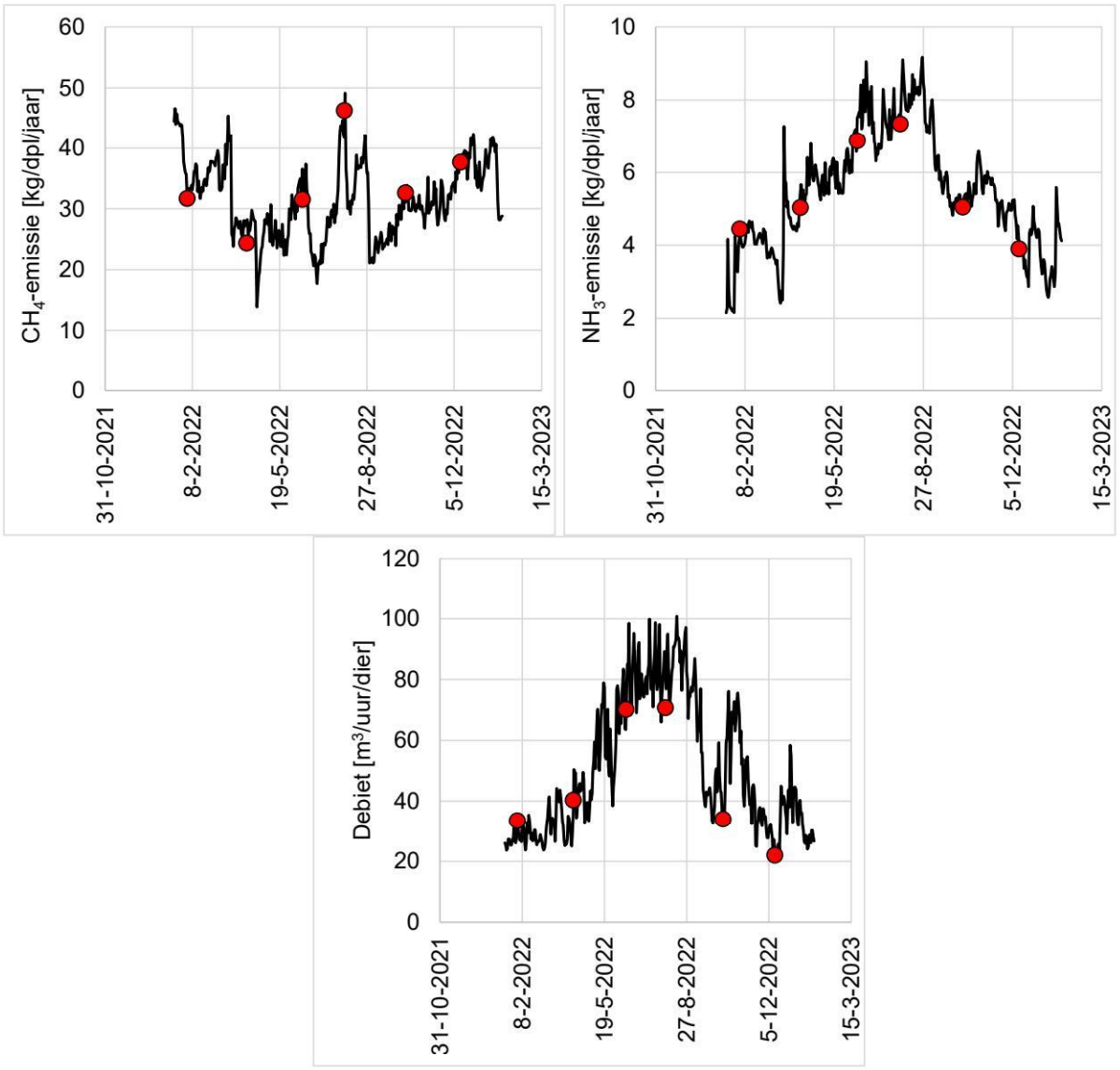
In Figuur DZ4.2 worden per dag de ammoniak- en methaanemissies en het ventilatiedebiet voor de continue metingen weergegeven. **Op basis van alle meetgegevens (continue metingen)** werd een ventilatiedebiet gemeten van 50,8 m^3/uur per dier. De emissies van NH_3 en CH_4 op jaarbasis waren respectievelijk 5,3 kg NH_3/jaar/dierplaats en 30,6 kg CH_4/jaar/dierplaats. Voor N_2O, PM10 en geur zijn geen continue metingen uitgevoerd. **Op basis van de protocollaire metingen** werd een ventilatiedebiet gemeten van 45,2 m^3/uur per dier. De emissies van NH_3, CH_4 en N_2O op jaarbasis waren respectievelijk 5,3 kg NH_3/jaar/dierplaats, 33,0 kg CH_4/jaar/dierplaats, 160 g N_2O/jaar/dierplaats. Voor geur en PM10 zijn op deze locatie geen emissiemetingen uitgevoerd.

Tabel DZ4.2 *Gemiddelde waarden (tussen haakjes minimum en maximum waarden) van een aantal klimaatparameters en meetresultaten voor zowel continue als protocollaire metingen. Voor de emissies per dierplaats is een leegstandsfactor van 0,97 (3% leegstand) toegepast (Groenestein en Aarnink; 2008).* ---: niet gemeten.

	Kenmerk	Continue	Protocol
Klimaat	T-binnen [°C]	22,2 (19,3 : 29,1)	22,3 (20,0 : 24,3)
	RV-binnen [%]	58 (43 : 73)	56 (49 : 64)
	T-buiten [°C]	10,9 (-4,2 : 28,8)	10,0 (-3,0 : 19,0)
	RV-buiten [%]	77 (37 : 98)	75 (57 : 90)
Resultaten	Aantal meetdagen	377	6
	Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]	50,8 (21,5 : 100,8)	45,2 (22,1 : 70,8)
	CO_2 stal [ppm]	1866 (1050 : 3527)	1945 (1178 : 2912)
	CO_2 ingaand [ppm]	501 (420 : 675)	506 (469 : 530)
	Aantal meetdagen	377	6
	NH_3 stal [ppm]	19,7 (9,1 : 32,2)	21,5 (16,0 : 29,1)
	NH_3 ingaand [ppm]	0,29 (0,10 : 0,92)	0,28 (0,09 : 0,92)
	NH_3-emissie [kg/jaar per dierplaats]	5,3 (2,1 : 8,9)	5,3 (3,8 : 7,1)
	Aantal meetdagen	377	6
	CH_4 stal [ppm]	149 (41 : 345)	157 (82 : 294)
	CH_4 ingaand [ppm]	3,9 (3,8 : 4,3)	4,0 (3,1 : 4,6)
	CH_4-emissie [kg/jaar per dierplaats]	30,6 (13,4 : 47,7)	33,0 (23,7 : 44,9)
	Aantal meetdagen	---	6
	N_2O stal [ppm]	---	0,64 (0,52 : 0,80)
	N_2O ingaand [ppm]	---	0,38 (0,36 : 0,40)
	N_2O-emissie [g/jaar per dierplaats]	---	159,8 (109,5 : 213,5)
	Aantal meetdagen	---	---
	Geur stal [OU_E/m^3]	---	---
	Geuremissie [OU_E/s per dierplaats]	---	---
	Aantal meetdagen	---	---
	PM10 stal [mg/m^3]	---	---
	PM10 buiten [mg/m^3]	---	---
	PM10-emissie [g/jaar per dierplaats]	---	---



Figuur DZ4.1 *a) Verdeling van de metingen over de seizoenen; b) t/m e) Continue metingen van een aantal klimaatparameters. T: temperatuur; RV: relatieve vochtigheid.*



Figuur DZ4.2. *Linksboven: CH_4-emissie [kg/jaar per dierplaats]; Rechtsboven: NH_3-emissie [kg/jaar per dierplaats]; Onder: Ventilatiedebiet [m^3/uur/dier]. De protocollaire metingen worden met rode cirkels weergegeven. De emissies in deze figuur zijn niet door leegstand gecorrigeerd.*

Tabel DZ4.3 *Data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd, en gemiddelde klimaat- en managementgegevens tijdens de protocollaire metingen. ---: niet van toepassing.*

		1	2	3	4	5	6
	Datum	2-2-2022	11-4-2022	14-6-2022	1-8-2022	10-10-2022	12-12-2022
	Dag in het jaar	33	101	165	213	283	346
Klimaat	T-binnen [°C]	22,6	21,7	22,7	24,3	22,5	20,0
	RV-binnen [%]	59,5	48,5	52,2	63,6	59,8	55,3
	T-buiten [°C]	8,3	9,5	15,2	19,0	10,7	-3,0
	RV-buiten [%]	83,9	56,5	62,9	72,6	85,2	89,5
Management	Aantal dieren	300	300	295	298	282	300
	Dag in de ronde	---	---	---	---	---	---
	Gewicht dieren [kg]	225,0	225,0	225,0	225,0	225,0	225,0
	Groei [kg/dag/dier]	---	---	---	---	---	---
	Voeropname [kg/dier/dag]	3,17	3,17	3,17	3,17	3,17	3,17
	Ruweiwit voer [%]	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0
	Energiewaarde voer [MJ/kg]	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03

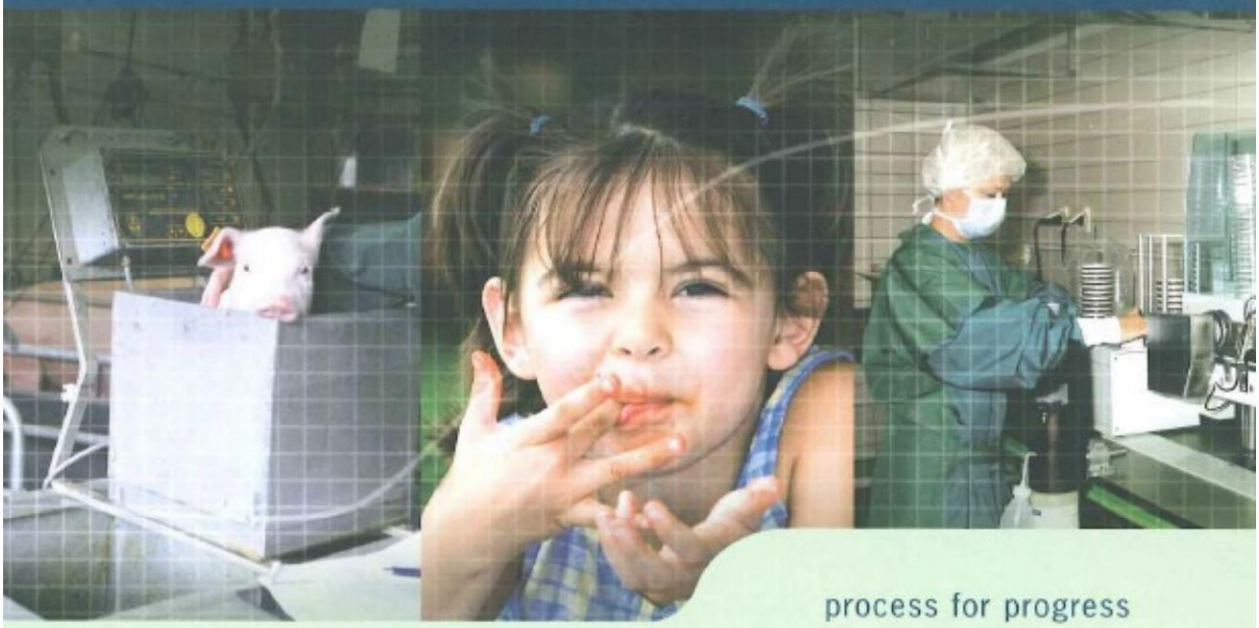
***Tabel DZ4.4**. Data waarop protocollaire metingen zijn uitgevoerd en meetresultaten (ventilatiedebiet, concentraties en emissies (gecorrigeerd voor een leegstand van 3% volgens Groenestein en Aarnink (2008)) tijdens de protocollaire metingen. ---: niet gemeten.*

		1	2	3	4	5	6
	Datum	2-2-2022	11-4-2022	14-6-2022	1-8-2022	10-10-2022	12-12-2022
	Dag in het jaar	33	101	165	213	283	346
Meetresultaten	CO_2 stal [ppm]	2420	1825	1178	1184	2150	2912
	CO_2 ingaand [ppm]	512	530	500	469	510	519
	Debiet [m^3/dier/uur]	33,6	40,4	70,3	70,8	34,1	22,1
	NH_3 stal [ppm]	21,5	20,0	16,0	17,0	25,4	29,1
	NH_3 ingaand [ppm]	0,25	0,09	0,10	0,14	0,14	0,92
	NH_3 emissie [kg/dierplaats/jaar]	4,5	5,0	6,9	7,3	5,1	3,9
	CH_4 stal [ppm]	165,0	105,8	82,0	116,6	177,2	293,8
	CH_4 ingaand [ppm]	4,5	3,1	4,6	4,0	3,8	4,1
	CH_4 emissie [kg/dierplaats/jaar]	31,7	24,4	31,6	46,3	32,7	37,7
	N_2O stal [ppm]	0,80	0,67	0,55	0,52	0,62	0,70
	N_2O ingaand [ppm]	0,40	0,39	0,40	0,36	0,37	0,38
	N_2O emissie [g/dierplaats/jaar]	220,14	182,18	161,31	184,96	126,84	112,84
	Geur stal [OU_E/m^3]	---	---	---	---	---	---
	Geuremissie [OU_E/s/dierplaats]	---	---	---	---	---	---
	PM10 stal [mg/m^3]	---	---	---	---	---	---
	PM10 buiten [mg/m^3]	---	---	---	---	---	---
	PM10 emissie [g/jaar/dierplaats]	---	---	---	---	---	---

Bijlage J Groenestein en Aarnink (2008): Notitie over leegstand ten behoeve van het berekenen van een emissiefactor van een stal

Animal Sciences Group

Kennispartner voor de toekomst



process for progress

Intern rapport 200808

Notitie over leegstand ten behoeve van het berekenen van een emissiefactor van een stal

Oktober 2008

ANIMAL SCIENCES GROUP
WAGENINGEN UR

Colofon

Uitgever
Animal Sciences Group van Wageningen UR
Postbus 65, 8200 AB Lelystad
Telefoon 0320 - 238238
Fax 0320 - 238050
E-mail Info.veehouderij.ASG@wur.nl
Internet http://www.asg.wur.nl

Redactie
Communication Services

© Animal Sciences Group
Het is verboden zonder schriftelijke toestemming van de uitgever deze uitgave of delen hiervan te kopiëren, te vermenigvuldigen, digitaal om te zetten of op een andere wijze beschikbaar te stellen.

Aansprakelijkheid
Animal Sciences Group aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

De certificering volgens ISO 9001 door DNV onderstreept ons kwaliteitsniveau.
Op al onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Animal Sciences Group van toepassing. Deze zijn gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

ANIMAL SCIENCES GROUP
WAGENINGEN UR

Intern rapport 200808

Notitie over leegstand ten behoeve van het berekenen van een emissiefactor van een stal

Karin Groenestein
André Aarnink

Oktober 2008

Inleiding

Een emissiefactor van een stal is de emissie van een gasvormig element uitgedrukt op jaarbasis. Voor het bepalen van een emissiefactor wordt gedurende een aantal dagen of maanden in een afdeling gemeten afhankelijk van het gehanteerde protocol (Beoordelingsrichtlijn 1996; Ogink et al., 2008). Om tot een emissie per jaar te komen wordt een omrekening gemaakt van de gemiddelde emissie in g/u of g/d naar g/j waarbij er rekening mee wordt gehouden dat niet continu dieren aanwezig zijn in een afdeling (onderbezetting). Deze notitie gaat in op de definitie van de onderbezetting. Wat is gehanteerd om tot de huidige emissiefactoren voor ammoniak en geur te komen en wat zou de beste factor zijn om te komen tot het meest reële jaarcijfer? Hierbij worden niet alleen ammoniak en geur beschouwd, maar wordt ook ingegaan op de berekening van de emissiefactoren voor methaan, lachgas en fijn stof (PM10 and PM2.5). Voor een goed begrip is het belangrijk om te weten waardoor onderbezetting ontstaat, hoe de huidige emissiefactoren tot stand kunnen komen en hoe ze in het verleden tot stand zijn gekomen. Daar wordt in hoofdstuk 1 en 2 uitgebreid aandacht aan besteed. In hoofdstuk drie wordt vervolgens gekeken naar emissiebepalende factoren en hoeveel invloed onderbezetting heeft op die factoren. Hoofdstuk 4 beschrijft hoe op basis van voorgaande een verrekening van onderbezetting plaats zou moeten vinden. Hoofdstuk 5 beschrijft tenslotte de huidige gang van zaken afgezet tegen de in hoofdstuk 4 beschreven verrekeningswijze.

Inhoudsopgave

Inleiding

1 Onderbezetting **1**

2 Totstandkoming van emissiefactoren **2**

3 Emissiebepalende factoren **3**

4 Verrekening van meetcijfer naar emissiefactor **5**

5 Huidige situatie m.b.t. verrekenen van onderbezetting **6**

6 Conclusie **8**

Referenties **9**

Bijlagen **10**

Bijlage 1 Onderbezettingsfactoren in percentage van het jaar van de diverse diercategorieën t.b.v. berekenen van de huidige Rav ammoniakemissiefactoren, de bron (x) van deze onderbezetting, de door KWIN 2007-2008 gegeven leegstanden tussen ronden en een update van de leegstandsfactoren volgens onderhavige notitie 10

1 Onderbezetting

De metingen die ten grondslag liggen aan het bepalen van een emissiefactor voor een bepaalde categorie dieren in een bepaald type huisvesting, worden in een stal of een afgesloten deel van de stal (afdeling) uitgevoerd. Er wordt vanuit gegaan dat de betreffende categorie dieren van begin tot eind van de productieperiode in de te bemeten stal/afdeling is gehuisvest. Dit geldt voor alle categorieën dieren behalve voor zeugen, Hier wordt later op teruggekomen. Tevens wordt er van uitgegaan dat zoveel dieren gehouden worden als de stal qua vergunning mag huisvesten. Ten derde wordt er geen rekening mee gehouden dat om markttechnische redenen dieren later worden aangevoerd of eerder worden afgevoerd dan een gewenst management zou vragen.
Een afdeling is niet continu 100% bezet. Onderbezetting in een afdeling wordt veroorzaakt door een aantal factoren:
a) uitval van dieren
b) vervroegd uitladen/afvoeren van zware vleesdieren
c) leegstand tussen ronden.
Voor de zeugenhouderij kent men nog een vierde factor:
d) reservecapaciteit
Uitval van dieren (a) wordt veroorzaakt door selectie (bv bij zeugen vanwege het niet drachtig worden), ziekte of sterfte. Uitval bedraagt in de regel 2-5% van de dieren, alleen bij leghennen en vleeskuikenouderdieren kan het oplopen tot meer dan 10% (KWIN 2007-2008). Vervroegd uitladen/verwijderen van zware dieren (b) is een actie van de veehouder om economisch optimaal te kunnen produceren. Wanneer groeiende dieren zoals vleeskuikens en vleesvarkens te zwaar worden stijgt het vetpercentage en dat zal ten koste kunnen gaan van de vleeskwaliteitsbeoordeling waardoor de opbrengst per kg vlees daalt. Te lichte dieren is economisch niet gewenst omdat dan het aantal uit te betalen kilo's daalt. Aan het eind van een ronde worden de zware dieren vroegtijdig afgevoerd en ontstaat een onderbezetting. Dit soort management wordt vooral waargenomen in de vleeskuiken- en vleesvarkenshouderij. Eén of twee weken voor tijd kunnen dan 10-30% van de dieren die al een gewenst gewicht hebben worden afgevoerd. Over het algemeen is de indruk dat tegenwoordig bij vleesvarkens en vleeskuikens vaker vroegtijdig wordt afgevoerd dan in het verleden. Leegstand (c) tussen de ronden is de tijd dat een afdeling of stal leeg staat tussen twee opfok- of groeironden. In deze tussentijd wordt al dan niet mest verwijderd en schoongemaakt nadat alle dieren verwijderd zijn. Bij biggen, leghennen en vleeskalkoenen, gaan alle dieren tegelijkertijd in de stal en aan het eind van de ronde ook weer tegelijkertijd uit de stal (dus geen vroegtijdige verwijdering van dieren).
In de zeugenhouderij wordt om redenen van het roulatiemanagement structureel reservecapaciteit ingebouwd. Reservecapaciteit betekent dat meer dierplaatsen worden gebouwd dan er dieren zijn om het rouleren van de dieren over de verschillende afdelingen soepel te laten verlopen, en fluctuaties in het aantal gespeende biggen op te kunnen vangen. Tabel 1 geeft aan hoe groot deze reservecapaciteit voor de diverse categorieën varkens op een zeugenbedrijf is volgens het handboek van de varkenshouderij (2004).

Tabel 1 Reservecapaciteit op zeugenbedrijven t.b.v. roulatiemanagement

Diercategorie	Reservecapaciteit (%)
Kraamzeugen	10
Guste- en dragende zeugen	5
Biggen	10

Het hangt van het houderijsysteem en het managementsysteem af of de reservecapaciteit een hele afdeling betreft die een gedeelte van het jaar leeg staat (leegstand met of zonder mestverwijdering) of dat het een aantal plaatsen/hokken in een afdeling betreft..
De veehouderij ontwikkelt zich, en daarmee kunnen concepten van huisvestingssystemen veranderen. Deze notitie houdt geen rekening met toekomstige vernieuwingen in de veehouderij. Te zijner tijd zal voor nieuwe huisvestingsvormen opnieuw bepaald moeten worden of de leegstandsfactor aangepast moet worden. Een voorbeeld van een nieuw te verwachten ontwikkeling is de schaalvergroting van de melkveehouderij die andere bouwconcepten zal geven die management van grote groepen koeien faciliteert. Een andere oorzaak van veranderingen in de houderij is de maatschappelijke roep om duurzame veehouderij. Dit zet aan tot innovaties die kunnen leiden tot nieuwe stalconcepten zoals de Rondeel voor leghennen, de Comfort-class stal voor vleesvarkens of de Familiestal voor zeugen en biggen.

2 Totstandkoming van emissiefactoren

Bij de totstandkoming van emissiefactoren dienen we het oude protocol (Beoordelingsrichtlijn 1996) en het nieuwe protocol (Ogink etal., 2008) te onderscheiden. De meeste ammoniak- en geuremissiefactoren die nu respectievelijk in de Rav (Regeling ammoniak en veehouderij) en in de Rgv (Regeling geur en veehouderij) staan, zijn tot stand gekomen volgens het oude meetprotocol. In de praktijk kwam dat protocol erop neer dat gestart werd met de metingen met volledige stalbezetting volgens welke een vergunning was afgegeven (vleeskuikens bijvoorbeeld) of volgens de minimum welzijnsnormen (varkens). Dit aantal dieren werd aangeduid met dierplaatsen. Een ronde eindigde wanneer het minimum aantal dieren waaraan gemeten moest worden werd onderschreden of voor vleesvarkens en gespeende biggen, wanneer meer dan de helft van de dieren afgevoerd was. De uitval gedurende een meetperiode mocht een gegeven percentage niet overschrijden (Beoordelingsrichtlijn 1996). Wanneer vroegtijdig dieren verwijderd worden is dit in eerste instantie meestal minder dan de helft. Tijdens metingen kan het aantal dieren afnemen, maar blijft het aantal dierplaatsen dus constant.

Het nieuwe protocol gaat uit van zes meetdagen per bedrijf verspreid over één jaar waarbij rekening gehouden wordt met de seizoenen en de groeicyclus van het dier. Omdat rondes geen vaste lengte hebben en afhankelijk van marktgerichte factoren en afhankelijk van de veehouder kunnen variëren, worden 'de randen' van een ronde vermeden om niet het risico te lopen aan een lege stal te meten. Situaties met onderbezetting door vroegtijdig verwijderen worden wel in de meetstrategie opgenomen.

De emissie per uur (oude protocol) of per dag (nieuwe protocol) wordt vervolgens berekend door het product van de gemeten concentratie en het gemeten debiet. De gemiddelde emissie per dierplaats wordt bepaald door dit product vervolgens te delen door het aantal dierplaatsen. Om tot een emissiefactor op jaarbasis te komen wordt vervolgens vermenigvuldigd met het aantal uren per dag (oude protocol), het aantal dagen per jaar en met de onderbezettingsfactor. Deze staan voor alle diercategorieën in de tabel in de bijlage (in de Beoordelingsrichtlijn (1996) wordt gesproken over leegstand, maar om verwarring met het begrip leegstand in hoofdstuk 1 te voorkomen wordt in het vervolg gesproken over de onderbezettingsfactor in de bijlage).

3 Emissiebepalende factoren

De vraag is nu welke factoren die onderbezetting veroorzaken (a, b, c en/of d), doorberekend moeten worden in een emissiefactor op jaarbasis. Cruciaal bij het beantwoorden van die vraag is wat er gebeurt met de emissiebepalende factoren wanneer dieren verwijderd worden volgens a, b,c of d. Daarnaast is het van belang of gemeten werd bij volledige stalbezetting of met onderbezetting.

Onderstaande factoren zijn van belang voor de emissie van ammoniak, methaan, lachgas, geur en fijn stof. In Tabel 2 is gescoord of een emissiebepalende factor verandert bij het verwijderen van dieren volgens a, b of c. Deze verandering wordt beschouwd per dierplaats, aangezien ook de emissiefactor per dierplaats wordt berekend. Bij de leegstand tussen ronden wordt ervan uitgegaan dat met de dieren, ook de mest meteen volledig uit de stal verwijderd wordt (Leegstand 1). Het komt echter voor dat de dieren afgevoerd worden en dat de mest niet, of niet meteen uit de kelders wordt gehaald of dat niet alle mest verwijderd wordt. Deze situatie doet zich geregeld voor in de varkenshouderij. Leegstand 2 geeft het effect van deze situatie op de emissiebepalende factoren.

Tabel 2 Sleutelfactoren die emissie van NH_3, CH_4, N_2O, geur en fijn stof van mest beïnvloeden (uit Aarnink en Ellen, 2006; Groenestein, 2006) en effect van onderbezetting (uitval, vroegtijdig verwijderen en leegstand) op deze factoren per dierplaats: +: toename; -: afname; 0: geen of nauwelijks verandering. Hoe meer – of +, hoe sterker het effect verandert door onderbezetting. Leegstand 1: dieren en mest worden verwijderd; Leegstand 2: dieren worden verwijderd, mest blijft in stal.

	Uitval	Vroegtijdig	Leegstand 1	Leegstand 2
Dierfactoren				
Leeftijd/gewicht	-	--	nvt	nvt
Voerhoeveelheid en -samenstelling	-	--	nvt	nvt
Watergebruik	-	--	nvt	nvt
Dieractiviteit	0/-	-	nvt	nvt
Omgevingsfactoren				
Hokinrichting en vloeruitvoering	0	0	0	0
Luchtsnelheid	-	--	---	---
Luchttemperatuur	0	0	---	---
Mestfactoren				
Volume	0	0	nvt	0/-
C/N ratio	0	0	nvt	-
O_2-concentratie	0	0	nvt	-
Oppervlakte	0	0	nvt	0
Leeftijd van de mest	0	0	nvt	+
pH	0	0	nvt	0
Mesttemperatuur	0	0	nvt	-
NH_4^+ concentratie	0	0	nvt	-/0
Organische stof concentratie	0	0	nvt	-
Drogestofgehalte	0	0	nvt	0

Wanneer dieren uitvallen of vroegtijdig verwijderd worden neemt het aantal dierplaatsen niet af maar het aantal dieren per dierplaats daalt. Tabel 2 laat zien dat de invloed van de dierfactoren die bepalend zijn voor de emissie per dierplaats vermindert door onderbezetting na uitval. Dieractiviteit neemt per dierplaats minder af wanneer dieren uitvallen, als er van uitgegaan wordt dat dieren die uitvallen om gezondheidsredenen al een relatief lage activiteit hebben. M.b.t. de omgevingsfactoren zal door een lagere warmteproductie door minder dieren per dierplaats, de ventilatiebehoefte afnemen en de luchtsnelheid dalen. Hierbij wordt er van uitgegaan dat de gewenste staltemperatuur op peil gehouden wordt. Het vroegtijdig verwijderen heeft invloed op de dierfactoren omdat, net als bij uitval, na verwijderen van de zware dieren het gemiddeld aantal dieren per dierplaats zal dalen. Wanneer lichtere dieren overblijven zal iets minder voer en water opgenomen worden per dier. De invloed van dieractiviteit zal dan iets minder afnemen wanneer er van uitgegaan wordt dat zwaardere dieren over het algemeen wat minder actief zijn dan lichte dieren. Daarnaast kan verwacht worden dat door een lagere warmteproductie van lichtere dieren, de luchtsnelheid over het emitterend oppervlak zal afnemen omdat de ventilatiebehoefte daalt.

Het moge duidelijk zijn dat het effect van de emissiebepalende factoren verwaarloosbaar worden wanneer alle dieren en alle mest verwijderd worden. De emissiebepalende factoren met betrekking tot deze factoren zijn dan niet meer van toepassing (nvt in Tabel 2). Verondersteld mag worden dat de emissie tijdens deze situatie dan ook verwaarloosbaar klein is. Bij Leegstand 2, wanneer mest aanwezig blijft in de stal, is het beeld tweeledig: enerzijds nemen de diergerelateerde en omgevingsgerelateerde factoren af, net als bij Leegstand 1, maar de factoren gerelateerd aan de mestsamenstelling laten een gevarieerder beeld zien. Dieractiviteit zal bv. niet meer plaatsvinden, net als de endogene methaanproductie. Maar de mest als bron van emissies, is nog steeds aanwezig. Het volume van de mest blijft gelijk of daalt afhankelijk van niet of gedeeltelijk verwijderen van de mest. De concentratie van organische stof en de C/N-verhouding zal nog afnemen omdat microbiële omzettingen niet stoppen. Hierdoor zal afbraak van organische stof doorgaan en wanneer nitrificatie en denitrificatie optraden bij aanwezigheid van dieren zal dit zonder dieren gewoon doorgaan. Wat betekent dat voor de verschillende emissies? NH_3 kan nog steeds diffunderen uit de diepere mestlagen naar de oppervlakte van de mest. Echter, wanneer niet meer geventileerd wordt in de stal zal vervluchtiging van de vloeistoffase in de mest naar de gasfase weinig optreden. Ook geuremissie zal door geringe luchtbeweging en ventilatie sterk afnemen. Voor fijn stof valt bovendien een belangrijke factor als dieractiviteit weg en is de samenstelling van de mest vaak niet relevant.

De broeikasgassen N_2O en CH_4 zijn (vrijwel) niet oplosbaar in water. Dat impliceert andere invloedsfactoren of mate van effect van bepaalde invloedsfactoren dan bij de emissies van NH_3. Bovendien heeft CH_4 in de stal twee bronnen: dier en mest. In het dier ontstaat ten gevolge van de vertering van voer CH_4 in de pens in geval van herkauwers en in de darmen in geval van éénmagige dieren. Wanneer het aantal dieren vermindert zal deze endogene methaanemissie verminderen. Voor de vervluchtiging van CH_4 en N_2O die in de mest ontstaat, zijn dieractiviteit en luchtbeweging echter niet van belang. Deze gassen zijn niet afhankelijk van een chemisch evenwicht tussen vloeistof en gasfase omdat deze stoffen vrijwel niet oplosbaar zijn en derhalve geen vloeistoffase kennen. Wat aan CH_4 en N_2O in de mest geproduceerd wordt zal vroeg of laat emitteren, onafhankelijk van luchtsnelheid en debiet. De vraag die gesteld dient te worden is of de productie van deze gassen doorgaat zonder aanwezigheid van dieren.

De CH_4-productie zal afnemen door afnemende C/N-verhouding, dalende mesttemperatuur, en de afname van organische stof. Aan de andere kant zal de CH_4-productie juist toenemen door minder O_2 in de mest (in geval van vaste mest), omdat de mest ouder wordt en de concentratie van NH_4^+ (met name in de diepere mestlagen) wat afneemt (Groenestein, 2006). Dit zijn uiteraard kwalitatieve indicaties, maar gesteld kan worden dat wanneer mest in de stal blijft, er geen reden is om te veronderstellen dat er geen CH_4 productie meer is. Een vergelijkbare redenering doet opgeld voor N_2O, gegeven dat sommige factoren op een andere manier inwerken op de productie van N_2O. Hierbij dient in acht genomen te worden dat bij drijfmest de N_2O-productie verwaarloosbaar klein zal zijn maar dat bij vaste mest met een relatief hoge C/N-verhouding het composteringsproces ook zonder dieren in de stal door zal gaan. Bovenstaande betekent dat wanneer mest niet verwijderd wordt, geen factor voor onderbezetting doorberekend kan worden om een jaaremissie te berekenen voor CH_4 en N_2O uit mest.

Tabel 3 geeft samenvattend weer welke factoren van onderbezetting van belang zijn bij de berekening van de emissiefactoren op jaarbasis. Het laat zien dat voor de berekening van emissiefactoren voor NH3, geur en fijn stof rekening moet worden gehouden met alle factoren van onderbezetting, want de emissie zal erdoor worden verlaagd.

Tabel 3 Factoren van onderbezetting (uitval, vroegtijdig afvoeren, leegstand 1 met volledige mestverwijdering, en leegstand 2 zonder (volledige) mestverwijdering en schoonmaken) die een verlagend effect (-) hebben op de emissie van NH_3, CH_4, N_2O, geur en fijn stof, een verhogend effect (+) of geen effect (0)

Emissie	Uitval	Vroegtijdig	Leegstand 1	Leegstand 2
NH_3	-	-	-	-
CH_4	-*	-*	-	-*
N_2O	0	0	-	0
Geur	-	-	-	-
Fijn stof	-	-	-	-

* endogene methaanproductie daalt/methaanproductie uit de mest zal niet afnemen. Afhankelijk van diercategorie zal dit veel (herkauwers) of minder (eenmagigen) uitmaken op de emissie.

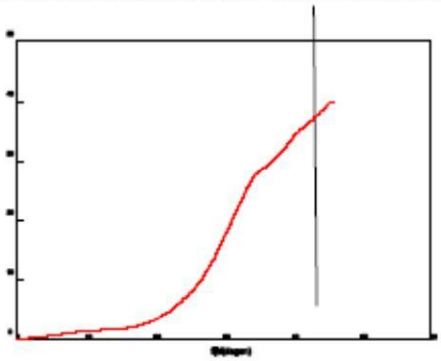
4 Verrekening van meetcijfer naar emissiefactor

Tabel 3 maakt duidelijk dat, behalve voor N_2O, rekening gehouden moet worden met alle factoren die onderbezetting veroorzaken omdat deze de emissie per dierplaats beïnvloeden. Rest de vraag of verrekening dient plaats te vinden. Dat hangt af van de meetstrategie; onder welke omstandigheden is gemeten en zitten daarmee alle onderbezettingsfactoren impliciet in het meetcijfer? Voor beide protocollen geldt dat bij uitval en vroegtijdig verwijderen geen nieuwe dieren worden bijgeplaatst. Het aantal dieren neemt daardoor tijdens de meetperiode af, maar het aantal dierplaatsen, zoals in hoofdstuk 2 gedefinieerd, blijft gelijk. Door de afname van de beïnvloedende factoren (Tabel 2) kan gesteld worden dat de emissie per dierplaats dus daalt door uitval en vroegtijdig verwijderen. Door de meetstrategie en de berekeningswijze worden deze factoren al in het meetcijfer vereffend. De meetstrategie behelst geen metingen tijdens leegstand. Deze moeten dus wel verrekend worden in de berekening van het jaarcijfer. Dit geldt niet voor N_2O tijdens leegstand 2 wanneer mest in de stal achterblijft (Tabel 3). Een correctie voor CH_4 dient doorgevoerd te worden voor de endogene methaanproductie, maar niet voor de productie van methaan door de mest. Deze kan theoretisch zelfs toenemen omdat oudere mest relatief meer methaan produceert.

Het nieuwe protocol onderscheidt zich van het oude protocol onder andere door de frequentie van meten. In hoofdstuk 2 wordt beschreven dat niet aan de 'randen van een ronde' gemeten wordt om te voorkomen dat je op een lege stal stuit. Voor diersoorten waarbij vroegtijdig wordt uitgeladen moet de meetstrategie zodanig zijn dat deze periode niet structureel gemist wordt

Het effect van vroegtijdig uitladen wordt geïllustreerd aan de hand van de emissie van een vleeskuikenstal waarbij op dag 35 bijna 30% van de dieren werd uitgeladen (Groenestein en Montsma, 1991). Figuur 1 toont de cumulatieve emissie op stalniveau die duidelijk een knik laat zien op dag 35. Wat uitzonderlijk was aan deze situatie was dat het uitladen van de dieren gepaard ging met het verwijderen van een deel van het strooisel omdat de dieren op een opdraaibaar doek gehuisvest waren. Door het opdraaien van het doek konden de dieren inclusief strooisel automatisch uit de stal gehaald worden. Over het algemeen worden dieren verwijderd en blijft alle strooisel in de stal. Het effect van vervroegd afvoeren van dieren op de emissie per dierplaats zal tijdens dit onderzoek dus groter zijn geweest dan wanneer dieren zonder strooisel zouden zijn verwijderd.

Figuur 1 Cumulatieve emissie op stalniveau van een groeiperiode van vleeskuikens. De verticale lijn geeft moment van vervroegd verwijderen aan van dieren inclusief strooisel (uit Groenestein en Reitsma, 1991).



De ammoniakemissie per dier was in Groenestein en Montsma (1991), dus na verdiscontering van het vroegtijdig afvoeren van bijna 30% van de dieren (inclusief strooisel), 21,2 gram. Per dierplaats (opgelegd kuiken), waarbij alleen gecorrigeerd is voor leegstand (Bijlage 1), was dat 18,2 g/jaar. Dat is 14% lager dan de emissie per dier. Deze emissie per dierplaats is de basis voor de emissiefactor in de Rav.

Voor CH_4 en N_2O geldt m.b.t. de meetstrategie en berekeningswijze hetzelfde als voor de andere gassen, ook voor deze emissies zit uitval en vroegtijdig afvoeren impliciet in het meetcijfer. Voor de endogene CH_4-emissie betekent dit een afname. Maar in hoofdstuk 3 is uitgelegd dat voor de emissie van CH_4 en N_2O uit mest, luchtbeweging geen factor van belang is en dat de productie van deze broeikasgassen zonder dieren gewoon door gaat wanneer mest in de stal blijft. De concentraties van de aanwezige componenten in de mest zullen door uitval en vroegtijdig afvoeren niet noemenswaardig veranderen. De emissie uit de mest zal daardoor niet wezenlijk afnemen.

5 Huidige situatie m.b.t. verrekenen van onderbezetting

De huidige situatie kent emissiefactoren op jaarbasis voor ammoniak (Rav) voor geur (Rgv) en voor stof. In Bijlage 1 wordt aangegeven wat voor ammoniak de gehanteerde onderbezettingsfactor is in de huidige Rav. Deze factoren zijn ook toegepast voor de berekening van de emissiefactoren voor stof, dat wil zeggen de factor waarmee is gerekend om van een gemiddeld gemeten emissie tot een jaarcijfer te komen. Omdat in voorgaande hoofdstukken is geconcludeerd dat alleen de leegstand tussen ronden verrekend dient te worden is in de laatste kolom van de tabel tevens opgenomen wat volgens de KWIN 2007-2008 deze leegstand is. Voor de melkvee-, stieren-, schapen-, geiten-, nertsen-, voedsters-, paarden- en ponyhouderij wordt geen melding gemaakt van leegstandsfactoren in KWIN. In de tabel zijn deze op 0 gesteld omdat er van uitgegaan wordt dat KWIN deze niet meeneemt in de berekeningen, omdat er geen leegstand is. Voor de varkenshouderij staan in de KWIN eveneens geen leegstandsfactoren vermeld omdat de saldoberekeningswijze dit niet vraagt. Tussen ronden is echter wel sprake van leegstand. Voor de berekening is uitgegaan van een leegstand van 3-4 dagen tussen de ronden voor vleesvarkens (mondelinge mededelingen B. Bosma (ASG), 2 dagen voor biggen en 2 dagen voor kraamzeugen (Handboek Varkenshouderij 2004). Een stal voor guste en dragende zeugen is in de praktijk nooit leeg (mondelinge mededelingen B. Bosma (ASG)). Op basis van deze gegevens zou een leegstand tussen ronden berekend kunnen worden van respectievelijk 3, 4, 6 en 0% voor vleesvarkens, biggen, kraamzeugen en guste en dragende zeugen. Echter, wanneer de reservecapaciteit zoals beschreven in hoofdstuk 1 uitmondt in lege afdelingen zal de leegstand bij biggen, kraamzeugen en guste en dragende zeugen groter zijn, en toenemen met 10, 10 en 5% respectievelijk. Voor vleesvarkens en dekberen wordt geen reservecapaciteit ingecalculeerd. In Tabel 4 is dit weergegeven. In de praktijk zal de reservecapaciteit deels uitkomen op lege afdelingen en deels in lege plaatsen binnen afdelingen. Op basis van huidige inzichten van ASG is er vanuit gegaan dat in de Nederlandse varkenshouderij de reservecapaciteit voor de helft als lege plaatsen in een afdeling voorkomt en voor de helft als lege afdelingen (leegstand). De som van de leegstand tussen de ronden en de lege afdelingen wordt in deze notitie aangeduid met "effectieve leegstand".

Tabel 4 Leegstand in de varkenshouderij (percentage van de tijd dat een afdeling of stal leeg staat tussen twee opfok- of groeironden), reservecapaciteit en effectieve leegstand (leegstand tussen ronden inclusief reservecapaciteit)

Diercategorie (Rav-code)	Leegstand tussen ronden	Reservecapaciteit	Effectieve leegstand
Biggen (D1.1)	4	10	9
Kraamzeugen (D1.2)	6	10	11
Guste- en dragende zeugen (D1.3)	0	5	3
Dekberen (D2)	0	-	0
Vleesvarkens(D3)	3	-	3

Bij de legkippen hanteert KWIN verschillende leegstandspercentages afhankelijk van merk en huisvestingssysteem. Het percentage in de tabel in Bijlage 1 is een gemiddelde. Van diverse kleinere categorieën dieren zijn in KWIN geen leegstandsfactoren opgenomen, in de tabel met – aangeduid.

Vergelijking van de leegstanden die KWIN 2007-2008 hanteert en de huidige onderbezettingsfactoren in de bijlage geeft aan dat over het algemeen leegstand de huidige norm is voor het omrekenen van gemiddelde emissiemeetwaarden naar emissiefactoren op jaarbasis. Hier en daar wijkt de leegstandsfactor van KWIN 2007-2008 af van de huidige onderbezettingsfactoren. Opvallende verschillen zijn te vinden bij de rosékalveren, de opfokhennen en –hanen van legrassen en bij varkens. Bij de eerste twee betreft het een andere berekening van de leegstand: de rosévleeskalveren kennen volgens KWIN 2007-2008 een groeiperiode van 250 dagen met 1,4 cycli per jaar. Daarmee kan de leegstand van 4% berekend worden. Een gelijkstelling van de leegstand aan die van de witvleeskalveren was niet terecht aangezien die een groeiperiode van 178 dagen hebben met 1,7 cycli per jaar (7% leegstand). Bij de opfokhennen en –hanen van legrassen rekent KWIN 2007-2008 met een leegstand van 3 weken in een cyclus van 20 weken, wat neerkomt op 15% leegstand, terwijl de Beoordelingsrichtlijn (1996) uitgaat van 14 dagen leegstand per ronde. Voor de diverse categorieën varkens worden in de Beoordelingsrichtlijn (1996) de leegstanden tussen de ronden procentueel ingeschat. Het blijkt dat deze hoger liggen dan in de gangbare praktijk. KWIN 2007-2008 maakt geen melding van leegstanden tussen ronden bij vleeskalkoenen, maar het is niet waarschijnlijk dat deze er niet zijn. De overige categorieën kalkoenen worden niet beschreven evenmin als de vossen, de vlees- en opfokkonijnen en de parelhoenders.

De Rgv geeft de emissiefactoren voor geur. Bij de berekening van de jaarcijfers op basis van de meetcijfers wordt op dit moment geen rekening gehouden met leegstand. Gezien voorgaande zou een betere schatting van de emissie op jaarbasis verkregen worden wanneer leegstand tussen ronden verrekend zou worden, zowel met als zonder verwijderen van mest.

6 Conclusie

Bij de berekening van een emissiefactor per dierplaats voor NH_3, endogene CH_4, geur en fijn stof op jaarbasis dient alleen een verrekening te worden gemaakt voor leegstand tussen de ronden. Hierbij wordt er van uitgegaan dat door de meetstrategie uitval en vroegtijdig verwijderen verdisconteerd zijn. Voor de emissie van CH_4 en N_2O uit mest dient alleen een verrekening te worden gemaakt voor leegstand wanneer ook mest verwijderd wordt.

Vergelijking van deze benadering met de huidige verrekening van onderbezetting leert dat leegstand de norm is voor de huidige berekeningen van de emissiefactoren voor ammoniak en fijn stof. Afwijkingen van gehanteerde percentages met de nieuwste leegstandcijfers volgens KWIN 2007-2008 worden veroorzaakt door veranderingen in de praktijk of door veranderde aannames. Voor geur wordt op dit moment geen onderbezettingsfactor meegenomen terwijl verwacht wordt dat de geuremissies af zullen nemen bij leegstand, zowel met als zonder het verwijderen van mest.

Het advies op basis van deze notitie is de verrekening van de onderbezetting op basis van leegstand te handhaven. Hierbij is leegstand gedefinieerd als de periode(n) waarin geen dieren in de afdeling aanwezig zijn. De waarden van die leegstand dienen ge-update te worden naar de huidige situatie in de praktijk. De laatste kolom van de tabel in Bijlage 1 geeft de te verrekenen leegstandspercentages aan. Voor varkens wordt daarbij uitgegaan van de zogenaamde effectieve leegstand, waarbij rekening gehouden wordt met reservecapaciteit.

Het zij wel opgemerkt dat deze werkwijze voor de emissies van CH4 en die van N2O een onderschatting wanneer bij leegstand de mest niet verwijderd wordt. Nader onderzoek zal uit moeten wijzen of dit substantieel is.

Referenties

Aarnink, A.J.A. en H.H. Ellen, 2006. Processen en factoren bij fijn stofemissie in de veehouderij. ASG Rapport 11, Wageningen-UR, 25 pp.
Beoordelingsrichtlijn emissie-arme stalsystemen, 1996.
Beurskens, A.G.C., J.M.G. Hol en G. Mol, 2002. Onderzoek naar de ammoniak- en geuremissie van stallen LII. Stal voor vleeskalkoenen met strooiselverwijdering. IMAG-rapport 2002-14, Wageningen.
Groenestein, 2006. Environmental aspects of improving sow welfare with group housing and straw bedding. PhD thesis Wageningen University – With ref. – With summaries in English and Dutch
Groenestein, C.M. & H. Montsma, 1991 - Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen I: slachtkuikenstal met vloerventilatie. Wageningen, DLO, rapport 91-1001, 14 pp excl. bijlage.
Handboek Varkenshouderij, 2004. ASG, Wageningen-UR, ISSN 1570-8632, 338 pp.
Hol, J.M.G., A. Scheer en N.W.M. Ogink, 2004. Onderzoek naar de ammoniak- en geuremissie van stallen LX. Stal voor voedsters en vleeskonijnen. A&F-rapport 219, Wageningen.
KWIN 2007-2008. Kwantitatieve Informatie Veehouderij 2007-2008, ASG, Wageningen-UR, ISSN 1570-8594, 408 pp.

Bijlagen

Bijlage 1 Onderbezettingsfactoren in percentage van het jaar van de diverse diercategorieën t.b.v. berekenen van de huidige Rav ammoniakemissiefactoren, de bron (x) van deze onderbezetting, de door KWIN 2007-2008 gegeven leegstanden tussen ronden en een update van de leegstandsfactoren volgens onderhavige notitie

Code Rav	Diercategorie	Huidige onder bezetting %	Bron huidige onderbezetting [1]				Leegstand KWIN 2007-2008	Update leegstand
			Beoordelingsrichtlijn 1996	KWIN (als bron)	Oenema et al. (2000)	Groenestein etal. (2005)		
A1	Diercategorie melk- en kalfkoeien ouder dan 2 jaar	0	x				0 [8]	0
A2	Diercategorie zoogkoeien ouder dan 2 jaar	0	x				0 [8]	0
A3	Diercategorie vrouwelijk jongvee tot 2 jaar	0	x				0 [8]	0
A4	Diercategorie vleeskalveren tot 8 maanden							
	wit	7			x		7	7
	rose	7			x		4	4
A 5	Diercategorie vleesstierkalveren tot 6 maanden	0	x				0 [7]	0
A 6	Diercategorie vleesstieren en overig vleesvee van 6 tot 24 maanden (roodvleesproductie)	0	x				0 [7]	0
A 7	Diercategorie fokstieren en overig rundvee ouder dan 2 jaar	0 [2]					0 [7]	0
B 1	Diercategorie schapen ouder dan 1 jaar, inclusief lammeren tot 45 kg	0	x				0 [7]	0
C 1	Diercategorie geiten ouder dan 1 jaar	0	x				0 [7]	0
C 2	Diercategorie opfokgeiten van 61 dagen tot en met één jaar	0	x				0 [7]	0
C 3	Diercategorie opfokgeiten en afmestlammeren tot en met 60 dagen	0	x				0 [7]	0
D 1.1	Diercategorie biggenopfok (gespeende biggen)	10	x				4 [8]	9 [11]
D 1.2	Diercategorie kraamzeugen (inclusief biggen tot spenen)	10	x				6 [8]	11 [11]
D 1.3	Diercategorie guste en dragende zeugen	5	x				0 [7]	3 [11]
D 2	Diercategorie dekberen, 7 maanden en ouder	10	x				0 [7]	0 [11]
D 3	Diercategorie vleesvarkens, opfokberen van ca. 25 kg tot 7 maanden, opfokzeugen van ca. 25 kg tot eerste dekking	10	x				3 [9]	3
E 1	Diercategorie opfokhennen en hanen van legrassen jonger dan 18 weken	10	x				15	15
E 2	Diercategorie legkippen en (groot-)ouderdieren van legrassen	5			x		4 [10]	4
E 3	Diercategorie (groot-)ouderdieren van vleeskuikens in opfok, jonger dan 19 weken	17		x			17	17
E 4	Diercategorie (groot-)ouderdieren van vleeskuikens	13		x			13	13
E 5	Diercategorie vleeskuikens	19		x			18	18
F 1	Diercategorie ouderdieren van vleeskalkoenen in opfok, tot 6 weken	25			x		-	25 [12]
F 2	Diercategorie ouderdieren van vleeskalkoenen in opfok, van 6 tot 30 weken	8 [3]			x		-	8 [12]
F 3	Diercategorie ouderdieren van vleeskalkoenen, van 30 weken en ouder	14 [3]			x		-	14 [12]
F 4	Diercategorie vleeskalkoenen	5 [4]					-	5 [12]
G 1	Diercategorie ouderdieren van vleeseenden tot 24 maanden	5 [3]			x		-	5 [12]
G 2	Diercategorie vleeseenden	16 [3]			x		20	20
H 1	Diercategorie nertsen, per fokteef	10			x		0 [7]	0

Code Rav	Diercategorie	Huidige onder bezetting %	Bron huidige onderbezetting [1]				Leegstand KWIN 2007-2008	Update leegstand
			Beoordelingsrichtlijn 1996	KWIN (als bron)	Oenema et al. (2000)	Groenestein etal. (2005)		
I 1	Diercategorie voedster inclusief 0,15 ram en bijbehorende jongen tot speenleeftijd	2 [5]					0 [7]	0
I 2	Diercategorie vlees en opfokkonijnen tot dekleeftijd	15 [5]					-	15 [12]
J 1	Diercategorie parelhoenders voor de vleesproductie	19 [6]					-	19 [12]
K 1	Diercategorie volwassen paarden, 3 jaar en ouder	0				x	0 [7]	0
K 2	Diercategorie paarden in opfok, jonger dan 3 jaar	0				x	0 [7]	0
K 3	Diercategorie volwassen pony's, 3 jaar en ouder	0				x	0 [7]	0
K 4	Diercategorie pony's in opfok, jonger dan 3 jaar	0				x	0 [7]	0

(1) Een x betekent dat deze bron referentie is voor de onderbezettingsfactor
(2) Gelijk gesteld aan zoogkoeien
(3) Oenema etal. (2000) gaf leegstand op met een decimaal achter de komma, dit zijn afgeronde percentages
(4) Beurskens et al., 2002
(5) Hol et al., 2004
(6) Gelijk gesteld aan vleeskuikens
(7) In KWIN wordt geen melding gemaakt van leegstand, gesteld wordt dat dat is omdat er geen leegstand is
(8) Berekend volgens duur ronde en reinigingsperiode in Handboek Varkenshouderij (2004)
(9) Berekend op basis van 3,4 dagen tussen ronden (B. Bosma, mondelinge mededeling)
(10) Gemiddelde van verschillende leegstanden afhankelijk van merk en huisvestingssysteem
(11) Zie Tabel 4 kolom 'effectieve leegstand'
(12) Geen informatie beschikbaar in KWIN, aanname voor 0% niet reëel, betere schatting niet beschikbaar, nadere beschouwing gewenst

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



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

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.