



Instituut voor Landbouw-
Visserij- en Voedingsonderzoek

Meetrapport

Bepaling van de ammoniak- geur-, fijn stof- en methaanemissie van een vleeskuiken ouderdierenstal uitgerust met 4 Vencomatic ECO Air Care units

Beerens te Hoogeloon

Auteurs:

Maertens H., Plant L., Roelens S., Brusselman E., De Decker T. & Laanen L.

ILVO

Instituut voor Landbouw-,
Visserij- en Voedingsonderzoek

Datum:

19/07/2024

Contactpersoon:

Helder.Maertens@ilvo.vlaanderen.be

Inhoud

1	Inleiding.....	7
2	Materiaal en methoden.....	8
2.1	Beschrijving meetlocatie.....	8
2.2	Werkingsprincipe van het ECO Air Care systeem.....	9
2.2.1	Emissiereducerende principe.....	9
2.2.2	Technische omschrijving ECO Air Care Systeem met fijn stoffilters.....	11
2.3	Meetstrategie.....	11
2.4	Meetmethoden.....	11
2.4.1	Ammoniak.....	11
2.4.2	Geur.....	14
2.4.3	Fijn stof.....	15
2.4.4	Methaan.....	18
2.4.5	Ventilatie-debiet.....	18
2.4.6	Koolstofdioxide, relatieve vochtigheid en temperatuur.....	19
2.4.7	Droge stof gehalte van de mest-strooisellaag (mengstaal).....	20
2.4.8	Was- en spuiwater.....	20
2.4.9	Productiegegevens.....	21
2.5	Controle van windinslag bij staalname aan de uitgang van de units.....	21
3	Dataverwerking en -analyse.....	22
3.1	Verwijderingsrendement.....	22
3.2	Polluentemissies.....	23
4	Resultaten.....	24
4.1	Algemene informatie.....	24
4.2	Stalklimaat.....	25
4.3	Technische resultaten, klimaatomstandigheden en voedergegevens.....	25
4.4	Controle van windinslag bij staalname van de uitgaande luchtstroom van de units.....	26
4.5	Emissie en verwijderingsrendement polluenten.....	26
4.5.1	Ammoniak.....	26
4.5.2	Geur.....	29
4.5.3	Fijn stof.....	32
4.5.4	Methaan.....	35
5	Strooisel, was- en spuiwater.....	38
6	Technische resultaten.....	39
7	Conclusie.....	40
8	Referenties.....	41

9	Landbouwkundige randvoorwaarden	43
10	Bijlages.....	44
	Bijlage I: Technische omschrijving van de ECO Air Care Unit.....	44
	Bijlage II: Technische omschrijving van het fijn stof filter systeem	46
	Bijlage III: Meetplaats in het gaskanaal i.f.v. kalibratie meetwaaiers en kalibratie meetwaaiers..	47
	Bijlage IV: Validatie hittedraadsensoren ten opzichte van pitotbuizen	54
	Bijlage V: Nemen van een mengstaal van vaste mest in een stal met grondhuisvesting met roosters	56
	Bijlage VI: Technische resultaten, klimaatomstandigheden en voedergegevens	57
	Bijlage VII: Inmenging verse buitenlucht.....	64
	Bijlage VIII: Kalibratie Axetris (CH ₄ en CO ₂).....	72

Definities en begrippen

Meetcampagne:	Verzameling van alle voorbereidingen, metingen, dataverwerking en rapportering uitgevoerd volgens vooraf opgesteld(e) meetplan(nen) in praktijkstallen
Meetlocatie:	Geografisch adres. Kan bestaan uit meerdere units, compartimenten, stallen, ...
Meetmethode:	Alle procedures en middelen om een grootheid te bepalen
Meetstrategie:	Behelst het aantal metingen en de verdeling van dit aantal in tijd, binnen en over bedrijfslocaties
Nederlandse protocollen:	Protocol voor meting van ammoniakemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2013a (Ogink et al., 2017) Protocol voor meting van geuremissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2010 (Ogink, 2011) Protocol voor meting van fijnstofemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2010 (Ogink et al., 2011) Protocol voor meting van methaanemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2010 (Groenestein et al., 2011)
Staalnamepunt:	Exacte plaats waar de stalen genomen worden

Afkortingen

C	concentratie
CH ₄	methaan
CO ₂	koolstofdioxide
E	emissie
GEM	gemiddelde
MW	meetweek
NH ₃	ammoniak
PM ₁₀	fijn stof fractie met een diameter van maximaal 10 μm
RV	relatieve vochtigheid
T	temperatuur
V	ventilatiedebit

1 Inleiding

Dit meetrapport werd opgemaakt in kader van een project goedgekeurd binnen de subsidiemodule betreffende brongerichte verduurzaming van stal- en managementmaatregelen (SBV-regeling), met als projectnaam “ECO Air Care bij vleeskuikenouderdieren” (referentienummer SBV21N2501).

Voor dit SBV-project heeft ILVO zes meetperiodes uitgevoerd tussen 27 februari 2023 en 25 januari 2024 in een vleeskuikenouderdierenstal, uitgerust met 4 ECO Air Care units. Het betreft een stal gevestigd te Hoogeloon (Greenfarm Hoogeloon V.O.F.).

Dit meetrapport geeft een gedetailleerde omschrijving van de ammoniak-, geur-, fijn stof- en methaanemissies, inclusief de methoden die zijn gebruikt om deze te meten, evenals het verwijderingsrendement van de ECO Air Care units.

2 Materiaal en methoden

2.1 Beschrijving meetlocatie

De vleeskuikenouderdierenstal, gelegen te Hoogeloon, is rechthoekig en zuidwest georiënteerd (Figuur 1, Figuur 2). De stal is 24 m breed en 105 m lang en heeft een totale oppervlakte van 2.520 m². Het huisvestingssysteem bestaat uit grondhuisvesting met twee rijen legnesten, met aan beide zijden van elk legnest een roostervloer. Onder de roosters wordt gedurende de hele productieperiode mest opgeslagen. In het midden van de stal en tegen beide zijgevels is een strooiselruimte aanwezig. De ventilatie wordt volledig gestuurd door het ECO Air Care systeem. Het aantal dieren aanwezig in de stal is maximaal 18.634 (7,4 dieren per m² leefoppervlak).

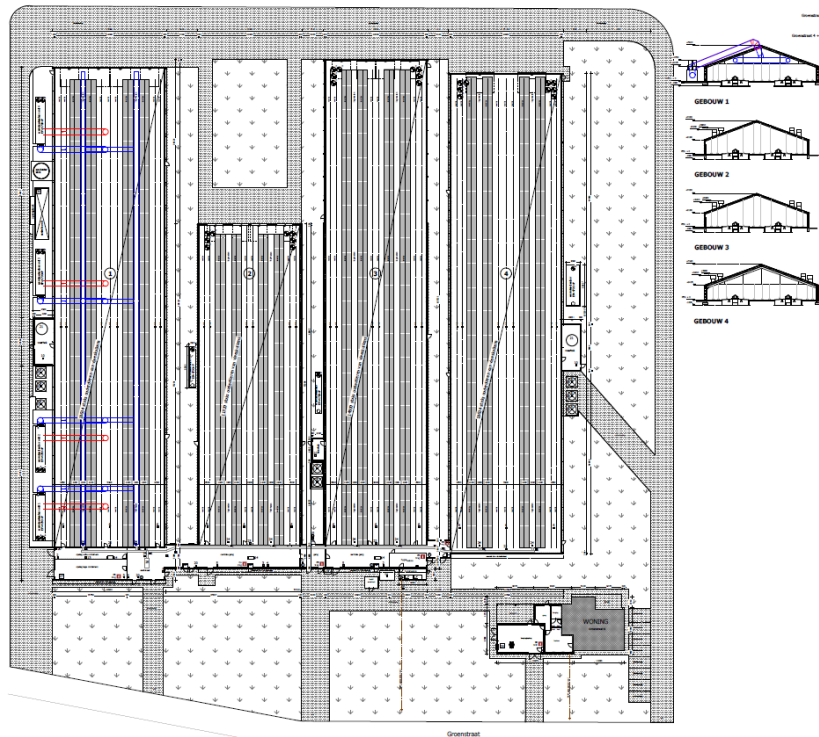
De andere stallen op het bedrijf zijn ook bestemd voor het houden van vleeskuikenouderdieren. Vergunde aantal dieren per stal (van noord naar zuid):

- Stal 1: 18.634 (stal uitgerust met de ECO Air Care Units)
- Stal 2: 11.320
- Stal 3: 14.800
- Stal 4: 18.634

In de directe omgeving zijn andere agrarische bedrijven aanwezig, waaronder pluimveebedrijven (Figuur 3). Aan de noordwestelijke zijde van de stal zijn de 4 ECO Air Care units geplaatst.



Figuur 1: Overzichtsfoto van het bedrijf en de stal (in het geel aan geduid) waar de metingen worden verricht.



Figuur 2: Plattegrond van het bedrijf en de stal (gebouw 1, links) waar de metingen worden verricht.

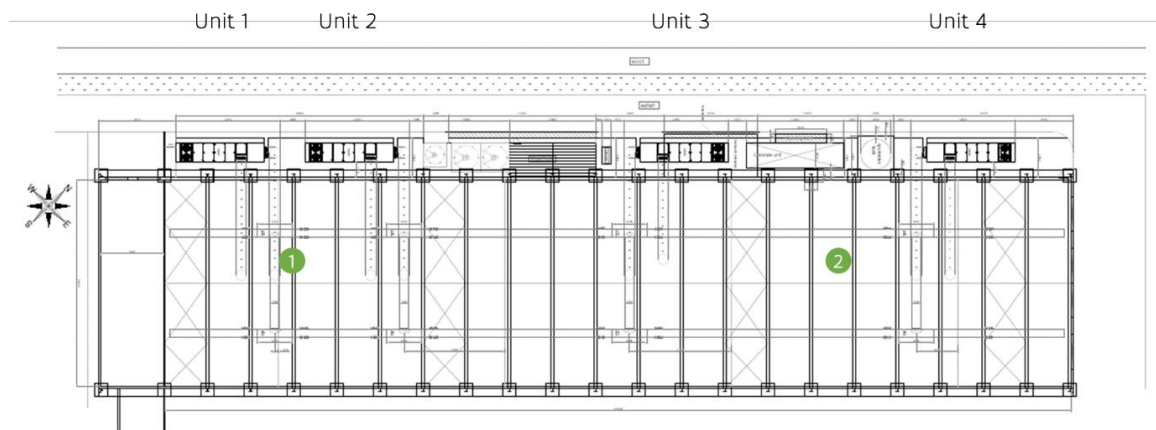


Figuur 3: Overzichtsfoto van Greenfarm te Hoogeloon.

2.2 Werkingsprincipe van het ECO Air Care systeem

2.2.1 Emissiereducerende principe

Het ECO Air Care systeem combineert een nageschakelde luchtbehandeling met warmtewisselaars in de ECO Air Care units (verder 'units' genoemd) én fijn stoffilters in de stal. De bemeten stal is uitgerust met 4 units en 2 fijn stoffilters Figuur 4.



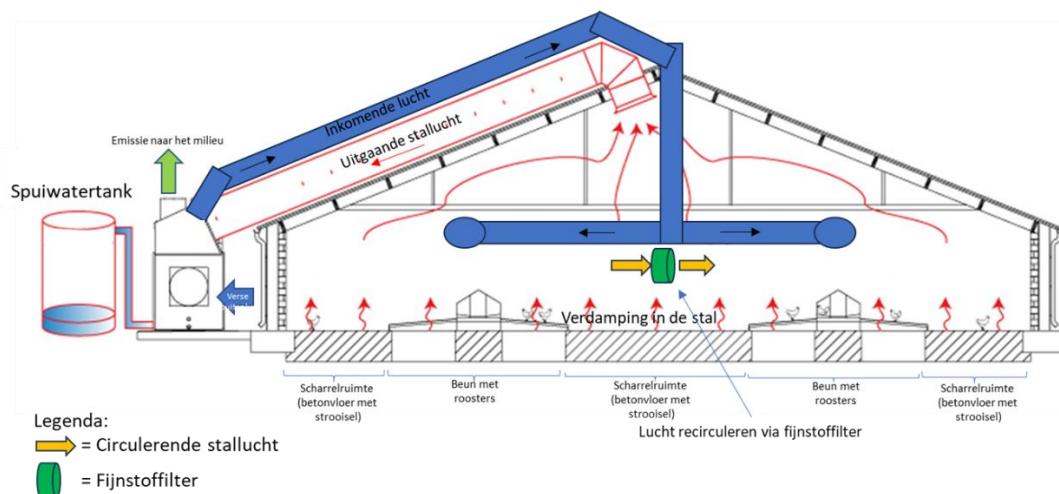
Figuur 4: Aanduiding van de 2 fijn stoffilters op de plattegrond van de ouderdierenstal uitgerust met 4 ECO Air Care units.

De verse buitenlucht wordt door de units aangezogen en vervolgens via een buis over het dak van de stal ingeblazen ter hoogte van de nok, in twee richtingen (zie blauwe lijnen in Figuur 2 en Figuur 5). Vanuit deze twee richtingen wordt de verse buitenlucht verdeeld over de gehele lengte van de stal (boven de nesten).

De verwachting is dat door het gebruik van warmtewisselaars het ontstaan van ammoniak en geur in de stal wordt beperkt door het drogen van de mest. Bovendien wordt de afgevoerde stallucht in de units gewassen met een zwavelzuuroplossing. Daarnaast zijn er een aantal hypothesen die suggereren dat er een beter stalklimaat kan worden bereikt dan in stallen zonder of met een beperkt aantal warmtewisselaars die slechts een deel van de stallucht behandelen.

Hypothese 1: Door de volledige ventilatie door warmtewisselaars te sturen, kan de ventilatie in koude periodes hoger worden ingesteld dan in stallen zonder warmtewisselaars of met warmtewisselaars die slechts een deel van de stallucht behandelen. Dit vermindert het risico op nat strooisel.

Hypothese 2: Bij de units wordt gebruik gemaakt van indirecte adiabatisch koeling, in tegenstelling tot gangbare stalsystemen die directe adiabatische koeling toepassen, waardoor extra vocht in de stallucht komt. Het risico op nat strooisel is hiermee kleiner. Dit vermindert het risico op nat strooisel.



Figuur 5: Schematische voorstelling van ECO Air Care systeem.

Om de fijn stof concentraties in de stal te verlagen en bijgevolg ook de fijn stof emissies, worden twee filterunits ingezet. Het is mogelijk dat dit niet het enige effect is op de fijn stof concentratie in de stal. De verse buitenlucht wordt via slangen in de stal gebracht. De snelheid waarmee dit gebeurt is lager dan in een conventioneel systeem waarbij verse buitenlucht via inlaatventielen wordt binnengebracht. De hypothese is dat er minder aerosolisatie is dan in een conventionele stal. De behandeling van de uitgaande lucht door wassing in de units zorgt voor een bijkomende fijn stof emissiereductie.

Er is weinig bekend over methaanemissie uit pluimveestallen. Mogelijks is de methaanemissie lager omdat het strooisel droger is dan in conventionele stallen waardoor de bacteriologische activiteit en de omzetting van organische stof uit mest lager is.

2.2.2 Technische omschrijving ECO Air Care Systeem met fijn stoffilters

Een gedetailleerde technische omschrijving van de ECO Air Care Unit is te vinden in Bijlage I. Een gedetailleerde technische omschrijving van de fijn stoffilters is te vinden in Bijlage II.

2.3 Meetstrategie

Voor de metingen van ammoniak, geur, fijn stof (PM10) en methaan werden tijdens een meetperiode van 1 jaar 6 meetdagen ingepland, met inachtneming van de voorwaarde die gesteld wordt in het Protocol voor meting van ammoniakemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2013a (Ogink et al., 2017), Protocol voor meting van geuremissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2010 (Ogink, 2011), Protocol voor meting van fijnstofemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2010 (Ogink et al., 2011), Protocol voor meting van methaanemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2010 (Groenestein et al., 2011), namelijk 1 meting per periode van 2 maanden.

Het volledige in- en uitgaande ventilatiedebiet gaat steeds door twee of meerdere units. Metingen werden uitgevoerd op de twee units die altijd in werking zijn, dus ook bij minimumventilatie. Metingen van de ingaande verse buitenlucht, de stallucht en de gewassen lucht werden steeds gelijktijdig uitgevoerd. Door de metingen van de lucht voor de unit (= stallucht) te vergelijken met de lucht na de unit (= gewassen lucht), kan het verwijderingsrendement van een ECO Air Care unit bepaald worden.

2.4 Meetmethoden

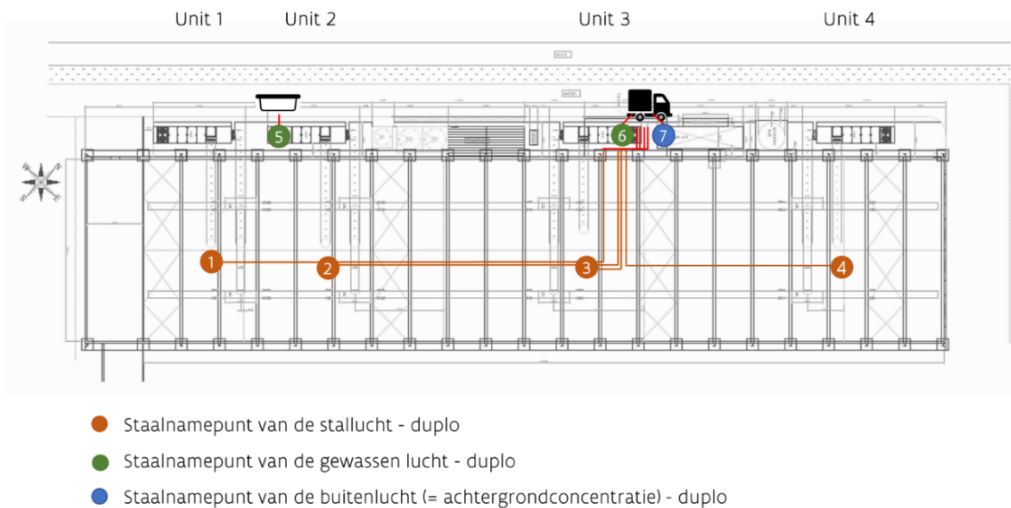
2.4.1 Ammoniak

STAALNAMEPUNTEN

Tijdens elk van de 6 meetdagen werden er 7 staalnamepunten in duplo bemonsterd:

- 4 staalnamepunten voor de bemonstering van de stallucht (in de stal, ter hoogte van de inlaat van de afvoerkanalen van de stallucht naar de ECO Air Care units)
- 2 staalnamepunten voor de bemonstering van de gewassen lucht (na de ECO Air Care unit 2 en 3)
- 1 staalnamepunt voor de bemonstering van de ingaande verse buitenlucht (achtergrondconcentratie).

Een overzicht van de 7 staalnamepunten wordt afgebeeld in Figuur 6.



Figuur 6: Staalnamepunten (n= 7) voor ammoniak aangeduid op de plattegrond van de ouderdierenstal uitgerust met 4 ECO Air Care units. Iedere leiding is in duplo.



Figuur 7: Foto's van de staalnamepunten voor ammoniakbemonstering in stal- en gewassen lucht.

DUUR STAALNAME
 24 uur

MEETMETHODE

Voor het meten van de ammoniakconcentratie in de in- en uitgaande luchtstromen van de ECO Air Care units en in de verse buitenlucht werd gebruik gemaakt van de 'natchemische methode' gebaseerd op het Compendium voor monsterneming, meting en analyse van lucht LUC/VII/001: NH₃ rendementsbepaling van luchtwassers bij stalsystemen (https://reflabos.vito.be/2023/LUC_VII_001.pdf) (LUC, 2022). Bij deze meetmethode wordt de lucht via een PTFE-monsternameleiding met een constante luchtstroom aangezogen met behulp van een pomp en doorheen gaswasflessen geleid waar de NH₃ aanwezig in de lucht wordt afgevangen in een zwavelzuur-oplossing.

In totaal werden 7 staalnamepunten bemonsterd. Vanuit elk staalnamepunt vertrokken 2 leidingen (= duplo). Zodra de PTFE-leidingen de stal verlieten, werden ze tot 105°C verwarmd om condensatie van de stallucht en vervluchtiging van ammoniumzouten te voorkomen. Iedere staalnameleiding

werd apart bemonsterd: één bemonsteringstrein bestond uit 3 of 2 (bij achtergrondconcentraties) gevulde gaswasflessen. De volumes gaswasvloeistof (0,1M H₂SO₄) in de gaswasflessen werden afgestemd op het bemonsteringspunt en varieerden tussen 100 en 200 mL. Door middel van een flowmeter (AFM 103, Ankersmid M&C, België) werd een constante luchtstroom verkregen. De aanzuigsnelheid varieerde tussen ca. 2,0 en 4,0 L/min, afhankelijk van het staalnamepunt en de verwachte NH₃-concentratie (gebruikte pomp: THOMAS, KNF N86KNE, Sheboygan, Wiscaonsin, VS) (Tabel 1).

Tabel 1: Overzicht van de opstelling van de bemonsteringstrein en aanzuigsnelheid per bemonsteringspunt

Bemonsteringspunt	Bemonsteringstrein		
	Volgnummer gaswasfles	Volume 0,1M H ₂ SO ₄ [mL]	Aanzuigsnelheid [L/min]
Stallucht (voor unit)	1	200	Ca. 2
	2	100	
	3	100	
Gewassen lucht (na unit)	1	150	Ca. 4
	2	100	
	3	100	
Buitenlucht (achtergrondconcentratie)	1	100	Ca. 4
	2	100	

Na de laatste gaswasfles werd een droger gevuld met silica geplaatst zodat enkel droge lucht de gasteller bereikte. De hoeveelheid aangezogen lucht werd bepaald door middel van een droge gasteller (Gallus G1.6, Itron Inc., Liberty Lake, Washington, VS). De temperatuur van de gasstroom en de omgevingsdruk werden bepaald (temperatuur: Testo 175 T3 i.c.m. thermokoppel type K, Testo SE & Co. KGaA, Titisee-Neustadt, Duitsland; druk: OD81, Eltek, Drammen, Noorwegen) om de gemeten gasvolumes om te rekenen naar normaalcondities ($P_N = 1013,25$ mbar, $T_N = 273,15$ K).

De hoeveelheid afgevangen ammonium-stikstof werd na monsternamen geanalyseerd door middel van doorstroomanalyse (Flow Injectie Analyse (FIA)) en spectrometrische detectie volgens het Compendium voor de monsterneming, meting en analyse van water WAC/III/E/021: bepaling van het gehalte aan ammoniumstikstof met behulp van doorstroomanalyse (WAC, 2012). Afhankelijk van de bemonsteringslocatie werden de volumes gaswasvloeistof samengevoegd voor de analyse (Tabel 2).

Tabel 2: Overzicht van de gaswasvloeistoffen die voor analyse werden samengevoegd.

Bemonsteringslocatie	Analyse wasvloeistof
Voor unit	Gaswasfles 1 + gaswasfles 2 Gaswasfles 3
Na unit	Gaswasfles 1 Gaswasfles 2 Gaswasfles 3
Achtergrondconcentratie	Gaswasfles 1 Gaswasfles 2

Uit het bemonsterde gasvolume, de hoeveelheid ammonium-stikstof en de hoeveelheid opvangvloeistof kon de NH₃-concentratie in de bemonsterde lucht worden bepaald.

WAARBORGING KWALITEIT

ILVO beschikt over een ISO 17025:2017 accreditatie voor het bepalen van het verwijderingsrendement van luchtbehandelingstechnieken (BELAC-accreditatie 197-TEST). Metingen binnen dit meetplan werden uitgevoerd zoals beproevingen onder accreditatie, m.u.v. de bemonsteringsduur (24h i.p.v. 3x 30min). Alle borgingssystemen zoals opgenomen onder accreditatie werden opgevolgd.

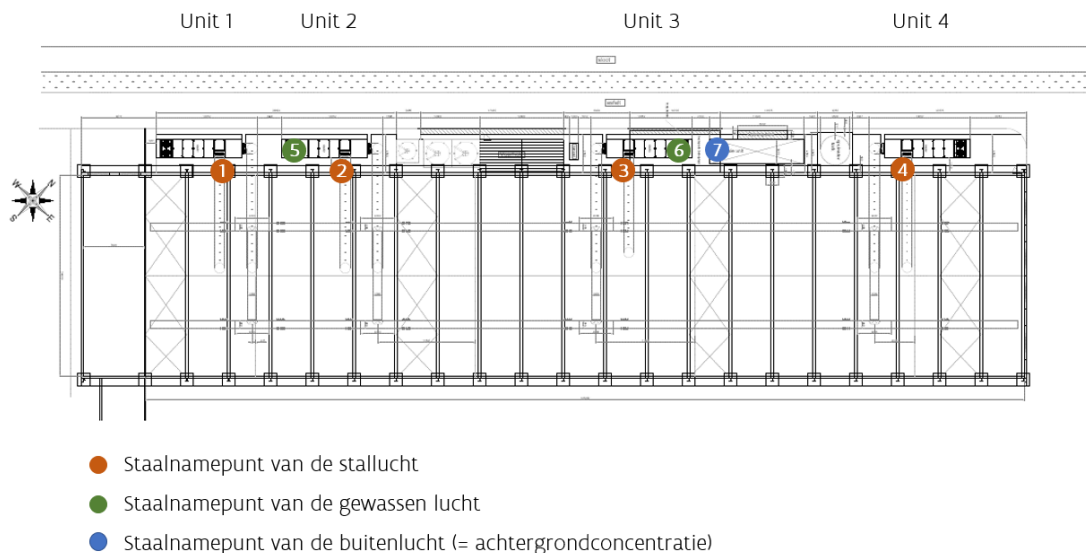
2.4.2 Geur

STAALNAMEPUNTEN

Tijdens elk van de 6 meetdagen werden er 7 staalnamepunten in enkelvoud bemonsterd gedurende 2 uur (2 x 60 min):

- 4 staalnamepunten voor bemonstering van de stallucht (in het afvoer kanaal van de stallucht naar de ECO Air Care units)
- 2 staalnamepunten voor bemonstering van de gewassen lucht (na de ECO Air Care unit 2 en 3)
- 1 staalnamepunt voor de bemonstering van de ingaande verse buitenlucht (achtergrondconcentratie).

Een overzicht van de 7 staalnamepunten wordt afgebeeld in Figuur 8.



Figuur 8: Staalnamepunten (n = 7) voor geur aangeduid op de plattegrond van de ouderdierenstal uitgerust met 4 ECO Air Care units.



Staalnamepunt van de stallucht

De gewassen
lucht wordt
boven de
ventilator
bemonsterd

Bemonstering via
een leiding die in het
kanaal wordt
geplaatst



Staalnamepunt van de gewassen lucht

Figuur 9: Foto's van de staalnamepunten voor geurbemonstering van stal- en gewassen lucht.

Het was praktisch onmogelijk om op 6 meter hoogte in de stal geurstalen te nemen, mede omdat het niet mogelijk was de stal te betreden vanwege bioveiligheidsvoorschriften. Daarom werd er in de buis waar de stallucht wordt afgevoerd richting de ECO Air Care unit een gaatje gemaakt waarin een PTFE-staalnameleiding kon worden gebracht. Van daaruit werd lucht aangezogen voor de geurstaalname van de stallucht (zie Figuur 9, links).

DUUR STAALNAME

2 uur tussen 10 en 12 uur

MEETMETHODE

De geurstaalname werd volgens de longmethode uitgevoerd, conform EN 13725. Bij de toepassing van de longmethode (Mol & Ogink, 2002) wordt een 24L Nalophan monsterzak in een gesloten vat geplaatst. Door lucht uit het vat te zuigen met behulp van een pomp (GilAir Plus, Sensidyne, Clearwater, Florida, VS), ontstaat in het vat een onderdruk en wordt de te bemonsteren lucht aangezogen in de staalnamezak. Voor de bepaling van de geurconcentratie werd omwille van praktische redenen op elk meetpunt twee keer 1 uur (van 10:00 tot 11:00 uur en van 11:00 tot 12:00 uur) stallucht aangezogen met een flow van ca. 0,4 L/min.

De geuranalyses op de stalen werden binnen 30 uur na monsternamen uitgevoerd door middel van dual forced-choice olfactometrie (TO9 Evolution olfactometer, Olfasense GmbH, Kiel, Duitsland) volgens de Europese norm EN 13725:2022 (CEN, 2022).

WAARBORGING KWALITEIT

De geurmetingen (inclusief analyse in het geurlaboratorium) werden uitgevoerd volgens norm EN 13725:2022.

2.4.3 Fijn stof

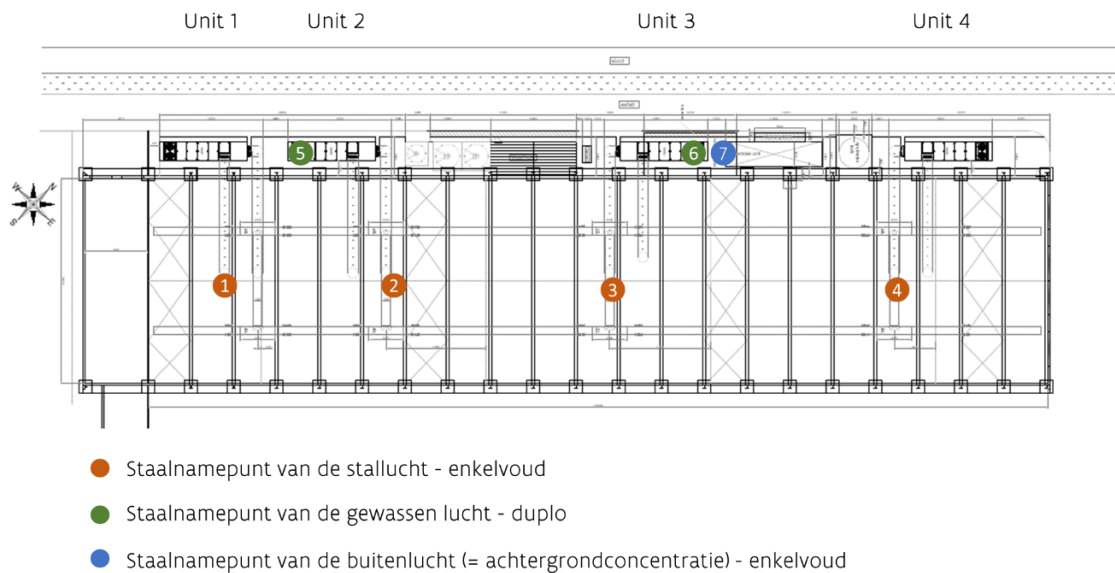
STAALNAMEPUNTEN

Tijdens elk van de 6 meetdagen werden 7 staalnamepunten bemonsterd:

- 4 staalnamepunten voor de bemonstering van de stallucht (in de stal, ter hoogte van de inlaat van de afvoerkanalen van de stallucht naar de ECO Air Care units)

- 2 staalnamepunten voor de bemonstering van de gewassen lucht (na de ECO Air Care unit 2 en 3) in duplo
- 1 staalnamepunt voor de bemonstering van de ingaande verse buitenlucht (achtergrondconcentratie).

Een overzicht van de 7 staalnamepunten wordt afgebeeld in Figuur 10.



Figuur 10: Staalnamepunten (n = 7) voor fijn stof (PM10) aangeduid op de plattegrond van de ouderdierenstal uitgerust met 4 ECO Air Care units.

In kader van bioveiligheid werd voorkomen dat externen de stal betraden. Daarom werd op elke fijn stof meetdag het geheel van inlaatkop, cycloon filterhouder, filter en aanzuigslang door de veehouder de stal binnengebracht en via een katrolsysteem (dat reeds op voorhand werd geïnstalleerd) op de juiste locatie gebracht (zie Figuur 11). De pompen stonden buiten de stal opgesteld in een geconditioneerde meetwagen. De afstand van de cycloon tot de pomp bedroeg < 30 meter, waardoor de werking van de pomp gegarandeerd kon worden.



Katrolsysteem voor staalname fijn stof van de stallucht

Inlaatkopen voor staalname fijn stof worden in de nabijheid van de ventilatoren gehangen na controle luchtsnelheid (< 2m/s)



Staalnamepunt van de gewassen lucht

Figuur 11: Foto's van de staalnamepunten voor fijn stofbemonstering van de stal- en gewassen lucht.

Om correcte staalname te garanderen, is het voor het meten van fijn stof belangrijk dat de luchtsnelheid aan de inlaat van de monsternamekoppen niet hoger is dan 2 m/s. De luchtsnelheden aan de monsternamekoppen werden gemeten voor aanvang van de metingen (rond 12u00). Er werd tevens een beperkte marge in rekening gebracht zodat de luchtsnelheid t.h.v. de monsternamekoppen tijdens de volledige staalnameduur steeds <2 m/s was, ook indien een eventuele lichte stijging van het debiet (en dus ook de luchtsnelheid) gedurende de dag zou optreden.

DUUR STAALNAME

24 uur

MEETMETHODE

Fijn stof werd bemonsterd aan de hand van een gravimetrische referentiemethode EN 12341 (CEN, 2014). Bij deze methode wordt de gewenste fractie PM van het aanwezige stof (in dit geval PM10) in de aangezogen lucht gescheiden en opgevangen op een filter. Het verschil in gewicht van de onbeladen en beladen filter geeft de hoeveelheid afgevangen PM10. In combinatie met het aangezogen debiet tijdens de monstername, kan de concentratie aan PM10 in de lucht worden bepaald.

Deze referentiemethode gebruikt impactor-voorafscheiders om de gewenste fractie te bekomen. De impactorplaten raken echter vlug overbeladen in stoffige omgevingen zoals veestallen. Wageningen Livestock Research heeft daarom een gelijkaardige methode ontwikkeld en gevalideerd, waarbij de impactor-voorafscheider wordt vervangen door een cycloon-voorafscheider (Hofschreuder et al., 2008; Ogink et al., 2011). Het voordeel van deze cyclonen is dat deze veel grotere hoeveelheden grof stof kunnen afvangen en dus wel geschikt zijn voor metingen in veestallen. Voor de staalnamepunten van de gewassen- en stallucht werd dus een cycloon-voorafscheider (URG-2000-30ENB, URG corp., Chapel Hill, North Carolina VS) gebruikt terwijl voor de ingaande verse buitenlucht de standaard referentiemethode met een impactor-voorafscheider (impactor met inlaat voor PM 10 volgens norm EN 12341:2014) werd gebruikt.

De gewenste fractie stof (PM10) werd verzameld op glasvezelfilters met een diameter van 47 mm (type MN GF-3, Macherey-Nagel GmbH & Co., Düren, Duitsland). Lucht werd door inlaat, cycloon en filter gezogen door middel van constant-flow monsternamepompen (Derenda MVS 6.1, Comde-Derenda GmbH, Stahnsdorf, Duitsland). Het debiet van deze monsternamepompen blijft constant bij toename van de drukval over de filter, waardoor een stabiele luchtstroom wordt verkregen binnen 2% van de nominale waarde. De pompen werden geprogrammeerd op een flow van 1,0 m³/uur om correcte werking van de cyclonen te garanderen. Voor de impactor (achtergrondconcentratie) werd een flow van 2,3 m³/uur aangehouden.

De filters werden zowel voor als na de staalname geacclimatiseerd voor minimaal 48 uur bij 20 ±1°C en 50±5% RV in een klimaatkast (Memmert, Model HPP108, Schwabach, Germany). Nadien werd elke filter 4x gewogen over een periode van 48 uur op een precisiebalans met resolutie van 10 µg (MSA225S-100-DI, Sartorius GmbH, Göttingen, Duitsland). Het gemiddelde van de 4 metingen bepaalde het gewicht van elke filter. Het verschil in gewicht voor en na de metingen werd gebruikt om de hoeveelheid verzameld stof te bepalen.

WAARBORGING KWALITEIT

De metingen van de verse buitenlucht werden uitgevoerd volgens EN 12341:2014. De metingen voor en na de unit werden uitgevoerd volgens een methode die equivalent is aan de methode beschreven in norm EN 12341:2014, namelijk een gravimetrisch systeem met cycloon voorafscheider (de referentie).

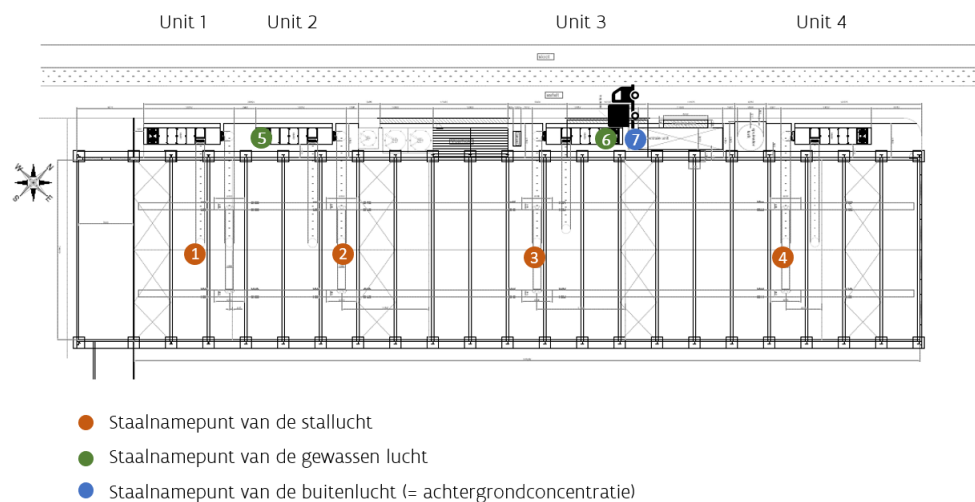
2.4.4 Methaan

STAALNAMEPUNTEN

Er werden 7 staalnamepunten gedurende 24 uur continu bemeten door middel van een multigas analyser (Axetris TDLS gas sensor LGD Compact-A) (Figuur 12):

- 4 staalnamepunten voor de bemonstering van de stallucht (in de stal, ter hoogte van de inlaat van de afvoerkanalen van de stallucht naar de ECO Air Care units)
- 2 staalnamepunten voor de bemonstering van de gewassen lucht (na de ECO Air Care unit 2 en 3)
- 1 staalnamepunt voor de bemonstering van de ingaande verse buitenlucht (achtergrondconcentratie).

Deze analyser kan naast de concentratie aan CH₄, ook de concentratie CO₂ meten.



Figuur 12: Staalnamepunten ($n = 7$) voor CH₄ aangeduid op de plattegrond van de ouderdierenstal uitgerust met 4 ECO Air Care Units.

DUUR STAALNAME

Continue bemonstering gedurende 24 uur.

MEETMETHODE

Per staalnamepunt vertrok een PE-leiding richting de meetwagen. Op de locatie waar de PE-leidingen de stal verlieten, werden ze met behulp van een verwarmingslint tot $\pm 30^{\circ}\text{C}$ verwarmd om condensatie door afkoeling te voorkomen. Methaan werd 24 uur gemeten door gebruik te maken van een Laser Gas Detection Module van Axetris (TDLS gas sensor LGD Compact-A). De Axetris LGD Compact-A werkt volgens het Tunable Diode Laser Spectroscopy (TDL) meetprincipe. Met behulp van een multisampler werden alle kanalen sequentieel bemeten.

WAARBORGING KWALITEIT

De multigasanalyser die gebruikt werd voor de concentratiemetingen van methaan (en CO₂) werd gekalibreerd in het laboratorium door een mengsel van verschillende gekende concentraties CH₄, N₂O, CO₂ en NH₃ m.b.v. gasflessen aan te bieden. Daarna werd een kalibratiecurve bepaald d.m.v. lineaire regressie die vervolgens werd toegepast op de meetdata om deze te corrigeren.

2.4.5 Ventilatie-debiet

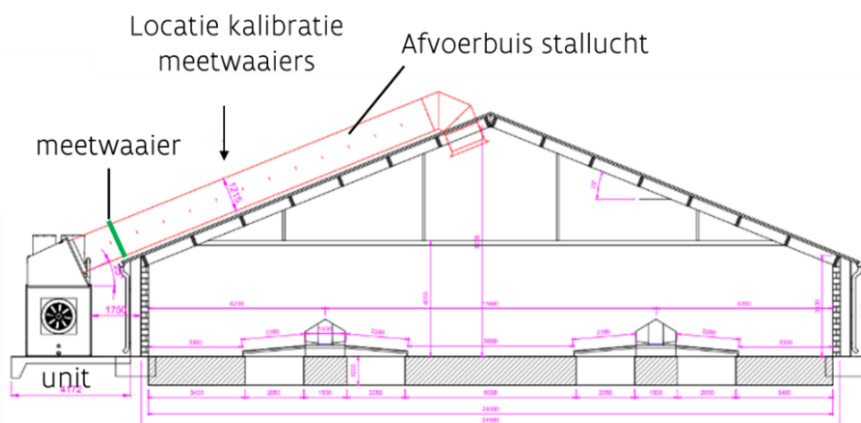
Elke ECO Air Care unit is voorzien van een meetventilator op de uitgaande luchtstroom (Figuur 13). Deze meetventilator meet de luchtsnelheden indirect door het aantal omwentelingen per

tijdseenheid te registreren. Na het omrekenen van de lichtsnelheden naar debieten, wordt elke 5 minuten een gemiddeld debiet (m^3/uur) van de uitgaande luchtstroom geregistreerd via een klimaatcomputer.

KALIBRATIE MEETWAAIERS

De meetwaaiers aanwezig in elke ECO Air Care unit (n=4) werden voor de start van de ronde en na het einde van de ronde gekalibreerd m.b.v. twee hittedraadsensoren. De metingen werden met hittedraadsensoren uitgevoerd aangezien metingen met pitotbuizen (= de referentiemethode) praktisch onhaalbaar was. Het ventilatiedebiet van een unit werd gradueel opgevoerd van 20 tot 100%, in stappen van 10%. De hittedraadsensoren werden tijdens de metingen steeds volgens hetzelfde protocol gebruikt en steeds door dezelfde persoon gehanteerd. Een gedetailleerde omschrijving hoe de staalnamepunten in de doorsnede van het gaskanaal werden bepaald en de resultaten van de kalibratie van de meetwaaiers zijn te vinden in Bijlage III.

De gebruikte hittedraadsensoren werden gevalideerd t.o.v. pitotbuizen door het uitvoeren van simultane metingen in een windtunnel. Voor resultaten van de validatie zie Bijlage IV.



Figuur 13: Positie meetwaaier in de uitgaande luchtstroom; Deze bevindt zich voor de ventilatoren in de ventilatiekokers.

2.4.6 Koolstofdioxide, relatieve vochtigheid en temperatuur

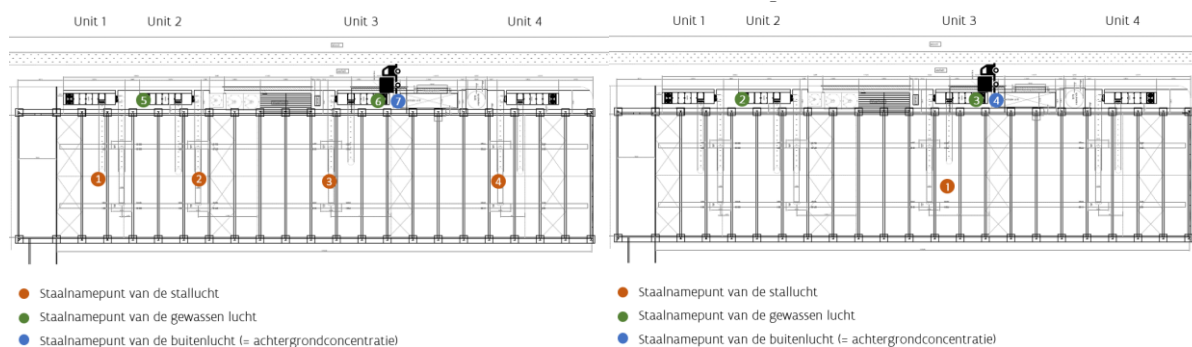
STAALNAME

Per staalnamepunt vertrok een PE-leiding richting de meetwagen. Op de locatie waar de PE-leidingen de stal verlieten, werden ze met behulp van een verwarmingslint tot $\pm 30^\circ\text{C}$ verwarmd om condensatie door afkoeling te voorkomen.

MEETMETHODE

De CO_2 -concentratie werd continu gemeten tijdens alle meetdagen door middel van een multigas analyser (Axetris TDLS gas sensor LGD Compact-A). Tijdens de eerste 24 uur per meetweek (meting fijn stof) waren er 7 staalnamepunten, tijdens de rest van de meetweek 4 staalnamepunten¹. Voor vleeskuikenouderdieren zijn geen landbouwkundige randvoorwaarden opgenomen in de Nederlandse protocollen. Ter indicatie wordt de grens van 3000 ppm gebruikt. Ervaring leert echter dat het gebruikelijk is dat CO_2 -concentraties bij vleeskuikenouderdieren hoger zijn dan 3000 ppm (Winkel et al., 2015).

¹ Aangezien CO_2 -concentraties worden gemeten in het kader van dierenwelzijn en de landbouwkundige randvoorwaarden zijn 4 meetpunten voldoende.



Figuur 14: Staalnamepunten (links: $n = 7$, rechts: $n = 4$) voor CO_2 aangeduid op de plattegrond van de ouderdierenstal uitgerust met 4 ECO Air Care Units. Links: tijdens de eerste 24 uur, rechts: tijdens de rest van de meetweek.

Op alle meetdagen werden de temperatuur en relatieve vochtigheid van de stallucht gemeten aan de hand van 4 temperatuur- en 1 relatieve vochtigheidssensoren (T: Hotraco Agri PT1000; RV: Hotraco Agri RV-A-0-5). De 4 temperatuursensoren hangen recht evenredig verdeeld over de stal, op $1/4^e$ en $3/4^e$ over de stallengte en boven de 2 nesten op zo'n 1,5 m hoogte. De RV sensor hangt in het midden van de stal op een hoogte van 2 m. De sensoren registreerden elke minuut de gemeten waarde.

2.4.7 Droge stof gehalte van de mest-strooisellaag (mengstaal)

STAALNAME

Op de dag van de opstart van de ammoniakmetingen werd een mengstaal van de mest-strooisellaag (mengstaal) verzameld volgens het *Compendium Bemonsterings- en analysemethodes voor mest, bodem en veevoeder in het kader van het mestdecreet droge stof gehalte worden bepaald*. BAM/deel4/01-A: Vaste mest – Bemonstering (<https://reflabos.vito.be/2021/BAM-deel4-01-A.pdf>) (BAM, 2019). Het mengstaal werd samengesteld op volumebasis en werd geanalyseerd voor de bepaling van het droge stof gehalte.

MEETMETHODE

Het vochtgehalte van het mengstaal werd bepaald volgens het *Compendium voor monsterneming en analyse in uitvoering van het Materialendecreet en het bodemdecreet CMA/2/IV/1: vocht/droogrest* (https://reflabos.vito.be/2023/CMA_2_IV_1.pdf) (CMA, 2018).

Een gedetailleerde omschrijving hoe het mengstaal werd genomen en werd samengesteld, is terug te vinden in Bijlage V.

2.4.8 Was- en spuiwater

STAALNAME

Spuiwater werd genomen aan de aftapkraan die zich in de technische ruimte bevindt waar de 4 units worden aangestuurd. Waswater werd genomen in de units zelf.

Op de meetdagen voor ammoniak werd telkens een spuiwaterstaal en in twee ECO Air Care units (unit 2 en 3) een waswaterstaal genomen. De hoeveelheden toegevoegd water in het voorraadvat en de hoeveelheid geproduceerd spuiwater werden geregistreerd over de volledige meetronde.

MEETMETHODE

De volgende parameters werden bepaald: pH, geleidbaarheid, het gehalte aan ammonium en sulfaat (Tabel 3).

Tabel 3: Overzicht van de parameters waarop het was- en spuiwater werden geanalyseerd met bijhorende analysemethode.

Parameter	Analysemethode
pH-H ₂ O	EN 13037
Elektrische geleidbaarheid	EN 13038
N _{totaal}	Volgens Dumas
SO ₄	Ionenchromatografie
NO ₃ -N	Ionenchromatografie
NH ₄ -N	ISO 11732, WAC/III/E/021

2.4.9 Productiegegevens

Op elke meetdag werden o.a. volgende productiegegevens verzameld om na te gaan of voldaan werd aan de landbouwkundige voorwaarden zoals vermeld in de Nederlandse protocollen:

- Aantal aanwezige dieren;
- Gemiddeld diergewicht;
- Eiproductie: legpercentage, aantal eieren en gemiddeld eigewicht;
- Voerverbruik van de dieren;
- Waterverbruik van de dieren;
- Voersamenstelling;
- Uitval;
- Evt. toediening van medicatie of additieven.

2.5 Controle van windinslag bij staalname aan de uitgang van de units

Windinslag tijdens staalname van de uitgaande luchtstroom moet op elk moment vermeden worden. Als dit toch gebeurt, kan de gemeten uitgaande concentratie onderschat worden wat leidt tot een overschatting van het berekende verwijderingsrendement. Het al dan niet optreden van windinslag werd gecontroleerd met behulp van de gemeten CO₂-concentraties in de lucht voor en na de units. De verwachting is dat deze concentratie weinig beïnvloed wordt door de units zelf. Als de CO₂-concentratie in de lucht na de units lager is dan de ingaande lucht, is er hoogstwaarschijnlijk sprake van inmenging van verse buitenlucht bij de staalname aan de uitgang van de units.

Aan volgende criteria moet worden voldaan:

- CO₂-concentratie voor de unit ≤ 1500 ppm => C_{voor unit} - C_{na unit} = maximaal 100 ppm
- CO₂-concentratie voor de unit > 1500 => C_{voor unit} - C_{na unit} = maximaal 300 ppm

Met: C_{voor unit} = concentratie CO₂ in de lucht voor de unit (ppm)

C_{na unit} = concentratie CO₂ in de lucht na de unit (ppm)

3 Dataverwerking en -analyse

3.1 Verwijderingsrendement

Voor unit 1 en 4 werd de pollutieconcentratie enkel in de stallucht voor de unit gemeten en niet in de gewassen lucht na de unit. Voor unit 2 en 3 werd de pollutieconcentratie gemeten zowel in de stallucht als in de gewassen lucht en kon voor deze units een gemiddeld verwijderingsrendement berekend worden.

STAP 1: GEMIDDELDE CONCENTRATIE

In het geval van een duplo concentratiemeting (fijn stof en ammoniak) werd de gemiddelde concentratie (rekenkundig gemiddelde) per staalnamepunt berekend. Als voorbeeld voor het staalnamepunt 'gewassen lucht unit 2' geldt de volgende berekening:

$$C_{\text{gemiddelde gewassen lucht unit 2}} = (C_{\text{gewassen lucht unit 2a}} + C_{\text{gewassen lucht unit 2b}}) / 2$$

met:

C: concentratie [fijn stof: mg/Nm³; ammoniak: mg/Nm³]

Voor geur werden 2 concentraties verkregen per staalnamepunt, één voor elk uur. Voor het berekenen van het verwijderingsrendement werd eerst per staalnamepunt de gemiddelde geurconcentratie (geometrisch gemiddelde) berekend van de twee stalen. Als voorbeeld voor het staalnamepunt 'gewassen lucht unit 2' geldt de volgende berekening:

$$C_{\text{gemiddelde gewassen lucht unit 2}} = \sqrt{C_{\text{gewassen lucht unit 2a}} * C_{\text{gewassen lucht unit 2b}}}$$

met:

C: concentratie [geur: OU_E/m³]

STAP 2: VERWIJDERINGSRENDEMENT PER UNIT, PER MEETDAG

Vervolgens werd per meetdag het verwijderingsrendement berekend voor ECO Air Care unit 2 en 3, voorbeeld voor unit 2:

verwijderingsrendement_{unit 2, meetdag x} =

$$(C_{\text{stallucht unit 2, meetdag x}} - C_{\text{gewassen lucht unit 2, meetdag x}}) / C_{\text{stallucht unit 2, meetdag x}} * 100$$

STAP 3: GEMIDDELDE VERWIJDERINGSRENDEMENT PER MEETDAG

Daarna werd het gemiddelde verwijderingsrendement bepaald per meetdag, als het gemiddelde over de 2 units per meetdag:

$$\text{verwijderingsrendement}_{\text{gemiddelde meetdag x}} = (\text{verwijderingsrendement}_{\text{unit 2, meetdag x}} + \text{verwijderingsrendement}_{\text{unit 3, meetdag x}}) / 2$$

STAP 4: JAARGEMIDDELTE VERWIJDERINGSRENDEMENT

Het jaargemiddelde verwijderingsrendement werd per pollutant bepaald door het gemiddelde te nemen van de gemiddelde verwijderingsrendementen per meetdag.

3.2 Polluentemissies

STAP 1: POLLUENTCONCENTRATIES NA UNIT 1 T.E.M. 4 PER MEETDAG

Voor units 2 en 3 kon een gemiddeld verwijderingsrendement per meetdag berekend worden (zie Verwijderingsrendement). Door het toepassen van dit gemiddelde verwijderingsrendement op de pollutentconcentraties gemeten in de stallucht voor elke unit, werd berekend wat de pollutentconcentraties waren na passage door elke unit (= $C_{\text{gewassen lucht unit } x}$):

$$\text{Berekende } C_{\text{gewassen lucht unit } x} = \left(1 - \left(\frac{\text{gemiddelde verwijderingsrendement per meetdag}}{100}\right)\right) * C_{\text{stallucht unit } x}$$

*in het geval van duplo metingen; waarbij:
 $C_{\text{gemiddelde stallucht unit } x, \text{ (ammoniak)}} = (C_{\text{stallucht unit } xa} + C_{\text{stallucht unit } xb}) / 2$
 $C_{\text{gemiddelde stallucht unit } x, \text{ (geur)}} = \sqrt{C_{\text{stallucht unit } xa} * C_{\text{stallucht unit } xb}}$

C: concentratie [fijn stof: mg/m³; ammoniak: mg/m³; methaan: ppm; geur: OU_E/m³]

STAP 2: EMISSIES NA DE UNIT PER MEETDAG

Voor ammoniak, fijn stof en methaan werd per meetdag en per unit één emissiewaarde verkregen via volgende formule:

$$E_{\text{meetdag, unit } x} = V_{\text{unit } x} * (C_{\text{gewassen lucht, unit } x} - C_{\text{gewassen achtergrond}}^*)$$

met:
 $V_{\text{unit } x}$ = gemiddelde debiet door unit x [m³/dag; bij geur: m³/s]
 $C_{\text{gewassen lucht, unit } x}$ = berekende pollutentconcentratie in de uitgaande luchtstroom van unit x [fijn stof: g/m³; ammoniak: kg/m³; geur: OU_E/m³, methaan: g/m³]
 $C_{\text{gewassen achtergrond}}$ = berekende pollutentconcentratie in de inkomende verse buitenlucht [fijn stof: g/m³; ammoniak: kg/m³; methaan: g/m³]

* met uitzondering voor geur waar geen achtergrondconcentratie in rekening wordt gebracht

Daarna werden de emissies van alle units gesommeerd en gedeeld door het aantal aanwezige dieren. Daaruit volgt de emissie per meetdag voor de volledige stal (kg of g/dier/dag of OU_E/dier/s).

STAP 3: INSCHATTING GEMIDDELTE EMISSIE PER JAAR

Deze meetcampagne betreft metingen op 1 stal uitgerust met het ECO Air Care systeem. Op basis van deze meetgegevens is het onmogelijk om de gemiddelde performantie van het systeem bij vleeskuikenouderdieren vast te stellen omwille van het ontbreken van herhalingen op andere meetsites.

Op vraag van de fabrikant wordt ingeschat of het systeem het potentieel heeft om de emissies van ammoniak, geur, fijn stof en methaan te verlagen ten opzichte van de traditionele huisvesting van vleeskuikenouderdieren. Om deze inschatting te kunnen maken werd het gemiddelde genomen van de berekende dagemissies en voor fijn stof, ammoniak en methaan gecorrigeerd voor een leegstand van 13% voor vleeskuikenouderdieren volgens de Nederlandse protocollen. Dit percentage benadert het effectieve leegstandpercentage voor de bemeten ronde, nl. 11.8% (zie Tabel 4).

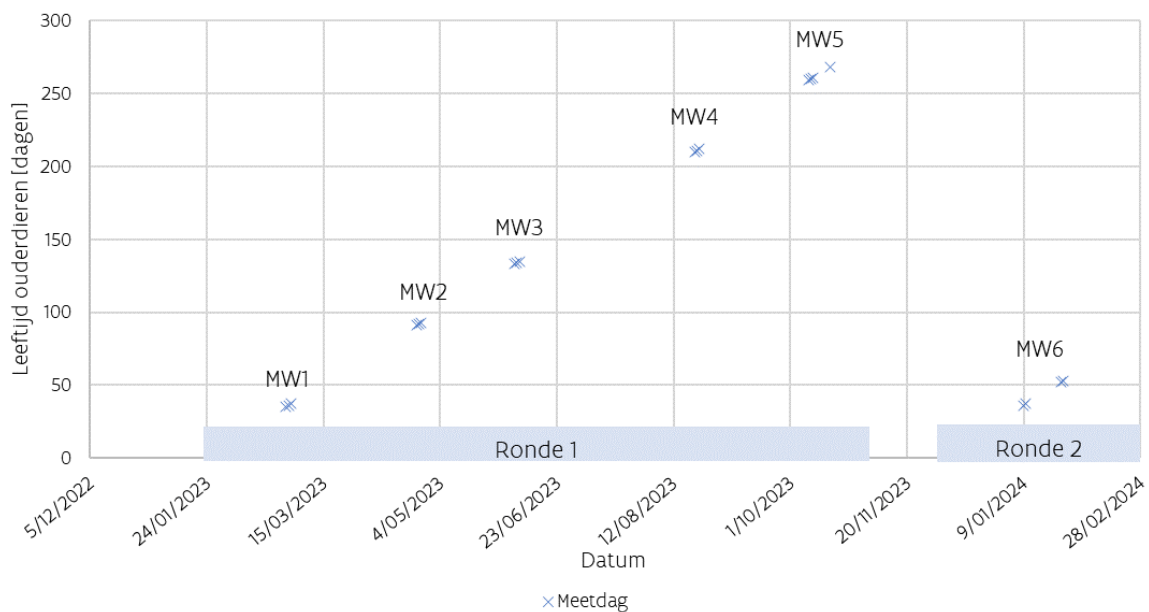
$E_{\text{jaargemiddelde (fijn stof, ammoniak en methaan)}} = \text{rekenkundig gemiddelde } E_{\text{meetdagen}} * 365 * 0.87$ $E_{\text{jaargemiddelde (geur)}} = \text{geometrisch gemiddelde } E_{\text{meetdagen}}$ <p>[fijn stof: g/dier/jaar; ammoniak: kg/dier/jaar; methaan: g/dier/jaar; geur: OU_E/dier/s]</p>

4 Resultaten

4.1 Algemene informatie

De Nederlandse protocollen schrijven voor dat er voor diergroepen met een stabiel emissiepatroon (i.e. ouderdieren van vleeskuikens), er tweemaandelijks metingen moeten plaatsvinden, waarbij binnen een tijdvak van twee maanden een meting op een at random gekozen dag dient te worden uitgevoerd.

De metingen werden uitgevoerd tussen 27 februari 2023 t.e.m. 25 januari 2024, over twee productierondes (Figuur 15).



Figuur 15: Verdeling van de meetdagen (x) en meetweken (MW) over de twee productierondes.

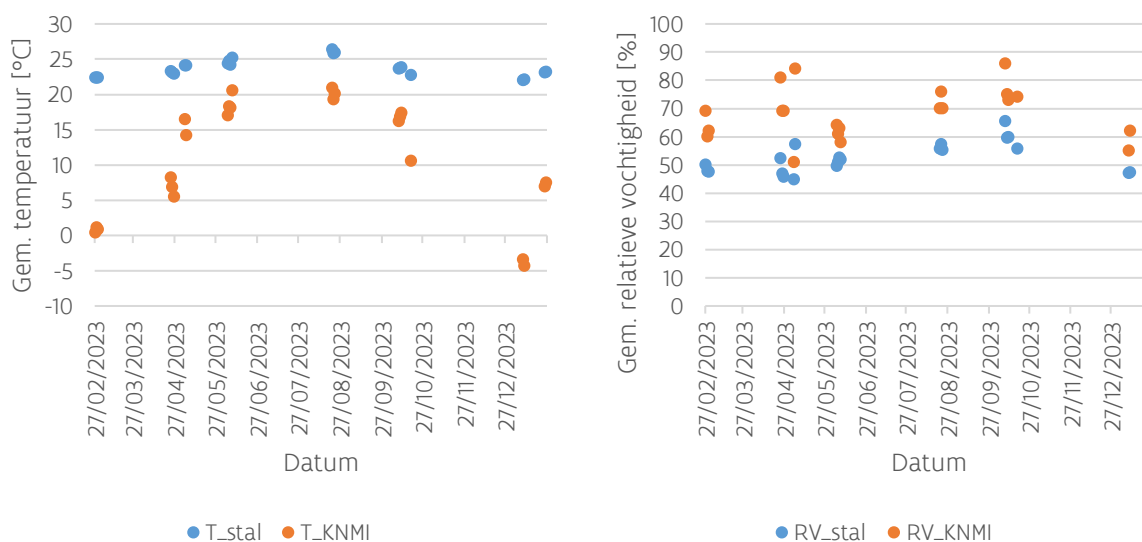
Het verloop van de twee productierondes met het aantal opgezette en uitgevallen dieren, wordt weergegeven in Tabel 4.

Tabel 4: Aantal dagen leegstand, opgezette en uitgevallen dieren per productieronde.

Leegstand [# dagen]		27
Ronde 1	Datum opzet	23/01/2023
	Aantal opgezette dieren	17258 hennen 1878 hanen
	Datum uitladen	04/11/2023
	Duur ronde [# dagen]	285
	Aantal uitgevallen dieren	1256 hennen 665 hanen
Leegstand [# dagen]		30
Ronde 2	Datum opzet	04/12/2023
	Aantal opgezette dieren	17327 hennen 1794 hanen
Leegstandspercentage op jaarbasis [%]		$(43/365) \cdot 100 = 11.8\%$

4.2 Stalklimaat

Figuur 16 toont de gemiddelde temperatuur en relatieve vochtigheid zowel in de stal als buiten de stal (geregistreerd door het KNMI-station te Eindhoven) gedurende de verschillende meetdagen. De staltemperatuur was stabiel met een gemiddelde temperatuur van 23,7 °C, een minimum van 22,0 °C in de winter en een maximum van 26,4 °C in de zomer. Het relatieve vochtgehalte in de stal was gemiddeld 45%, met een minimum en maximum van 53% en 65%, respectievelijk.



Figuur 16: Temperatuur (links) en relatieve vochtigheid (rechts) gemeten in de stal en in de buitenlucht volgens het KNMI-station te Eindhoven voor de verschillende meetdagen.

4.3 Technische resultaten, klimaatomstandigheden en voedergegevens

De technische resultaten en klimaatomstandigheden voor elke meetweek en de voedergegevens voor de productieronde worden weergegeven in Bijlage VI.

4.4 Controle van windinslag bij staalname van de uitgaande luchtstroom van de units

De resultaten worden weergegeven in Bijlage VII. Tijdens MW1 werd een daling waargenomen van de gemeten CO₂-concentraties in de lucht na de unit. Om windinslag tijdens de daaropvolgende meetweken te voorkomen, werden de units waarop de uitgaande lucht werd bemonsterd tussen meetweek 1 en 2 uitgerust met een houten constructie (Figuur 17).



Figuur 17: Houten constructie voorzien op unit 2 en 3.

Als gevolg van de inmenging van verse buitenlucht in MW1 werd deze meetweek niet meegenomen in de emissieberekeningen. In de Nederlandse protocollen staat dat minimaal 4 van de 6 voorgeschreven metingen per locatie bruikbaar moeten zijn. Met 5 bruikbare metingen per locatie wordt aan deze eis voldaan.

4.5 Emissie en verwijderingsrendement polluenten

4.5.1 Ammoniak

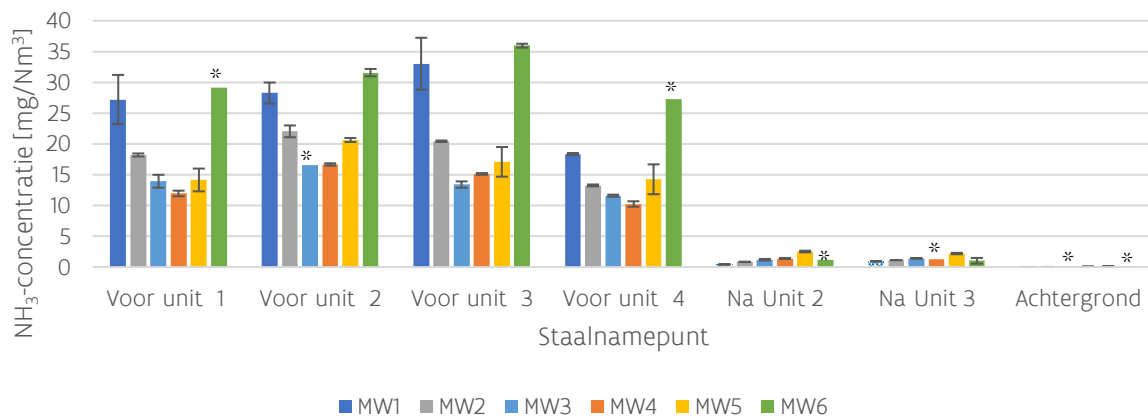
Tabel 5 toont de datums van de ammoniakmetingen, de ammoniakconcentraties in de stallucht, in de lucht na de unit en in de verse buitenlucht, alsook de berekende ammoniakemissies na de unit. De schuingedrukte waarden werden niet meegenomen in de gemiddelde emissieberekening aangezien er in MW1 windinslag werd vastgesteld.

Tabel 5: Data waarop de ammoniakmetingen zijn uitgevoerd met aantal dieren bij aanvang van de meting, gemeten ammoniakconcentratie in de stallucht, gewassen lucht en verse buitenlucht, en ammoniakemissie na de unit.

Variabele [eenheid]	Meting 1	Meting 2	Meting 3	Meting 4	Meting 5	Meting 6	GEM
Datum en tijd start meting [dd-mm-yyyy] [hh:mm]	28/02/'23 16:52	25/04/'23 15:05	07/06/'23 11:25	22/08/'23 14:11	10/10/'23 15:05	09/01/2024 15:04	
Datum en tijd stop meting [dd-mm-yyyy] [hh:mm]	01/03/'23 18:05	26/04/'23 15:07	08/06/'23 12:36	23/08/'23 15:13	11/10/'23 15:22	10/01/2024 15:25	
Aantal dieren bij aanvang van de meting	18837	18173	17905	17770	17518	18760	
Gemiddelde ventilatiedebiet [m ³ /u/dier]	1,52	2,15	4,56	5,21	4,64	1,14	
Gemiddelde NH ₃ -concentratie stallucht [mg/Nm ³] ± SD	26,7 ± 6,1	18,5 ± 3,8	13,9 ± 2,1	13,5 ± 2,9	16,5 ± 3,1	31,0 ± 3,8	18,7 ± 6,4
NH ₃ -concentratie verse buitenlucht [mg/Nm ³]	0,02	0,02	0,05	0,08	0,10	0,02	0,1 ± 0,0
Gemiddelde NH ₃ -concentratie gewassen lucht [mg/Nm ³] ± SD	0,7 ± 0,4	1,0 ± 0,2	1,3 ± 0,2	1,3 ± 0,1	2,4 ± 0,2	1,1 ± 0,1	1,4 ± 0,5
Verwijderingsrendement ^a [%]	98	95	91	92	87	97	92 ± 4
Gemiddelde emissie na unit NH ₃ [kg/dier/jaar]	0,006	0,014	0,040	0,041	0,068	0,008	0,034

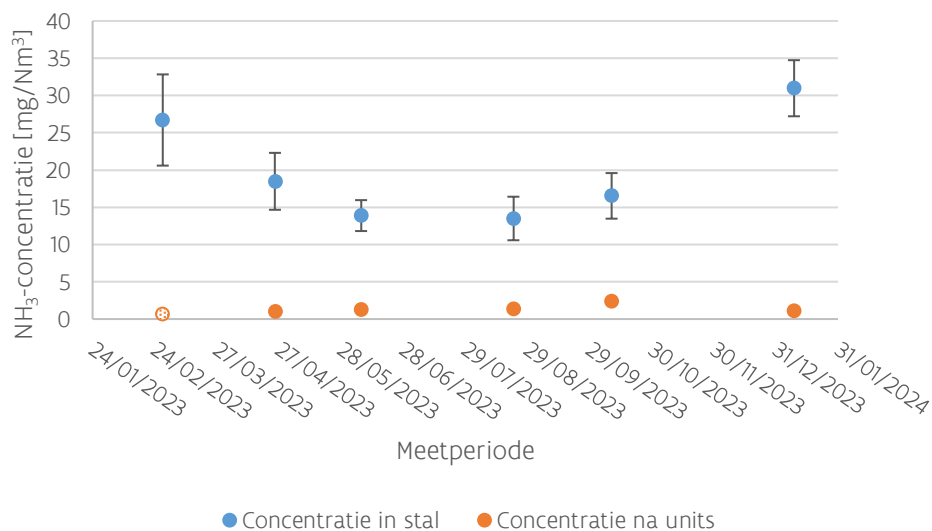
^a berekend over unit 2 en 3; SD: standaarddeviatie; GEM: gemiddelde van meting 2 tot en met 6

Figuur 18 toont de gemeten ammoniakconcentraties voor elk staalnamepunt van de stallucht (= voor de unit), van de gewassen lucht (= na de unit) en ingaande verse buitenlucht (= achtergrondconcentratie).



Figuur 18: Ammoniakconcentraties voor elk staalnamepunt gedurende meetweken (MW) 1 t.e.m. 6. De gestippelde balken duiden de metingen aan waar windinslag werd vastgesteld na de unit. Foutenbalken geven de standaardafwijking weer tussen duplo's (*: geen duplo wegens technische fout).

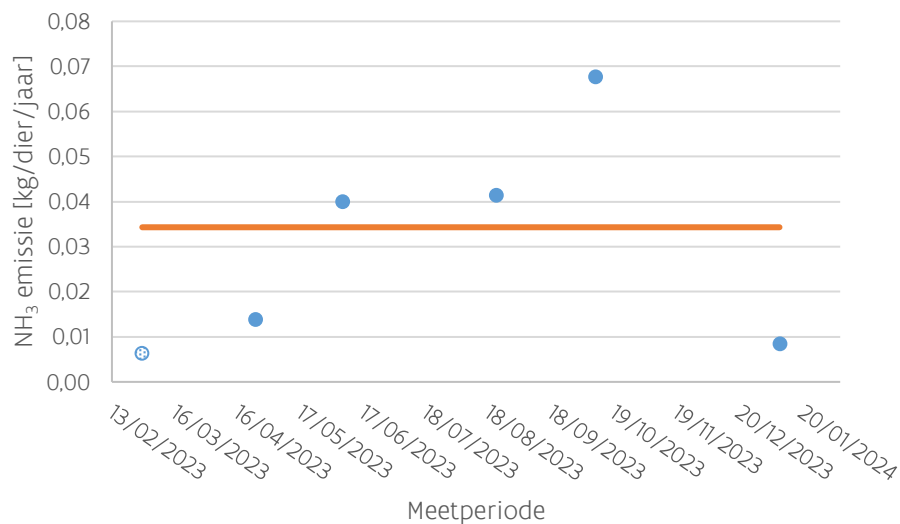
De gemiddelde ammoniakconcentraties voor elke meetweek worden weergegeven in Figuur 19. De gemiddelde ammoniakconcentratie (\pm standaardafwijking) in de stal bedroeg $18,7 \pm 6,4$ mg/Nm³ versus $1,4 \pm 0,5$ mg/Nm³ na de ECO Air Care unit voor de meetweken 2 t.e.m. 6.



Figuur 19: Gemiddelde ammoniakconcentraties in de stal en na de ECO Air Care units voor elke meetweek. Het gestippelde punt duidt de meting aan waar windinslag werd vastgesteld.

Het gemiddelde verwijderingsrendement voor ammoniak is $92 \pm 4\%$ voor de meetweken 2 t.e.m. 6 (Tabel 5).

De berekende ammoniakemissies na de ECO Air Care units worden weergegeven in Figuur 20. De emissies voor MW1 worden weergegeven maar werden niet meegenomen in de totale gemiddelde emissie uit de stal. De totale gemiddelde emissie bedraagt 0,034 kg/dier/jaar en wordt in onderstaande figuur aangeduid met een oranje lijn.



Figuur 20: Ammoniakemissie na de ECO Air Care units per meting. Het gestippelde punt duidt de meetweek aan waar windinslag werd vastgesteld. De oranje lijn duidt het jaargemiddelde van de ammoniakemissie aan voor meetweek 2 tot en met meetweek 6.

4.5.2 Geur

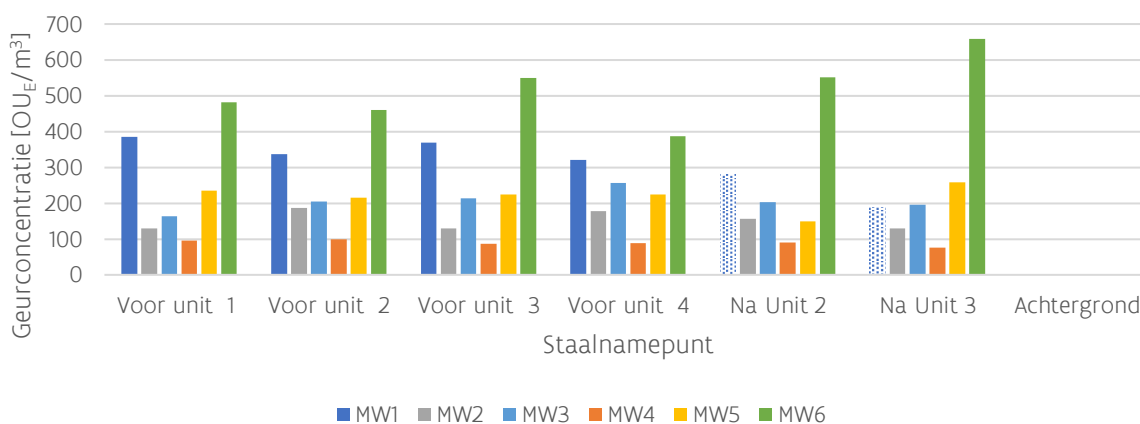
In Tabel 6 worden de datums waarop de geurmetingen zijn uitgevoerd, de geurconcentraties in de stallucht, in de lucht na de unit en in de verse buitenlucht weergegeven alsook de berekende geuremissie na de unit. De schuingedrukte waarden werden niet meegenomen in de gemiddelde emissieberekening aangezien er windinslag werd vastgesteld.

Tabel 6: Data waarop de geurmetingen zijn uitgevoerd met aantal dieren bij aanvang van de meting, gemeten geurconcentratie in de stallucht, gewassen lucht en verse buitenlucht en geuremissie na de unit.

Variabele [eenheid]	Meting 1	Meting 2	Meting 3	Meting 4	Meting 5	Meting 6	GEM
Datum en tijd start meting [dd-mm-yyyy] [hh:mm]	01/03/'23 9:55 – 12:07	26/04/'23 10:00 – 12:00	07/06/'23 10:00 – 12:03	23/08/'23 10:00 – 12:00	18/10/'23 10:00 – 12:00	25/01/'24 10:09 – 12:09	
Duur meting	2 x 1:00	2 x 1:00	2 x 1:00	2 x 1:00	2 x 1:00	2 x 1:00	
Aantal dieren bij aanvang van de meting	18822	18167	17905	17770	17456	18659	
Gemiddelde ventilatiedebiet [m ³ /u/dier]	1,79	2,67	4,55	6,43	2,90	2,36	
Meetkundig gemiddelde geurconcentratie stallucht [OU _E /m ³]	352	154	206	92	225	466	198
Geurconcentratie verse buitenlucht [OU _E /m ³]	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	
Meetkundig gemiddelde geurconcentratie gewassen lucht [OU _E /m ³]	229	142	200	91	196	603	198
Verwijderingsrendement ^a [%]	33	8	4	11	8	-20	2 ± 12
Meetkundig gemiddelde emissie na unit geur [OU _E /dier/s]	0,12	0,11	0,25	0,15	0,17	0,37	0,19

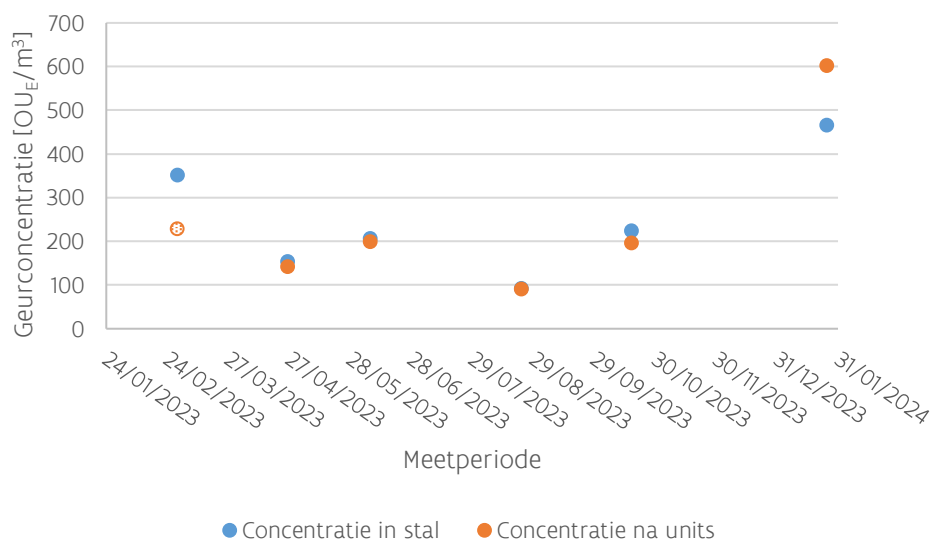
^a berekend over unit 2 en 3; SD: standaarddeviatie; GEM: gemiddelde van meting 2 tot en met 6; DL: detectie limiet

Figuur 21 toont de gemeten geurconcentraties voor elk staalnamepunt van de stallucht (= voor de unit), van de gewassen lucht (= na de unit) en ingaande verse buitenlucht (= achtergrond)..



Figuur 21: Geurconcentraties voor elk staalnamepunt gedurende meetweken (MW) 1 t.e.m. 6. De gestippelde balken duiden de metingen aan waar windinslag werd vastgesteld na de unit.

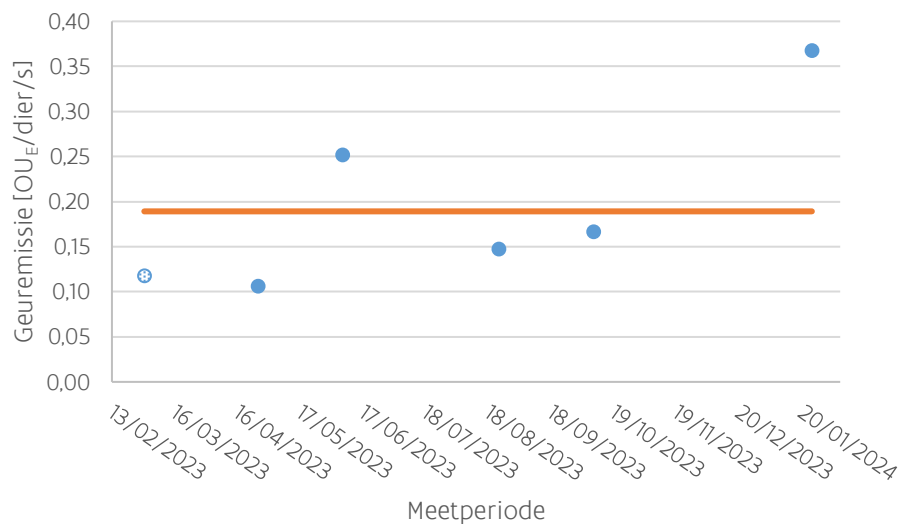
De gemiddelde (meetkundig) geurconcentraties voor elke meetweek worden weergegeven in Figuur 22. De gemiddelde geurconcentratie (meetkundig) in de stal bedroeg 198 OU_E/m^3 versus 198 OU_E/m^3 na de ECO Air Care unit voor de meetweken 2 t.e.m. 6.



Figuur 22: Meetkundig gemiddelde geurconcentraties in de stal en na de ECO Air Care units voor elke meetweek. Het gestippelde punt duidt de meting aan waar windinslag werd vastgesteld.

Het gemiddelde verwijderingsrendement voor geur is $2 \pm 12\%$ voor de meetweken 2 t.e.m. 6 (Tabel 6). Gezien de grote meetonzekerheid op het bepalen van geuremissies, is dit verwijderingsrendement hoogstwaarschijnlijk niet statistisch significant verschillend van 0%. Het negatieve verwijderingsrendement voor meting 6 is wellicht ook te verklaren door de grote meetonzekerheid van olfactometrie, en niet door geurproductie van de ECO Air Care units.

De berekende geuremissies na de ECO Air Care units worden weergegeven in Figuur 23. Ook hier wordt MW1 weergegeven maar niet meegenomen in de berekening. Het meetkundig jaargemiddelde van de geuremissie bedraagt 0,19 $\text{OU}_E/\text{dier}/\text{s}$.



Figuur 23: Geuremissie na de ECO Air Care units per meting. Het gestippeld punt duidt de meetweek aan waar windinslag werd vastgesteld. De oranje lijn duidt het meetkundig jaargemiddelde van de geuremissie aan voor meetweek 2 tot en met meetweek 6.

4.5.3 Fijn stof

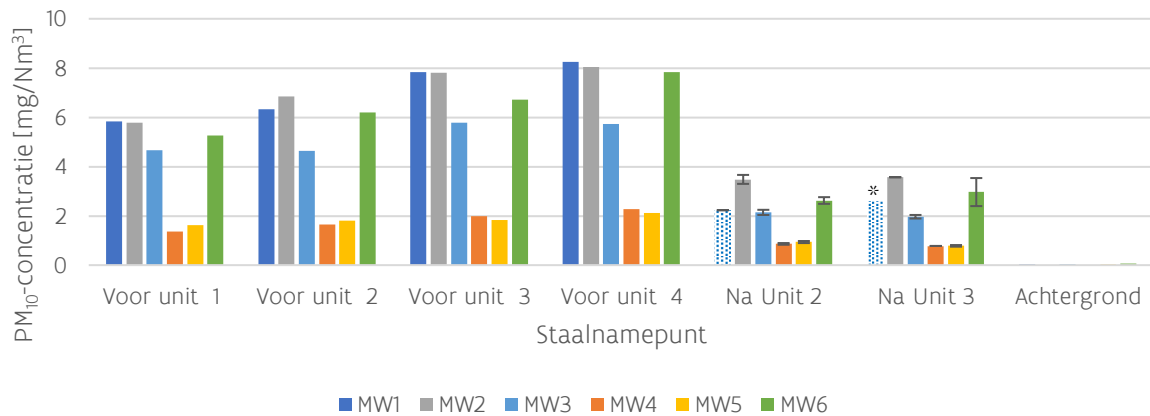
Tabel 7 toont de datums van de fijn stofmetingen, de fijn stofconcentraties in de stal, in de lucht na de unit en in de verse buitenlucht, alsook de berekende fijn stofemissies na de unit. De schuingedrukte waarden werden niet meegenomen in de gemiddelde emissieberekening wegens windinslag.

Tabel 7: Data waarop de fijn stofmetingen zijn uitgevoerd met aantal dieren bij aanvang van de meting, gemeten fijn stofconcentratie in de stallucht, gewassen lucht en verse buitenlucht en fijn stofemissie na de unit.

Variabele [eenheid]	Meting 1	Meting 2	Meting 3	Meting 4	Meting 5	Meting 6	GEM
Datum en tijd start meting [dd-mm-yyyy] [hh:mm]	27/02/'23 14:00	04/05/'23 12:30	05/06/'23 11:45	21/08/'23 12:30	09/10/'23 12:10	25/01/'24 11:30	
Datum en tijd stop meting [dd-mm-yyyy] [hh:mm]	28/02/'23 14:00	05/05/'23 12:30	06/06/'23 11:45	22/08/'23 12:30	10/10/'23 12:10	26/01/'24 11:30	
Aantal dieren bij aanvang van de PM ₁₀ meting	18919	18105	17928	17775	17528	18659	
Gemiddelde ventilatiedebiet [m ³ /u/dier]	1,50	3,79	4,29	5,59	4,21	2,65	
Gemiddelde PM ₁₀ -concentratie stallucht [mg/Nm ³] ± SD	7,1 ± 1,2	7,1 ± 1,0	5,2 ± 0,6	1,8 ± 0,4	1,8 ± 0,2	6,5 ± 1,1	4,5 ± 2,3
PM ₁₀ -concentratie verse buitenlucht [mg/Nm ³]	0,03	TF ^b	0,04	<DL	0,02	0,07	0,03 ± 0,03
Gemiddelde PM ₁₀ -concentratie gewassen lucht [mg/Nm ³] ± SD	2,4 ± 0,3	3,5 ± 0,1	2,1 ± 0,1	0,8 ± 0,1	0,9 ± 0,1	2,8 ± 0,2	2,0 ± 1,1
Verwijderingsrendement ^a [%]	66	52	60	54	53	57	55 ± 3
Gemiddelde emissie na unit PM ₁₀ [g/dier/jaar]	26	91	62	32	25	53	53

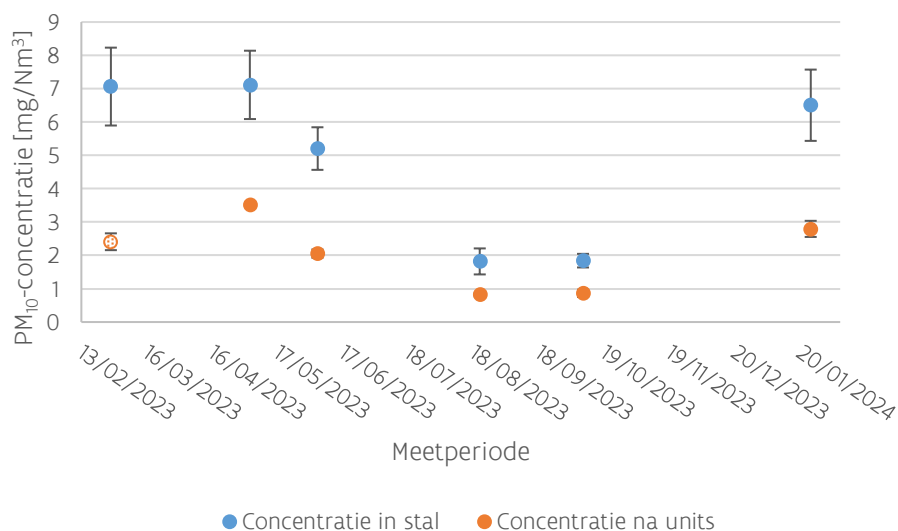
TF: technische fout; ^a berekend over unit 2 en 3; ^b achtergrondmeting met verkeerd aanzuigebiet; SD: standaarddeviatie; GEM: gemiddelde van meting 2 tot en met 6; DL: detectie limiet

Figuur 24 toont de gemeten fijn stofconcentraties voor elk staalnamepunt van de stallucht (= voor de unit), van de gewassen lucht (= na de unit) en ingaande verse buitenlucht (= achtergrondconcentratie). De foutenbalken geven de standaardafwijking weer van de duplometingen. De lage standaardafwijkingen bevestigen eerder onderzoek uit onze onderzoeksgroep (Zhuang & Laanen, 2023) dat de variatie tussen duplo fijn stofmetingen m.b.v. cyclonen laag is. Bovendien blijkt uit deze figuur dat er een concentratiegradiënt heerst over de stal, terwijl de concentraties na de unit eerder gelijkaardig zijn tussen unit 2 en 3. Dit concentratiegradiënt motiveert de keuze om op 4 staalnamepunten te meten in enkelvoud i.p.v. 2 staalnamepunten in duplo.



Figuur 24: Fijn stofconcentraties voor elk staalnamepunt gedurende meetweken (MW) 1 t.e.m. 6. De gestippelde balken duiden de metingen aan waar windinslag werd vastgesteld na de unit. Foutenbalken geven de standaardafwijking weer tussen duplo's (*: geen duplo wegens technische fout).

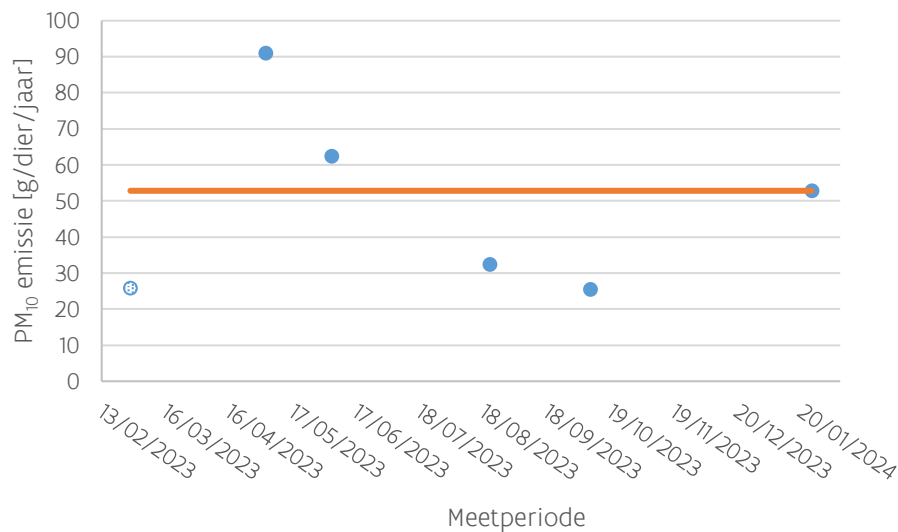
De gemiddelde fijn stofconcentraties over de meetperiode worden weergegeven in Figuur 25. De gemiddelde PM₁₀ concentratie (\pm standaardafwijking) in de stal bedroeg $4,5 \pm 2,3$ mg/Nm³ versus $2,0 \pm 1,1$ mg/Nm³ na de ECO Air Care unit voor de meetweken 2 t.e.m. 6.



Figuur 25: Gemiddelde fijn stofconcentraties in de stal en na de ECO Air Care units voor elke meetweek. Het gestippelde punt duidt de meting aan waar windinslag werd vastgesteld.

Het gemiddelde verwijderingsrendement voor fijn stof is $55 \pm 3\%$ voor de meetweken 2 t.e.m. 6 (Tabel 7).

De berekende fijn stofemissies na de ECO Air Care units worden weergegeven in Figuur 26. Ook hier wordt MW1 weergegeven maar niet meegenomen in de totale gemiddelde emissie uit de stal. De totale gemiddelde emissie van PM₁₀ bedraagt 53 g/dier/jaar en wordt in onderstaande figuur aangeduid met een oranje lijn.



Figuur 26: Fijn stofemissie na de ECO Air Care units per meting. Het gestippelde punt duidt de meetweek aan waar windinslag werd vastgesteld. De oranje lijn duidt het jaargemiddelde van de fijn stofemissie aan voor meetweek 2 tot en met meetweek 6.

4.5.4 Methaan

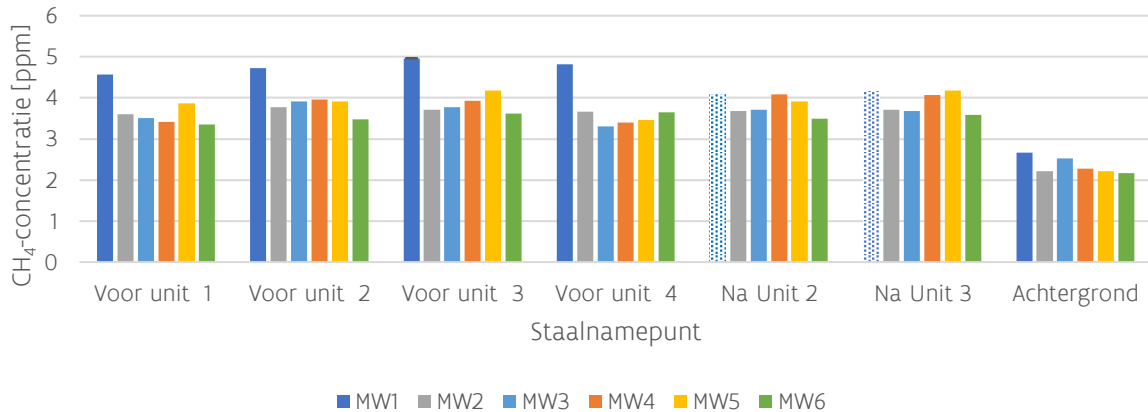
Tabel 8 toont de datums waarop de methaanmetingen zijn uitgevoerd, de methaanconcentraties in de stal, in de lucht na de unit en in de verse buitenlucht, alsook de berekende methaanemissies na de unit. De schuingedrukte waarden werden niet meegenomen in de gemiddelde emissieberekening aangezien er windinslag werd vastgesteld.

Tabel 8: Data waarop de methaanmetingen zijn uitgevoerd met aantal dieren bij aanvang van de meting, gemeten methaanconcentratie in de stallucht, gewassen lucht en verse buitenlucht en de methaanemissie na de unit.

Variabele [eenheid]	Meting 1	Meting 2	Meting 3	Meting 4	Meting 5	Meting 6	GEM
Datum en tijd start meting [dd-mm-yyyy] [hh:mm]	27/02/'23 15:30	24/05/'23 15:00	05/06/'23 13:00	21/08/'23 12:30	09/10/'23 13:30	25/01/'24 11:00	
Datum en tijd stop meting [dd-mm-yyyy] [hh:mm]	28/02/'23 15:30	25/04/'23 15:00**	06/06/'23 13:00	22/08/'23 12:30	10/10/'23 13:30	26/01/'24 11:00	
Aantal dieren bij aanvang van de meting	18919	18178	17928	17775	17528	18659	
Gemiddelde ventilatiedebiet [m ³ /u/dier]	1,49	2,38	4,25	5,59	4,18	2,64	
Gemiddelde CH ₄ -concentratie stallucht [ppm] ± SD	4,8 ± 0,2	3,7 ± 0,1	3,6 ± 0,3	3,7 ± 0,3	3,9 ± 0,3	3,5 ± 0,1	3,7 ± 0,1
CH ₄ -concentratie verse buitenlucht [ppm]	2,7	2,2	2,5	2,3	2,2	2,2	2,3 ± 0,1
Gemiddelde CH ₄ -concentratie gewassen lucht [ppm] ± SD	4,1 ± 0,0	3,7 ± 0,0	3,7 ± 0,0	4,1 ± 0,0	4,0 ± 0,2	3,5 ± 0,1	3,8 ± 0,2
Verwijderingsrendement ^a [%]	15	1	4	-3	0	0	0 ± 3
Gemiddelde emissie na unit methaan [g/dier/jaar]	13	18	23	41	35	18	27

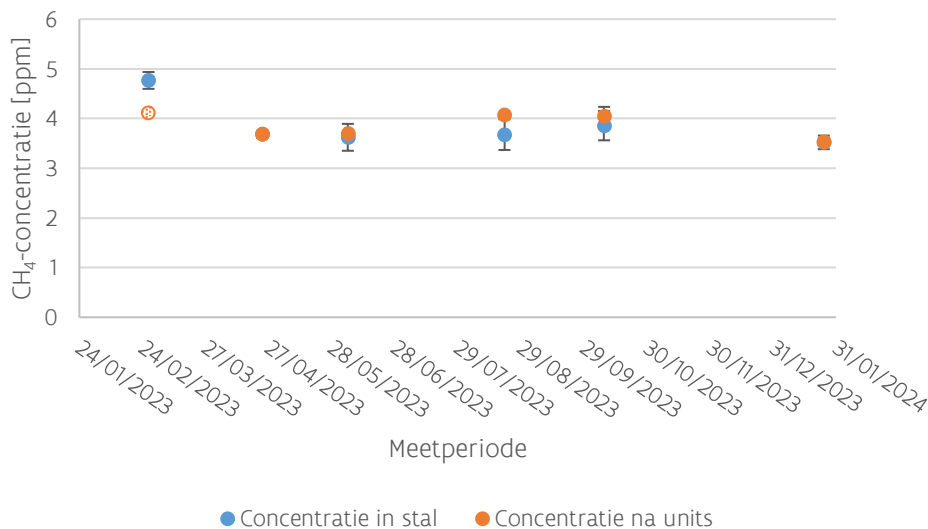
^a berekend over unit 2 en 3; ** geen data tussen 20u00 en 8u00 wegens technische fout; SD: standaarddeviatie; GEM: gemiddelde van meting 2 tot en met 6

Figuur 27 toont de gemeten methaanconcentraties voor elk staalnamepunt in de stal (= voor unit), in de lucht na de unit en de gemeten achtergrondconcentratie.



Figuur 27: Methaanconcentraties voor elk staalnamepunt gedurende meetweken (MW) 1 t.e.m. 6. De gestippelde balken duiden de metingen aan waar windinslag werd vastgesteld na de unit.

De gemiddelde methaanconcentraties voor elke meetweek worden weergegeven in Figuur 28. Uit deze figuur blijkt dat zowel de methaanconcentraties in de stal als na de unit vrij laag liggen en er weinig variatie is gedurende de meetperiode. De gemiddelde methaanconcentratie (\pm standaardafwijking) in de stal bedroeg $3,7 \pm 0,1$ ppm versus $3,8 \pm 0,2$ ppm na de ECO Air Care unit voor de meetweken 2 t.e.m. 6.

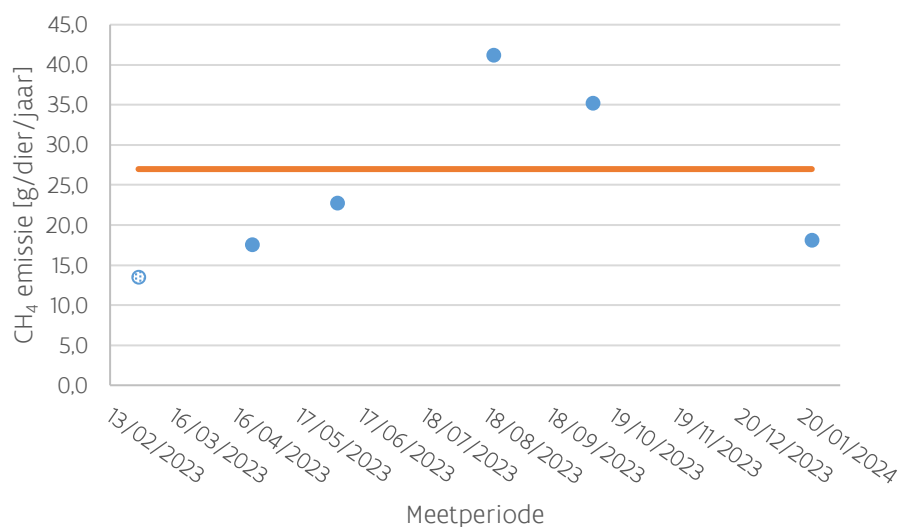


Figuur 28: Gemiddelde methaanconcentraties in de stal en na de ECO Air Care units voor elke meetweek. Het gestippelde punt duidt de meting aan waar windinslag werd vastgesteld.

Het gemiddelde verwijderingsrendement voor methaan is $0 \pm 3\%$ voor de meetweken 2 t.e.m. 6 (Tabel 8). Het negatieve verwijderingsrendement voor meting 4 is wellicht te verklaren door de meetonzekerheid van de gebruikte methode en apparatuur, eerder dan door methaanproductie van de ECO Air Care units.

De berekende methaanemissies na de ECO Air Care units worden weergegeven in Figuur 29. Ook hier wordt MW1 weergegeven maar niet meegenomen in de totale gemiddelde emissie uit de stal.

De totale gemiddelde emissie bedraagt 27 g/dier/jaar en wordt in onderstaande figuur aangeduid met een oranje lijn.



Figuur 29: Methaanemissie na de ECO Air Care units per meting. Het gestippelde punt duidt de meetweek aan waar windinslag werd vastgesteld. De oranje lijn duidt het jaargemiddelde van de methaanemissie aan voor meetweek 2 tot en met meetweek 6.

5 Strooisel, was- en spuiwater

In onderstaande Tabel 9, Tabel 10 en Tabel 11 worden de gegevens weergegeven van de chemische analyses op respectievelijk het spuiwater, waswater in unit 2 en waswater in unit 3.

Tabel 9: Chemische analyse van het spuiwater.

Spuiwater					
MW	pH	EC [μS/cm]	N _{totaal} [%vers]	SO ₄ [mg/L]	NH ₄ -N [mg/L]
1	2,53	47970	0,709	26869	7200
2	2,53	47500	0,917	35045	9000
3	2,36	131000	2,996	78376	30500
4	2,5	172391	3,529	136855	19300
5	2,88	168433	3,787	161713	38000
6	2,75	79800	1,240	47990	10500
Gemiddelde	2,59	107849	2,196	81141	19083

Tabel 10: Chemische analyse van het waswater in unit 2.

Waswater unit 2					
MW	pH	EC [μS/cm]	N _{totaal} [%vers]	SO ₄ [mg/L]	NH ₄ -N [mg/L]
1	2,47	55040	0,821	30733	8100
2	2,36	90400	2,271	89320	25300
3	2,28	138300	3,386	144263	34000
4	2,42	172820	3,513	136457	18700
5	2,88	166383	3,864	161078	35000

6	2,57	59000	0,870	33013	7200
Gemiddelde	2,50	113657	2,454	99144	21383

Tabel 11: Chemische analyse van het waswater in unit 3.

Waswater unit 3					
MW	pH	EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	N _{totaal} (%vers)	SO ₄ (mg/L)	NH ₄ -N (mg/L)
1	2,48	54690	0,821	31063	8400
2	2,37	91000	2,252	88959	21500
3	2,29	138100	3,422	134424	35000
4	2,46	178470	3,758	146253	20600
5	2,82	171943	3,858	162367	39000
6	2,66	58800	0,860	33071	7700
Gemiddelde	2,51	115501	2,495	99356	22033

Tabel 12 toont de resultaten van het droge stofgehalte van het strooisel (mengstaal genomen volgens Bijlage V).

Tabel 12: Droge stofgehalte van het strooisel (1 mengstaal op meetdag ammoniak).

MW	Leeftijd dieren	DS (%/vers)
1	37	76,2
2	93	75,6
3	136	78,2
4	212	72,8
5	261	76,9
6	37	52,6
Gemiddelde		72,1

6 Technische resultaten

In Bijlage VI worden de datums waarop de metingen werden uitgevoerd met dagnummer in het jaar, dagnummer in productieronde, technische resultaten en klimaatomstandigheden (buitenklimaat en in de stal) weergegeven.

7 Conclusie

Tijdens deze meetcampagne, werden de gemiddelde verwijderingsrendementen en emissies van een vleeskuikenouderdierenstal, met 4 ECO Air Care units bepaald.

De volgende gemiddelde verwijderingsrendementen werden behaald (gebaseerd op meetweek 2 t.e.m. 6):

- Ammoniak: 92,4%
- Fijn stof: 55,1%
- Geur: 2,2%*
- Methaan: 0,3%

*Gezien de grote meetonzekerheid, is dit verwijderingsrendement hoogstwaarschijnlijk niet statistisch significant verschillend van 0%.

De hieruit berekende emissies voor de bemeten stal zijn (gebaseerd op meetweek 2 t.e.m. 6; incl. correctie voor 13% leegstand voor fijn stof, ammoniak en methaan):

- Ammoniak: 0,034 kg/dier/jaar
- Fijn stof: 53 g/dier/jaar
- Geur: 0,19 OU_E/dier/s
- Methaan: 27 g/dier/jaar

8 Referenties

- BAM. (2018). Vaste mest - Bemonstering *Compendium voor bemonsterings- en analysemethodes voor mest, bodem en veevoeder in het kader van het mestdecreet* (pp. 1-15).
- CEN. (2022). EN 13725:2022 Stationary source emissions - Determination of odour concentration by dynamic olfactometry and odour emission rate (pp. 1-126). Brussels, Belgium: Bureau for Standardisation.
- Ellen, H., Mosquera, J., Hol, J. M. G., Huis in 't veld, J. W. H., Nijeboer, G., Ploegaert, J. P. M., & Ogink, N. W. M. (2013). *Maatregelen ter vermindering van fijnstofemissie uit de pluimveehouderij: validatie van een warmtewisselaar op vleeskuikenbedrijven*.
- Groenestein, C. M., Mosquera, J., & Ogink, N. W. M. (2011). *Protocol voor meting van methaanemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2010*.
- Hofschreuder, P., Zhao, Y., Aarnink, A. J. A., & Ogink, N. W. M. (2008). *Measurement Protocol for Emissions of Fine Dust from Animal Houses*.
- BAM. (2018). Vaste mest - Bemonstering *Compendium voor bemonsterings- en analysemethodes voor mest, bodem en veevoeder in het kader van het mestdecreet* (pp. 1-15).
- BAM. (2019). Vaste mest - Bemonstering *Compendium voor bemonsterings- en analysemethodes voor mest, bodem en veevoeder in het kader van het mestdecreet* (pp. 1-16).
- CEN. (2022). EN 13725:2022 Stationary source emissions - Determination of odour concentration by dynamic olfactometry and odour emission rate (pp. 1-126). Brussels, Belgium: Bureau for Standardisation.
- CMA. (2018). CMA/2/IV/1 Vocht/droogrest. Mol, België.
- Groenestein, C. M., Mosquera, J., & Ogink, N. W. M. (2011). *Protocol voor meting van methaanemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2010*.
- Hofschreuder, P., Zhao, Y., Aarnink, A. J. A., & Ogink, N. W. M. (2008). *Measurement Protocol for Emissions of Fine Dust from Animal Houses*.
- LUC. (2020). LUC/O/001:2020 Meetplaats in het gaskanaal *Compendium voor de monsterneming, meting en analyse van lucht* (pp. 1-21). Mol, Belgium.
- LUC. (2022). LUC/VII/001:2022 NH3 rendementbepaling van luchtwassers bij stalsystemen *Compendium voor de monsterneming, meting en analyse van lucht* (pp. 1-51). Mol, Belgium.
- Mol, G., & Ogink, N. (2002). *Geuremissies uit de veehouderij II*.
- Ogink, N., Mosquera, J., & Hol, A. (2017). *Protocol voor meting van ammoniakemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2013a*.
- Ogink, N. W. M. (2011). *Protocol voor meting van geuremissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2010*.
- Ogink, N. W. M., Hofschreuder, P., & Hol, J. M. G. (2011). *Protocol voor meting van fijnstofemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2010*.
- WAC. (2012). WAC/III/E/021 Bepaling van het gehalte aan ammonium stikstof met behulp van doorstroomanalyse *Compendium voor de monsterneming, meting en analyse van water*. Mol, Belgium.
- Winkel, A., Mosquera, J., Koerkamp, P. W. G. G., Ogink, N. W. M., & Aarnink, A. J. A. (2015). Emissions of particulate matter from animal houses in the Netherlands. *Atmospheric Environment*, 111, 202-212. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.03.047>
- Zhuang, S., & Laanen, L. (2023). *Test report: Evaluation of five measuring devices for measuring PM10 and PM2.5 concentrations in poultry houses*.
- LUC. (2014). LUC/VII/001:2014 NH3 rendementbepaling van luchtwassers bij stalsystemen *Compendium voor de monsterneming, meting en analyse van lucht* (pp. 1-49). Mol, Belgium: Compendium voor de monsterneming - meting en analyse van lucht (LUC).
- LUC. (2015). LUC/O/004:2015 Meting van gassnelheid en volumedebiet in een gaskanaal *Compendium voor de monsterneming, meting en analyse van lucht*.
- LUC. (2020). LUC/O/001:2020 Meetplaats in het gaskanaal *Compendium voor de monsterneming, meting en analyse van lucht*.

- Mol, G., & Ogink, N. (2002). *Geuremissies uit de veehouderij II*.
- Mosquera, J., Ellen, H., Hol, J. M. G., Huis, J. W. H., Nijeboer, G., Ploegaert, J. P. M., & Ogink, N. W. M. (2013). *Emissies uit een vleeskuikenstal met strooiselbeluchting en warmtewisselaar. Meetprogramma Integraal Duurzame Stallen*.
- Ogink, N., Mosquera, J., & Hol, A. (2017). *Protocol voor meting van ammoniakemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2013a*.
- Ogink, N. W. M. (2011). *Protocol voor meting van geuremissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2010 (Protocol for the measurement of odour emissions from housings in animal production)*.
- Ogink, N. W. M., Hofschreuder, P., & Hol, J. M. G. (2011). *Protocol voor meting van fijnstofemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2010*.
- Ogink, N. W. M., Hol, J. M. G., & Mosquera, J. (2013). *Protocol voor meting van ammoniakemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij 2013*.

9 Landbouwkundige randvoorwaarden

Gedurende de meetperiodes werd er op toegezien dat aan de landbouwkundige randvoorwaarden werden voldaan. In de Nederlandse protocollen worden geen landbouwkundige voorwaarden opgesteld voor ouderdieren.

Ter informatie worden de landbouwkundige voorwaarden opgelijst waar wel landbouwkundige voorwaarden worden vermeld, namelijk van legkippen aangezien het om ouderdieren (eiproductie) gaat.

Tabel 13: Landbouwkundige randvoorwaarden voor legkippen (ter informatie wegens het ontbreken van landbouwkundige landvoorwaarden voor vleeskuikenouderdieren)

Onderdeel	Landbouwkundige landvoorwaarde (legkippen)	Voldoet
Huisvesting	Tijdens de meetperiode wordt voldaan aan de geldende dierenwelzijnsnormen. Voor de meetperiode moet de stal minstens twee maanden gebruik zijn voor de huisvesting van legkippen.	Ja
Voeding	De kippen krijgen een gangbaar voerschema	Het ruw-eiwit gehalte varieerde tussen 13,1% en 14,9%.
Productie	De eiproductie moet op jaarbasis minimaal 300 eieren/kip zijn	Nee, maar niet relevant aangezien het vleeskuikenouderdieren betreft; de eiproductie ligt op 207 eieren/hen per productieronde ²
Gezondheid en hygiëne	De legkippen krijgen standaard veterinaire zorg. Het uitvalspercentage mag niet hoger zijn dan 10% in de volledige productieronde.	Ja Ja
Aantal dieren	De groepsgrootte bedraagt minimaal 750	Ja
Registratie	Gedurende vier weken voorafgaand aan de meting.	Ja

² Deze eiproductie voldoet aan de richtlijn van de 'performance objectives' uit de 'European Parent Stock Guide' (https://aviagen.com/assets/Tech_Center/Ross_PS/Ross308-EuropeanParentStock-PerformanceObjectives-2021-EN.pdf)

10 Bijlages

Bijlage I: Technische omschrijving van de ECO Air Care Unit

DIMENSIONERING

- De totale ventilatiecapaciteit van de gehele stal (4 units) is 120.000 m³/uur, dit komt overeen met 6,5 m³/uur per dierplaats.
- De schakeling van de groepen is als volgt:
 - Groep 1: Unit 2 en 3 (deze groep blijft altijd in bedrijf)
 - Groep 2: Unit 1
 - Groep 3: unit 4

Op het moment dat unit 2 en 3 (groep 1) op 13% draaien (13% x 60.000 m³/uur = 7.800 m³/uur), schakelt groep 2 bij. Als groep 1 en 2 samen op 13% draaien (13% x 90.000 m³/uur = 11.700 m³/uur), schakelt groep 3 bij.

- De verblijftijd van de lucht is afhankelijk van het ventilatiedebiet. De minimale verblijftijd (bij 100% ventilatie) is 2,4 seconden.

UITVOERINGSPLAN

In Figuur 30 worden de plattegrond en technische tekeningen van de stal weergegeven.

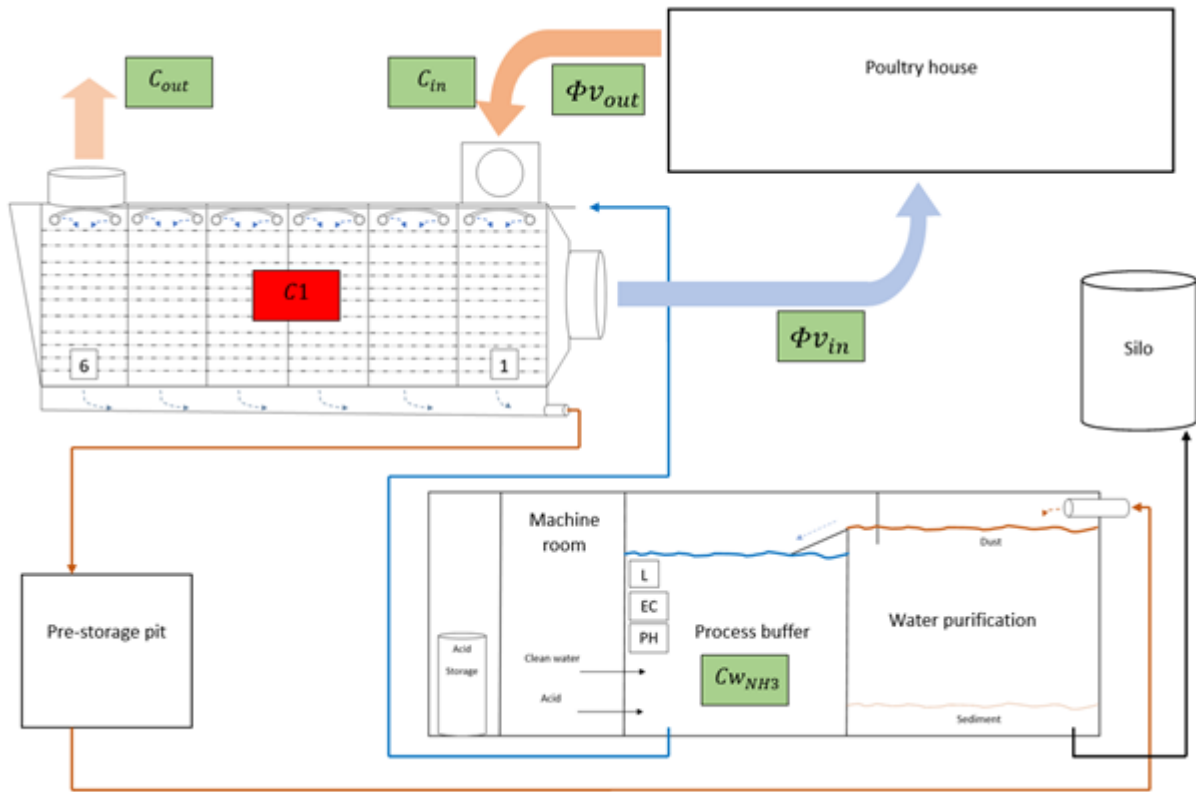


Figuur 30: Plattegrond en technische tekening van de stal

- Zowel de inblaas- als afzuigbuizen van de ventilatie waarmee de warmtewisselaar aan de stal gekoppeld is hebben een diameter van 1135 mm.
- De diameter van buizen van de uitlaat is 2x 820 mm. Dit is hetzelfde doorstromende oppervlak als 1x 1135 mm.

TECHNISCH PLAN

Figuur 31 toont het technisch plan van een ECO Air Care unit en waterbehandelingsunit.




Figuur 31: Technische plan ECO Air Care unit en waterbehandelingsunit

Bijlage II: Technische omschrijving van het fijn stof filter systeem

In de stal worden 2 filtratie units geïnstalleerd. De filtratie unit met interne luchtrecirculatie is voorzien van 2 F7 luchtfilters (zakkenfilters, leverancier Camfil). Het opgevangen stof zal in de filters achterblijven. De filters werden niet geëegd noch vervangen gedurende de meetcampagne. De producteigenschappen van de filtratie unit met interne luchtrecirculatie worden in Tabel 14 weergegeven.

Tabel 14: Producteigenschappen filtratie unit met interne luchtrecirculatie

	
Filters	HFGS-F7-0592/0592/0640-12-ES
Energy Class	A+
Filter Class	F7 / ISO ePM1 60%
ISO16890 ePM Efficiency	ePM1Min 62% / ePM2,5Min 71% / ePM10 90% / ePM1M 62% / ePM25 71%
592(W) x 592(H) (mm)	9
Face Velocity	2,2017 m/s
Deep	640 mm
Labor Cost per exchange	5 EUR
Waste Handling Cost per exchange/ Increase Per Year	5 EUR / 0 %
Pressure Drop / Final / Average	46 Pa / 69 Pa / 56 Pa

De filtratie unit is voorzien van een omkasting (afmetingen circa 1,4 m x 0,7 m x 1 m). Er is een ventilator ingebouwd die continu draait op een maximale capaciteit van 5700 m³/h (bij 70 Pa).

Bijlage III: Meetplaats in het gaskanaal i.f.v. kalibratie meetwaaiers en kalibratie meetwaaiers

De methode voor de kalibratie van de meetwaaiers is gebaseerd op het *Compendium voor de monsterneming, meting en analyse van lucht LUC/0/001: Meetplaats in het gaskanaal* (https://reflabos.vito.be/2021/LUC_0_001.pdf) (LUC, 2020). Hierin staat dat aan de vereiste voor homogene stromingscondities over het algemeen is voldaan indien het meetvlak in een segment van tenminste vijf hydraulische diameters in een rechte lijn deel stroomopwaarts van het meetvlak en twee hydraulische diameters stroomafwaarts gesitueerd is. Bij ronde kanalen is de hydraulische diameter gelijk aan de werkelijk gemeten diameter. De buizen waarin de meetwaaiers geplaatst zijn een binnendiameter hebben van 113,5 cm.

Het aantal meetpunten voor een cirkelvormig gaskanaal gebaseerd op het *Compendium voor de monsterneming, meting en analyse van lucht LUC/0/001: Meetplaats in het gaskanaal* (https://reflabos.vito.be/2021/LUC_0_001.pdf) (LUC, 2020) wordt weergegeven in Figuur 32. De buizen hebben een straal van 0,57 m en dus een oppervlakte van 1,02 m². Dit resulteert in minimum 2 meetassen en minimum 4 meetpunten per meetvlak (Tabel 15).

Tabel 15: Minimum aantal meetpunten voor cirkelvormige kanalen (LUC/0/001)

Oppervlakte meetvlak m ²	Kanaal-diameter m	Minimum aantal meetassen (diameters)	Minimum aantal meetpunten per meetvlak
< 0,1	< 0,35	-	1 ^a
0,1 tot 1,0	0,35 tot 1,1	2	4
1,1 tot 2,0	> 1,1 tot 1,6	2	8
> 2,0	> 1,6	2	Tenminste 12 en 4 per m ² b

^a Het gebruik van slechts 1 meetpunt kan leiden tot fouten die groter zijn dan gespecificeerd in de EN 15259: 2007
^b Voor grote gaskanalen volstaan 20 meetpunten meestal.

Om de plaats van de meetpunten te bepalen wordt gebruik gemaakt van de 'algemene methode voor cirkelvormige gaskanalen'. Daarbij wordt het meetvlak in gelijke oppervlakken gedeeld waarbij elk meetpunt in het middelpunt van elk oppervlak is gelokaliseerd op 2 meetassen waarbij ook 1 punt zich in het middelpunt van het gaskanaal bevindt. Volgens Tabel 15 zijn er minimum 4 meetpunten nodig + 1 meetpunt in het midden = 5 meetpunten (n_d=5). Om de afstand x_i te berekenen van elk monsternemingspunt tot de kanaalwand wordt gebruik gemaakt van volgende formule: x_i = K_i*d

Waarbij

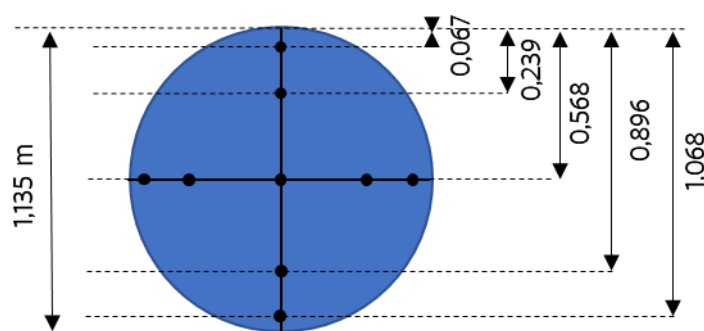
K_i= de waarde uit Tabel 16, uitgedrukt in %

d= de diameter van het kanaal

Tabel 16: Waarden voor K_i , uitgedrukt als percentage. n_d : aantal monsternemingspunten langs elke monsternemingslijn, met inbegrip van het middelpunt. (LUC/O/001)

i	K_i			
	$n_d=3$	$n_d=5$	$n_d=7$	$n_d=9$
1	11,3	5,9	4,0	3,0
2	50,0	21,1	13,3	9,8
3	88,7	50,0	26,0	17,8
4		78,9	50,0	29,0
5		94,1	74,0	50,0
6			86,7	71,0
7			96,0	82,2
8				90,2
9				97,0

Wanneer bovenstaande formule wordt toegepast worden volgende meetpuntplaatsen verkregen:



Figuur 32: Plaats van de 5 meetpunten (uitgedrukt in meter) op 2 assen bij cirkelvormige kanalen met een meetvlakoppervlak tussen 0,1 en 1,0 m^2 .

UITMETEN MEETWAAIERS

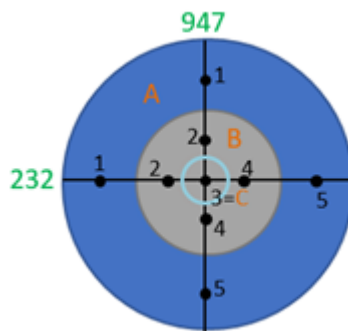
De meetwaaiers aanwezig in elke ECO Air Care unit ($n=4$) werden voor de start en aan het einde van de ronde gekalibreerd m.b.v. twee hittedraadsensoren (Testo 400) volgens de bovenstaande omschreven methode. Door de meetwaaiers in een vuile (na de ronde) en prope (voor de ronde) staat te kalibreren kon een mogelijk effect van bevuilding op de ijklijn uitgesloten worden (Tabel 17).

Tabel 17: Gebruikte hittedraadsensoren tijdens kalibratie van meetwaaiers voor en na de ronde, in respectievelijk prope en vuile staat.

Datum	Staat (vuil/proper)	Hittedraadsensoren	
11/01/2023	Proper	232	947
13/11/2023	Vuil	232	146
14/11/2023	Proper	232	146

DATAVERWERKING

Eerst werd een outlieranalyse uitgevoerd op de dataset d.m.v. de boxplotmethode. Vervolgens werden de gemeten snelheden omgezet naar volumestromen door de gemiddelde snelheid per zone (of schil) van de hittedraad te vermenigvuldigen met de oppervlakte van de zone (A, B of C).



- Zone A bevat de punten 1 en 5 gemeten door beide hittedraden
- Zone B bevat de punten 2 en 4 gemeten door beide hittedraden
- Zone C bevat het punt 3 dat enkel gemeten werd door hittedraad 232

De volumestroom in m^3/h gemeten door de hittedraden wordt berekend als volgt:
 (Gemiddelde snelheid door zone A (m/s) * oppervlakte zone A (m^2) + Gemiddelde snelheid door zone B (m/s) * oppervlakte zone B (m^2) + Gemiddelde snelheid door zone C (m/s) * oppervlakte zone C (m^2) * 3600

Tot slot werd een lineaire regressie uitgevoerd van de gemiddelde volumestroom gemeten door de hittedraden t.o.v. de gemiddelde volumestroom afkomstig van de meetwaaier (uitgelezen uit de ventilatiecomputer).

In Tabel 18 worden de resulterende ijklijnen weergegeven. De grafieken met de ijklijnen en resulterende kalibratievergelijkingen zijn hieronder terug te vinden.

Tabel 18: Ijklijnen van de meetwaaiers uit de vier ECO Air Care units voor en na de ronde, in respectievelijk propere en vuile staat.

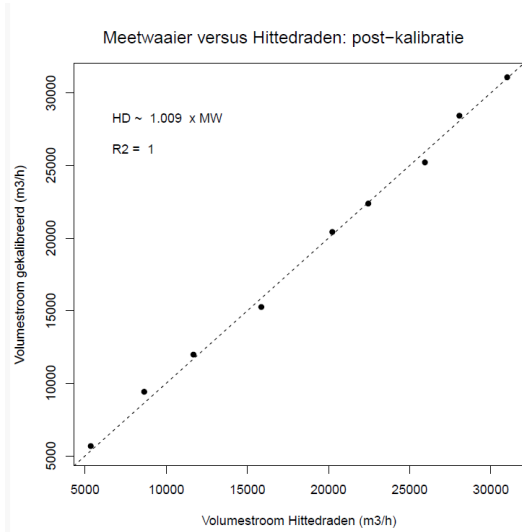
Unit	Voor start ronde (proper) 11/01/2023	Na de ronde (vuil) 13/11/2023	Voor start ronde (proper) 14/11/2023
1	$1,009 * x$	$-438,836 + 1,047 * x$	$-659,072 + 1,034 * x$
2	$1,023 * x$	$1,034 * x$	$1,006 * x$
3	$1,032 * x$	$-348,333 + 1,048 * x$	$-428,158 + 1,041 * x$
4	TF	$1,0081 * x$ *	$-710,469 + 1,013 * x$

* zonder 50% wegens uitschieter; TF: technische fout

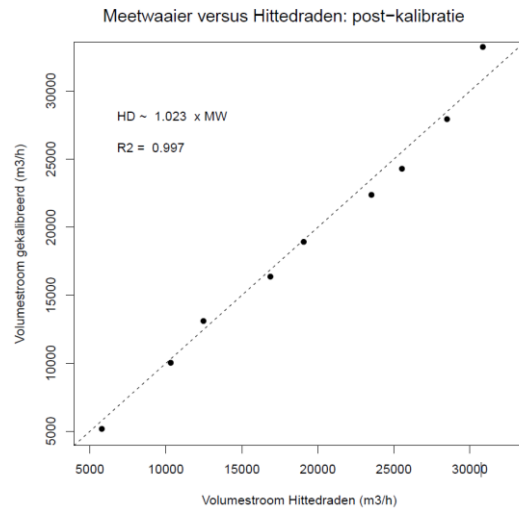
IJKLIJNEN MEETWAAIERS INCLUSIEF KALIBRATIEVERGELIJKINGEN

11/01/2023

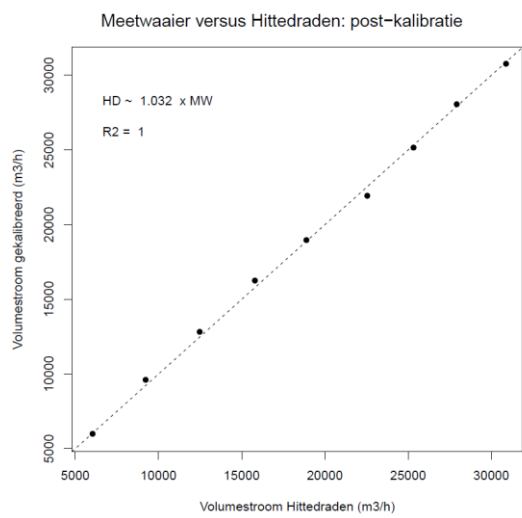
Unit 1



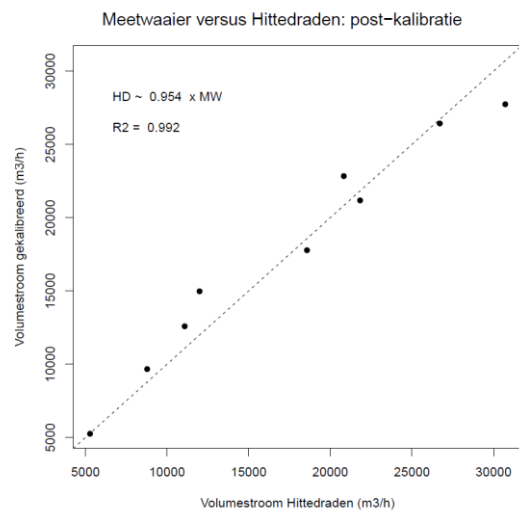
Unit 2



Unit 3



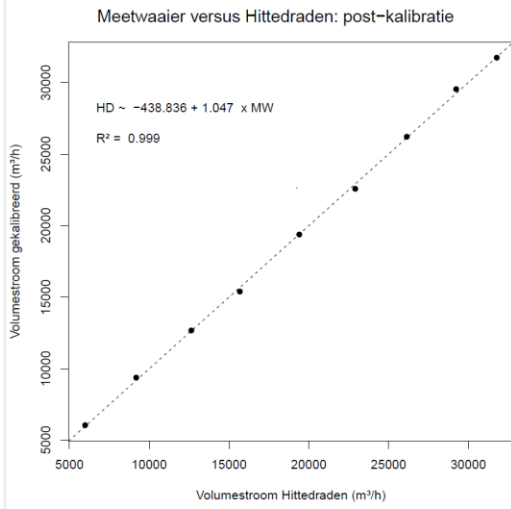
Unit 4



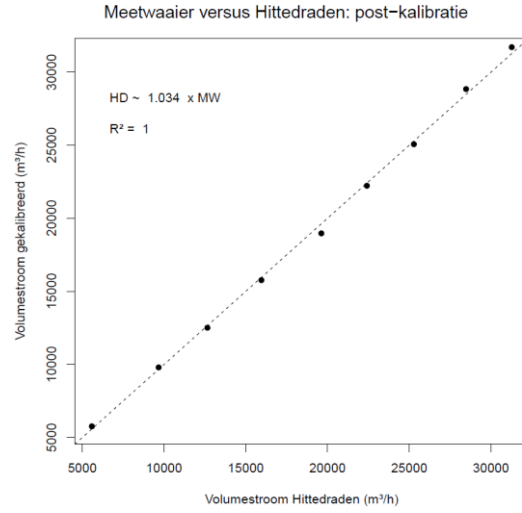
Teveel afwijking waardoor deze ijking niet werd gebruikt

13/11/2023

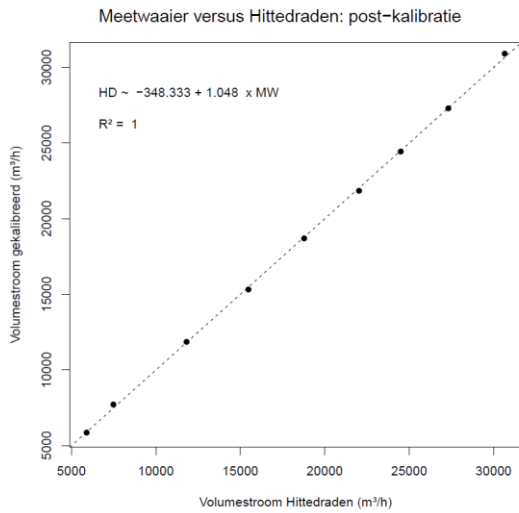
Unit 1



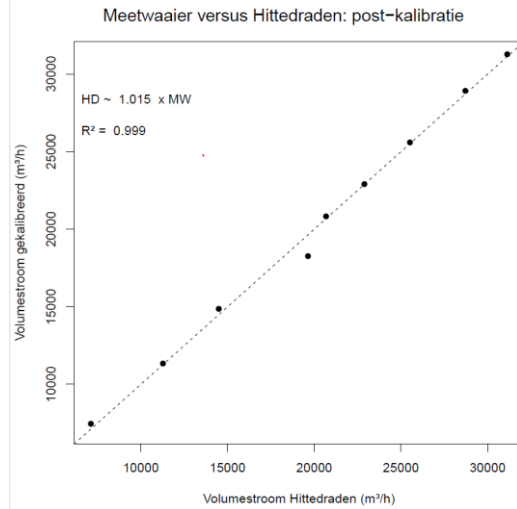
Unit 2



Unit 3



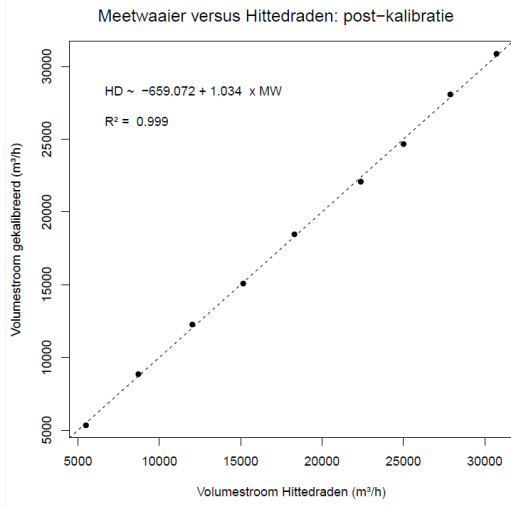
Unit 4



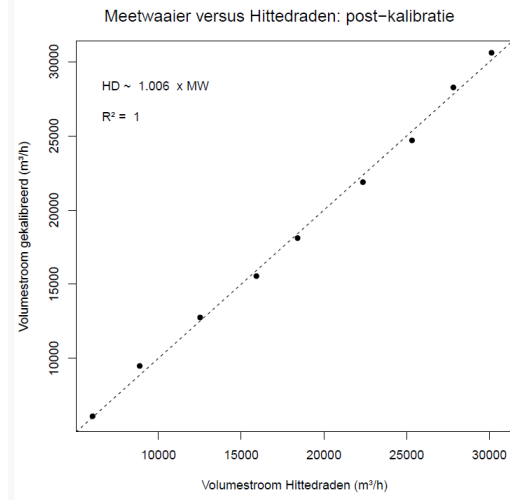
Vergelijking zonder 50% (wegens niet-betrouwbaar resultaat): $1.0081 \times x$

14/11/2023

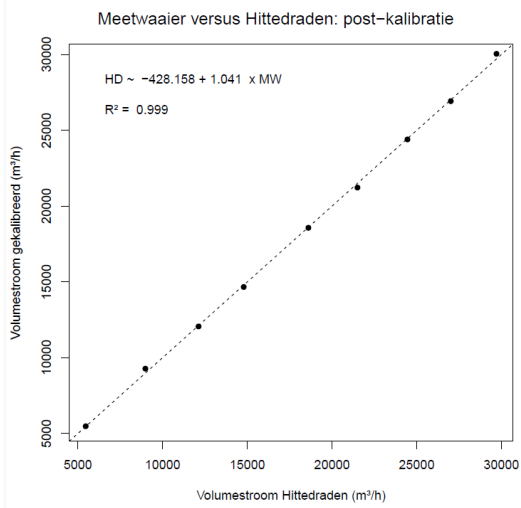
Unit 1



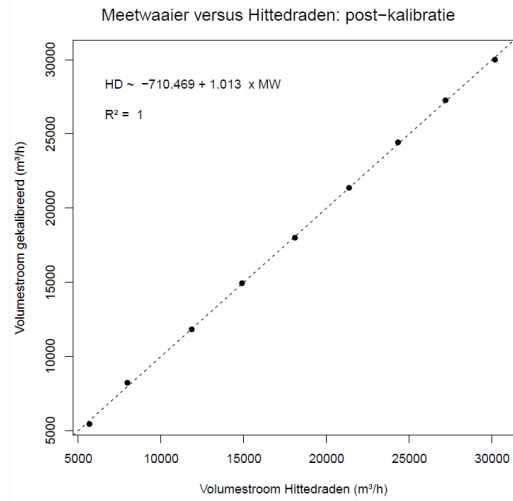
Unit 2



Unit 3



Unit 4



IJKLIJNSELECTIE

Op 11/01/202 werden alle vier de meetwaaiers uitgemeten, vóór de start van de productieronde (en de eerste meting), met 2 hittedraadsensoren. Op 31/03/2023 werd een meetwaaier vervangen wegens defect (unit 2) en een meetwaaier terug vastgedraaid (unit 3). In Tabel 19 worden de toegepaste ijklijnen per meetweek weergegeven, rekening houdend met de aanpassingen aan de meetwaaiers en met de staat (vuil/proper) van de meetwaaiers. Wanneer bij zeer lage ventilatiedebieten het toepassen van de kalibratievergelijking resulteerde in negatieve waarden, werden deze waarden op 0 gezet.

Tabel 19: Toegepaste ijklijnen op de ventilatiedata

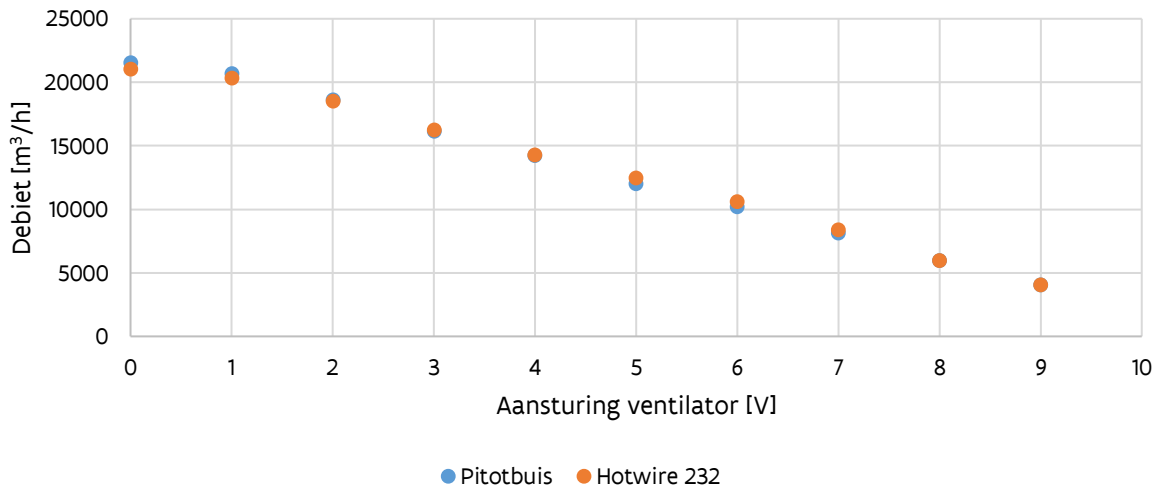
MW	Leeftijd dieren [dagen]	Staat meetwaaiers*	unit 1	unit 2	unit 3	unit 4
1	35-37	proper	1,009*x	1,023*x	1,032*x	-710,469+1,013*x
Aanpassingen meetwaaiers						
2	91-102	proper	-659,072+1,034*x	1,006*x	-428,158+1,041*x	-710,469+1,013*x
3	133-136	proper	-659,072+1,034*x	1,006*x	-428,158+1,041*x	-710,469+1,013*x
4	210-212	vuil	-438,836+1,047*x	1,034*x	-348,333+1,048*x	1,0081*x
5	259-268	vuil	-438,836+1,047*x	1,034*x	-348,333+1,048*x	1,0081*x
6	36-53	proper	-659,072+1,034*x	1,006*x	-428,158+1,041*x	-710,469+1,013*x

*rekening houdend met de productieronde van 285 dagen; MW: meetweken

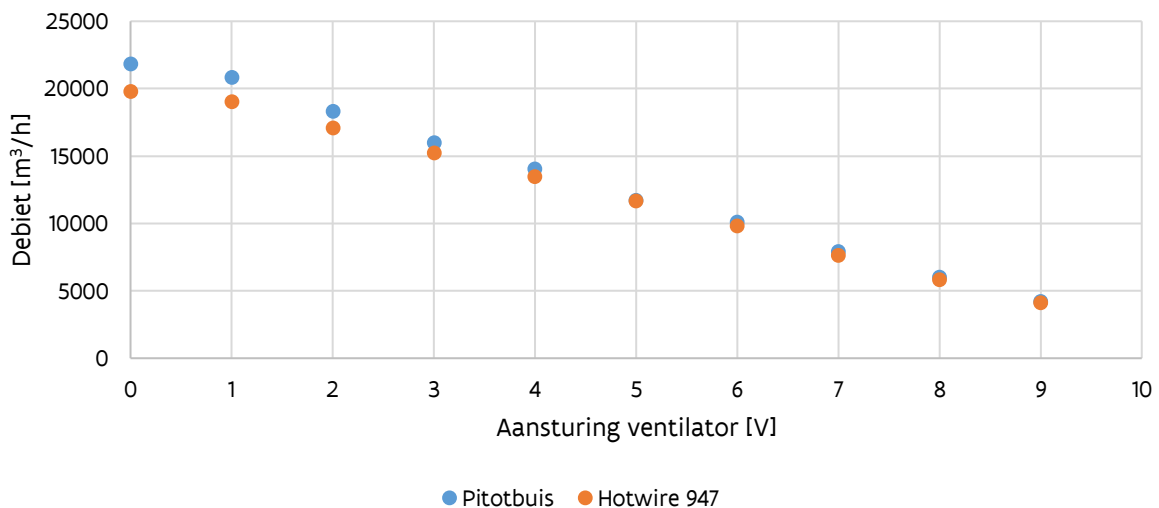
Bijlage IV: Validatie hittedraadsensoren ten opzichte van pitotbuizen

Een validatie werd uitgevoerd in een windtunnel met een diameter van 80 cm waarbij drie hittedraadsensoren (hotwire 232, hotwire 947 en hotwire 146; Testo 400) en een pitotbuis (= referentiemethode, lengte 45 cm) werden gebruikt. Hiervoor werd een ventilator stapsgewijs opgedreven van 0 tot 9 Volt, waarbij de luchtsnelheid werd gemeten door de drie hittedraadsensoren en de pitotbuis. Nadien werd de luchtsnelheid omgerekend naar debiet.

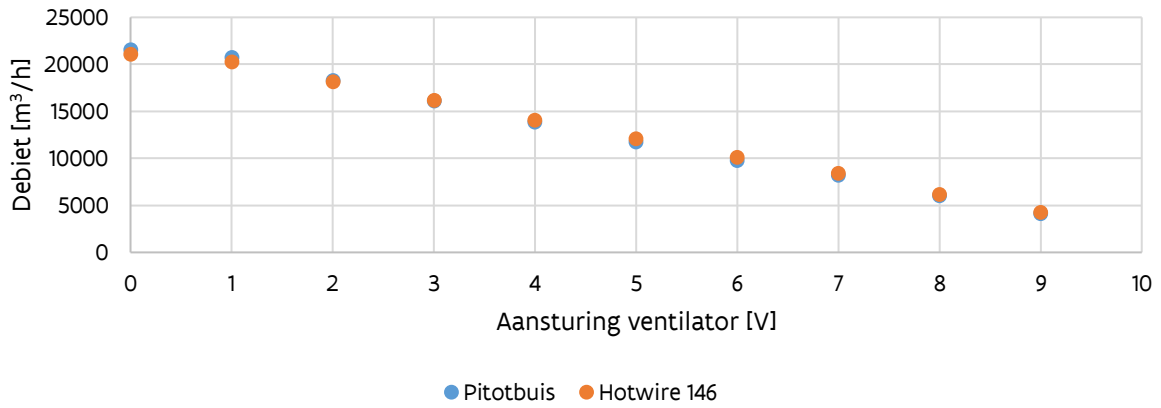
De resultaten van de validatiestudie voor hotwire 323, 947 en 146 zijn respectievelijk weergegeven in Figuur 33, Figuur 34 en Figuur 35. Het procentueel verschil tussen de drie hittedraadsensoren en de pitotbuis werd ook geanalyseerd (zie Figuur 36).



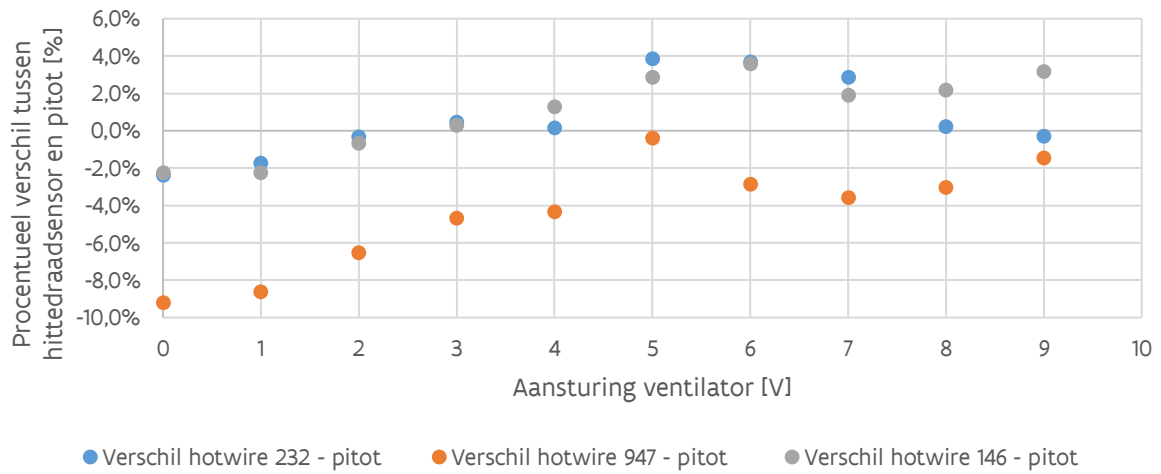
Figuur 33: Debieten gemeten met behulp van de pitotbuis en hittedraadsensor 232 in een windtunnel



Figuur 34: Debieten gemeten met behulp van de pitotbuis en hittedraadsensor 947 in een windtunnel



Figuur 35: Debieten gemeten met behulp van de pitotbuis en hittedraadsensor 146 in een windtunnel



Figuur 36: Procentueel verschil tussen de pitotbuis en de 3 hittedraadsensoren.

Het procentueel verschil tussen de pitotbuis en de hittedraadsensoren is steeds kleiner dan +/- 10% waardoor verwacht wordt dat de invloed hiervan beperkt is.

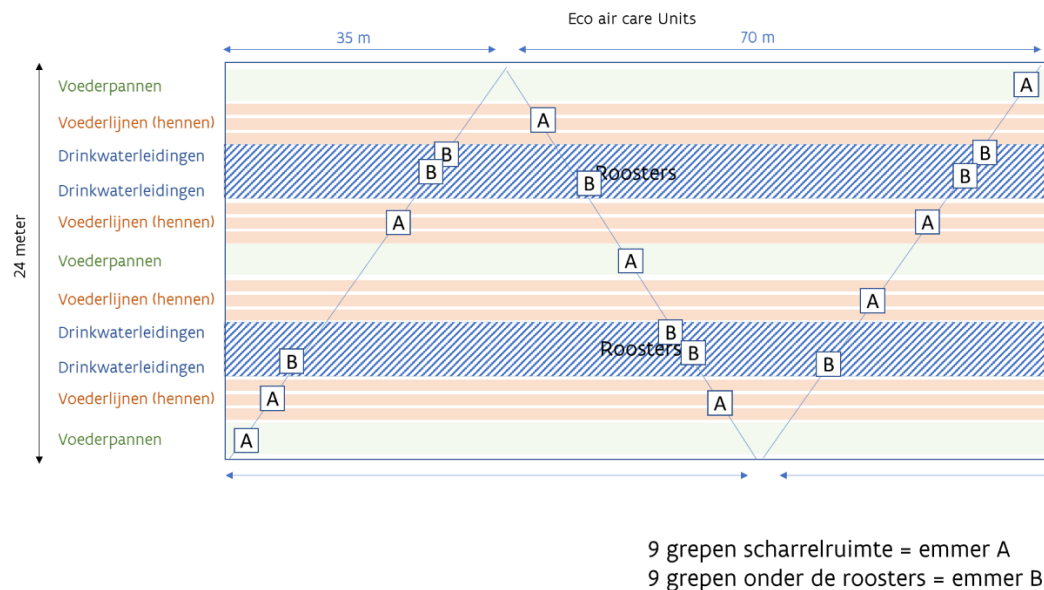
Bijlage V: Nemen van een mengstaal van vaste mest in een stal met grondhuisvesting met roosters

De methode dat wordt toegepast voor het nemen van een strooiselstaal is gebaseerd op het Compendium voor de bemonsterings- en analysemethodes voor mest, bodem en veevoeder in het kader van het mestdecreet BAM/deel4/01-A: vaste mest - Bemonstering (<https://reflabos.vito.be/2021/BAM-deel4-01-A.pdf>) (BAM, 2018).

STAALNAME

Er worden aan de hand van een bollenplanter en truweel grepen genomen en verzameld in een emmer volgens Figuur 37:

- 9 grepen uit de scharrelruimte → Emmer A
- 9 grepen onder de roosters → Emmer B



Figuur 37: Situering van de te nemen grepen.

De volledige inhoud van de emmers wordt overgebracht in een aparte staalnamezak die na monsternamen gekoeld wordt in een frigobox. Bij aankomst op de ILVO onderzoekscampus worden zak A en B in de koelkast bewaard (5 ± 3 °C) en de dag nadien aan het labo bezorgd.

HOMOGENISEREN EN BEREIDEN VAN HET LABORATORIUMMONSTER

In het labo wordt op basis van het totale volume mest in de scharrelruimte en onder de roosters aanwezig in de stal, eenzelfde verhouding mest op volumebasis gemengd om tot het labomonster te komen.

Bijlage VI: Technische resultaten, klimaatomstandigheden en voedergegevens

In onderstaande tabellen (Tabel 20, Tabel 20, Tabel 21, Tabel 22, Tabel 23 en Tabel 24) worden per meetweek de datums waarop de metingen werden uitgevoerd met dagnummer in het jaar, dagnummer in productieronde, technische resultaten en klimaatomstandigheden (buitenklimaat en in de stal) weergegeven.

Tabel 20: Datums waarop de metingen in meetweek 1 werden uitgevoerd met dagnummer in het jaar, dagnummer in productieronde, technische resultaten en klimaatomstandigheden (buitenklimaat en in de stal).

Variabele [eenheid]	Meetweek 1		
Algemeen			
Datum meetdagen [dd-mm-yyyy]	27/02/2023	28/02/2023	01/03/2023
Dagnummer in jaar	58	59	60
Productiegetallen			
Dagnummer in productieronde	35	36	37
Aantal dieren opgezet	19136		
Hanen	1878		
Hennen	17258		
Aantal dieren aanwezig bij aanvang van de meetweek	18918		
Hanen	1716		
Hennen	17203		
Uitval cumulatief [%]	1,13	1,56	1,64
Legpercentage [%]	64,1	66,6	64,7
Gem. eigewicht [g]	51,3	51,7	52,1
Gem. diergewicht [g]			
Hanen	3691	3691	3691
Hennen	3222	3228	3223
Gem. voeropname [kg/dier per dag]	0,137	0,139	0,414
Gem. wateropname [mL/dier per dag]	257,3	258,8	259,3
Water/voer verhouding [mL/g]	1,87	1,86	1,84
Ruw eiwit-inhoud verstrekt voeder [%]	14,30		
Buitenluchtcondities			
Windrichting in graden (KNMI)	40	57	40
Gem. temperatuur (KNMI) [°C]	4	11	8
Gem. relatieve luchtvochtigheid (KNMI) [%]	69	60	62
Stallucht condities			
Gem. luchttemperatuur [°C]	22,4	22,4	22,4
Gem. relatieve luchtvochtigheid [%]	50	48	48
Gem. CO ₂ (min – max) [ppm]	Geen data	2324 (1788 – 2629)	2539 (1868 – 3150)*

KNMI: Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut; * CO₂-concentratie was gedurende 1 uur boven de 3000 ppm

Tabel 21: Datus waarop de metingen in meetweek 2 werden uitgevoerd met dagnummer in het jaar, dagnummer in productieronde, technische resultaten en klimaatomstandigheden (buitenklimaat en in de stal).

Variabele [eenheid]	Meetweek 2				
Algemeen					
Datum meetdagen [dd-mm-yyyy]	24/04/2023	25/04/2023	26/04/2023	04/05/2023	05/05/2023
Dagnummer in jaar	114	115	116	124	125
Productiegetallen					
Dagnummer in productieronde	91	92	93	101	102
Aantal dieren opgezet	19136				
Hanen	1878				
Hennen	17258				
Aantal dieren aanwezig bij aanvang van de meetweek	18178			18105	
Hanen	1366			1345	
Hennen	16812			16760	
Uitval cumulatief [%]	5,01	5,03	5,06	5,39	5,41
Legpercentage [%]	88,5	90	88,9	89,5	86,4
Gem. eigewicht [g]	60,36	60,31	60,33	61,5	61,3
Gem. diergewicht [g]					
Hanen	3991	3991	3991	4070	4070
Hennen	3664	3661	3672	3745	3764
Gem. voeropname [kg/dier per dag]	0,158	0,158	0,157	0,156	0,156
Gem. wateropname [mL/dier per dag]	298,8	300,9	299,7	314,2	312,4
Water/voer verhouding [mL/g]	1,89	1,90	1,91	2,01	2,00
Ruw eiwit-inhoud verstrekt voeder [%]	14				
Buitenluchtcondities					
Windrichting in graden (KNMI)	254	314	351	96	215
Gem. temperatuur (KNMI) [°C]	8,2	6,8	5,5	16,5	14,2
Gem. relatieve luchtvochtigheid (KNMI) [%]	81	69	69	51	84
Stallucht condities					
Gem. luchttemperatuur [°C]	23,3	23,1	22,9	24,1	24,1
Gem. relatieve luchtvochtigheid [%]	52	47	46	45	57
Gem. CO ₂ [ppm] (min – max)	1787 (1667 – 1975)	1901 (1670 – 2213)	2352 (1748 – 2847)	1389 (1132 – 1806)	1710 (1427 – 2068)

KNMI: Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut

Tabel 22: Datus waarop de metingen in meetweek 3 werden uitgevoerd met dagnummer in het jaar, dagnummer in productieronde, technische resultaten en klimaatomstandigheden (buitenklimaat en in de stal).

Variabele [eenheid]	Meetweek 3			
Algemeen				
Datum meetdagen [dd-mm-yyyy]	05/06/2023	06/06/2023	07/06/2023	08/06/2023
Dagnummer in jaar	156	157	158	159
Productiegetallen				
Dagnummer in productieronde	133	134	135	136
Aantal dieren opgezet	19136			
Hanen	1878			
Hennen	17258			
Aantal dieren aanwezig bij aanvang van de meetweek	17928			
Hanen	1295			
Hennen	16633			
Uitval cumulatief [%]	6,31	6,40	6,43	6,47
Legpercentage [%]	86,7	84,8	87,4	85,7
Gem. eigewicht [g]	63,4	63,1	62,8	63,9
Gem. diergewicht [g]				
Hanen	4244	4244	4244	4244
Hennen	3879	3886	3887	3906
Gem. voeropname [g/dier per dag]	0,156	0,157	0,155	0,155
Gem. wateropname [mL/dier per dag]	301,9	346,8	301,4	310,1
Water/voer verhouding [mL/g]	1,93	2,21	1,95	2,00
Ruw eiwit-inhoud verstrekt voeder [%]	13,10			
Buitenluchtcondities				
Windrichting in graden (KNMI)	10	12	21	37
Gem. temperatuur (KNMI) [°C]	17,0	18,3	18,1	20,5
Gem. relatieve luchtvochtigheid (KNMI) [%]	64	61	63	58
Stallucht condities				
Gem. luchttemperatuur [°C]	24,4	24,7	24,2	25,2
Gem. relatieve luchtvochtigheid [%]	50	51	53	52
Gem. CO ₂ [ppm] (min – max)	1068 (913 – 1314)	1229 (886 – 1699)	1217 (947 – 1708)	1416 (1140 – 1783)

KNMI: Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut

Tabel 23: Datus waarop de metingen in meetweek 4 werden uitgevoerd met dagnummer in het jaar, dagnummer in productieronde, technische resultaten en klimaatomstandigheden (buitenklimaat en in de stal).

Variabele [eenheid]	Meetweek 4		
Algemeen			
Datum meetdagen [dd-mm-yyyy]	21/08/2023	22/08/2023	23/08/2023
Dagnummer in jaar	233	234	235
Productiegetallen			
Dagnummer in productieronde	210	211	212
Aantal dieren opgezet	19136		
Hanen	1878		
Hennen	17258		
Aantal dieren aanwezig bij aanvang van de meetweek	17775		
Hanen	1355		
Hennen	16420		
Uitval cumulatief [%]	7,11	7,14	7,14
Legpercentage [%]	76,0	76,6	77,1
Gem. eigewicht [g]	66,2	66,3	66,4
Gem. diergewicht [g]			
Hanen	4654	4654	4654
Hennen	4052	4035	4041
Gem. voeropname [kg/dier per dag]	0,157	0,157	0,157
Gem. wateropname [mL/dier per dag]	280,73	279,46	276,87
Water/voer verhouding [mL/g]	1,79	1,78	1,77
Ruw eiwit-inhoud verstrekt voeder [%]	13,10		
Buitenluchtcondities			
Windrichting in graden (KNMI)	299	257	290
Gem. temperatuur (KNMI) [°C]	20,9	19,3	20,1
Gem. relatieve luchtvochtigheid (KNMI) [%]	70	76	70
Stallucht condities			
Gem. luchttemperatuur [°C]	26,4	25,8	25,9
Gem. relatieve luchtvochtigheid [%]	56	57	55
Gem. CO ₂ [ppm] (min – max)	964 (821 – 1166)	1134 (846 – 1669)	1356 (1018 – 1847)

KNMI: Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut

Tabel 24: Datus waarop de metingen in meetweek 5 werden uitgevoerd met dagnummer in het jaar, dagnummer in productieronde, technische resultaten en klimaatomstandigheden (buitenklimaat en in de stal).

Variabele [eenheid]	Meetweek 5			
Algemeen				
Datum meetdagen [dd-mm-yyyy]	09/10/2023	10/10/2023	11/10/2023	18/10/2023
Dagnummer in jaar	282	283	284	291
Productiegetallen				
Dagnummer in productieronde	259	260	261	268
Aantal dieren opgezet	19136			
Hanen	1878			
Hennen	17258			
Aantal dieren aanwezig bij aanvang van de meetweek	17528			
Hanen	1315			
Hennen	16219			
Uitval cumulatief [%]	8,40	8,46	8,49	8,78
Legpercentage [%]	73,74	71,86	73,37	70,88
Gem. eigewicht [g]	68	68	68,8	69,80
Gem. diergewicht [g]				
Hanen	4902	4902	4902	4937
Hennen	4112	4113	4115	4125
Gem. voeropname [g/dier per dag]	0,159	0,159	0,159	0,159
Gem. wateropname [mL/dier per dag]	281,83	284,39	285,06	282,37
Water/voer verhouding [mL/g]	1,772	1,787	1,791	1,775
Ruw eiwit-inhoud verstrekt voeder [%]	13,10			
Buitenluchtcondities				
Windrichting in graden (KNMI)	239	200	217	95
Gem. temperatuur (KNMI) [°C]	16,2	16,8	17,4	10,6
Gem. relatieve luchtvochtigheid (KNMI) [%]	86	75	73	74
Stallucht condities				
Gem. luchttemperatuur [°C]	23,6	23,7	23,8	22,7
Gem. relatieve luchtvochtigheid [%]	65	60	60	56
Gem. CO ₂ [ppm] (min – max)	1216 (959 – 1526)	1354 (957 – 1983)	1433 (1129 – 1834)	2028 (1913 – 2208)

KNMI: Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut

Tabel 25: Datus waarop de metingen in meetweek 6 werden uitgevoerd met dagnummer in het jaar, dagnummer in productieronde, technische resultaten en klimaatomstandigheden (buitenklimaat en in de stal).

Variabele [eenheid]	Meetweek 6			
Algemeen				
Datum meetdagen [dd-mm-yyyy]	09/01/2024	10/01/2024	25/01/2024	26/01/2024
Dagnummer in jaar	9	10	25	26
Productiegetallen				
Dagnummer in productieronde	36	37	52	53
Aantal dieren opgezet	19121			
Hanen	1794			
Hennen	17327			
Aantal dieren aanwezig bij aanvang van de meetweek	18760		18659	
Hanen	17274		17213	
Hennen	1486		1446	
Uitval cumulatief [%]	1,92	2,01	2,48	2,49
Legpercentage [%]	75,48	74,13	89,95	87,65
Gem. eigewicht [g]	51,8	51,9	55,7	55,9
Gem. diergewicht [g]				
Hanen	3812	3812	4093	4093
Hennen	3257	3265	3401	3424
Gem. voeropname [g/dier per dag]	0,148	0,150	0,164	0,164
Gem. wateropname [mL/dier per dag]	0,258	0,265	0,298	0,301
Water/voer verhouding [mL/g]	1,740	1,760	1,822	1,842
Ruw eiwit-inhoud verstrekt voeder [%]	14,3			
Buitenluchtcondities				
Windrichting in graden (KNMI)	56	52	206	245
Gem. temperatuur (KNMI) [°C]	-3,4	-4,3	6,9	7,5
Gem. relatieve luchtvochtigheid (KNMI) [%]	55	62	95	81
Stallucht condities				
Gem. luchttemperatuur [°C]	22,0	22,1	23,1	23,2
Gem. relatieve luchtvochtigheid [%]	47	47	55	54
Gem. CO ₂ [ppm] (min – max)	3030 (2059 - 4331 ^a)	2905 (2322 – 3424 ^b)	1707 (1554 – 1918)	1738 (1659 – 1832)

KNMI: Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut; ^a CO₂-concentratie was gedurende 14 uur boven de 3000 ppm; ^b CO₂-concentratie was gedurende 6 uur boven de 3000 ppm *

Tabel 26 geeft het percentage ruw eiwit, de toedieningsperiode en het dagnummer in productie weer voor het toegediende voeder over 1 productieronde.

Tabel 26: Datums waarop voeder werd toegediend, met naam, percentage ruw eiwit en dagnummer in productieronde op moment van start toediening.

Naam voeder	Ruw eiwit [%]	Toedieningsperiode	Dagnummer in productie
Opfok VB3	14,5	Start ronde – 31/01/2023	0
Pre	14,9	01/02/2023 – 19/02/2023	9
Fase 1 P+	14,3	20/02/2023 – 19/03/2023	28
Fase 1	14,0	20/03/2023 – 14/05/2023	56
Prestatie Foktoom 2 HD	13,5	15/05/2023 – 24/07/2023	112
Prestatie Foktoom 3 HD	13,1	25/07/2023 – einde ronde	183

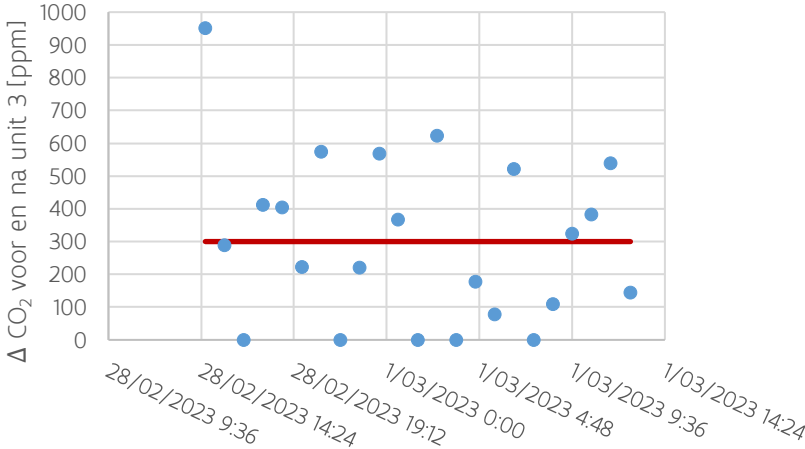
Bijlage VII: Inmenging verse buitenlucht

PM₁₀ en CH₄

Geen data

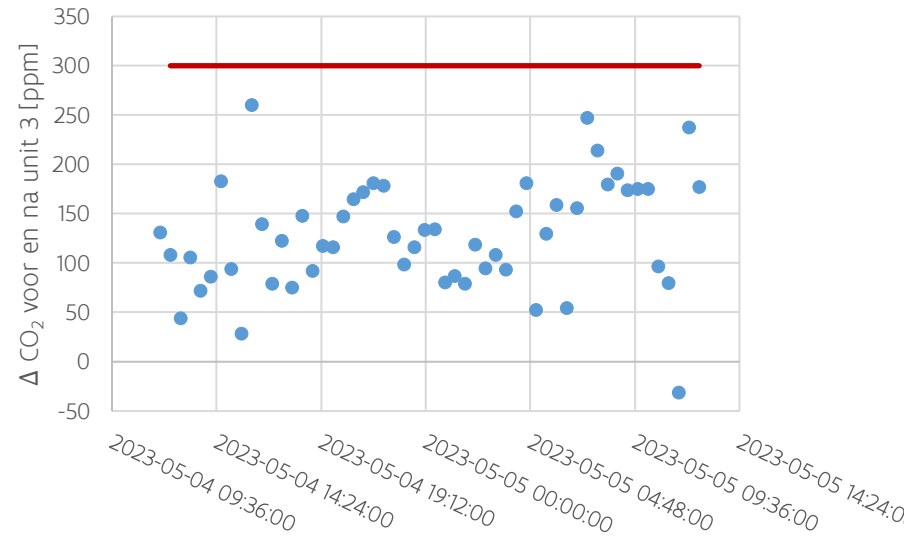
MW1

NH₃ en geur

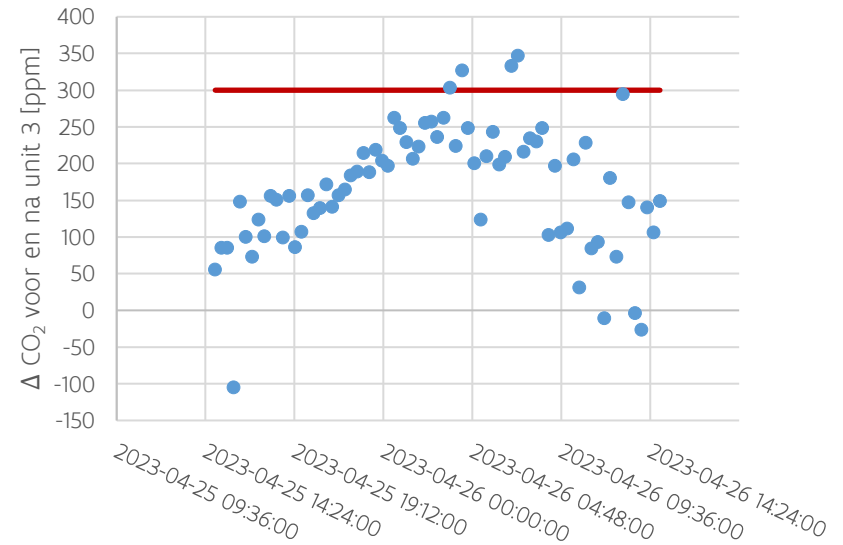


MW2

PM₁₀ en CH₄

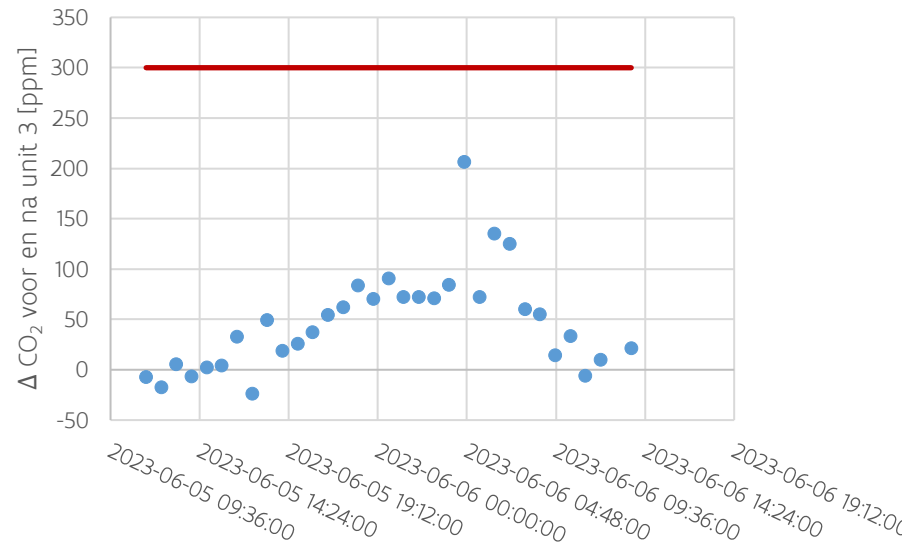


NH₃ en geur

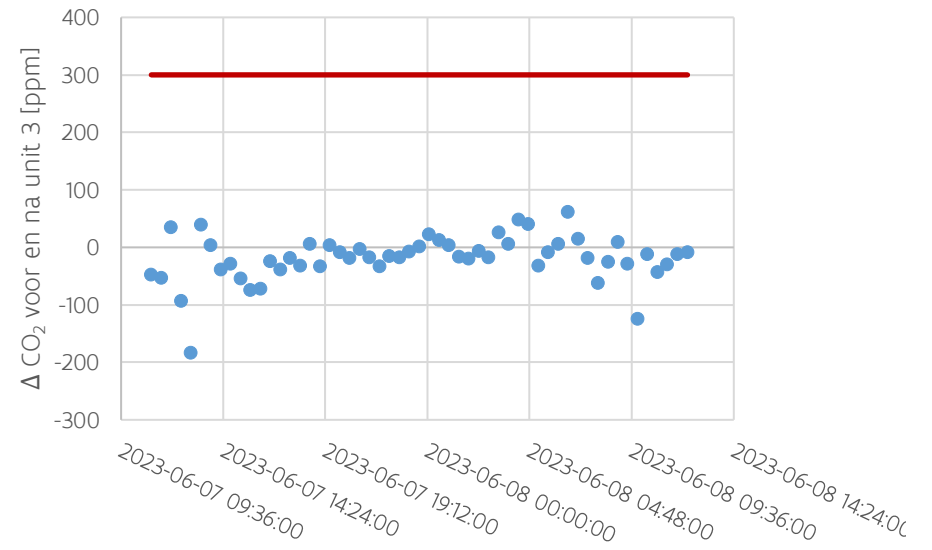


MW3

PM₁₀ en CH₄

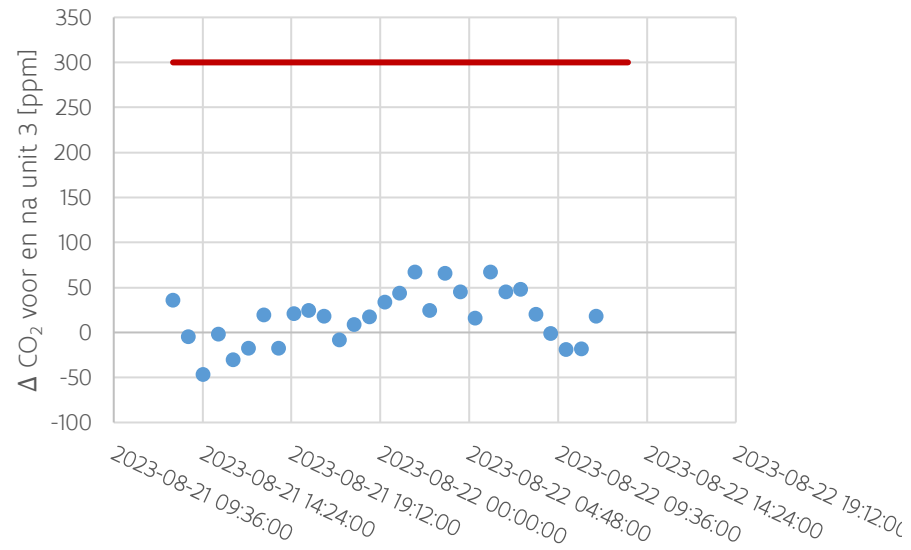


NH₃ en geur

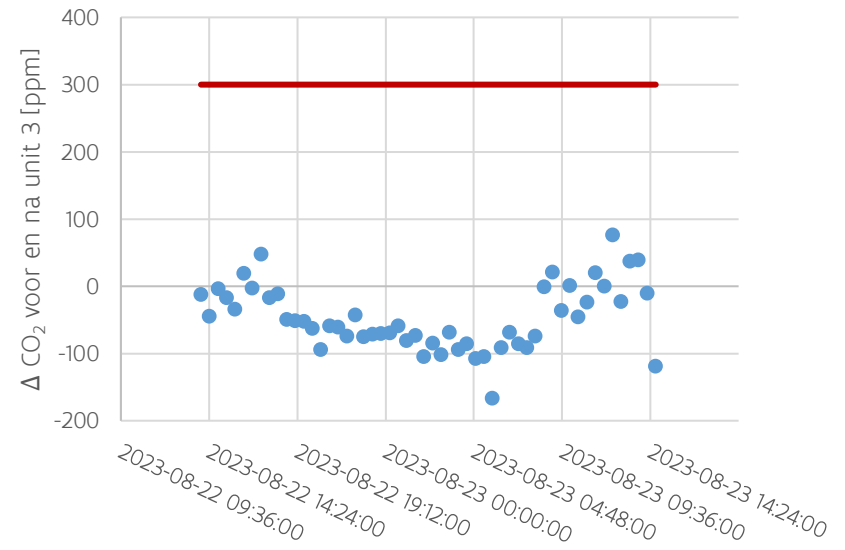


MW4

PM₁₀ en CH₄

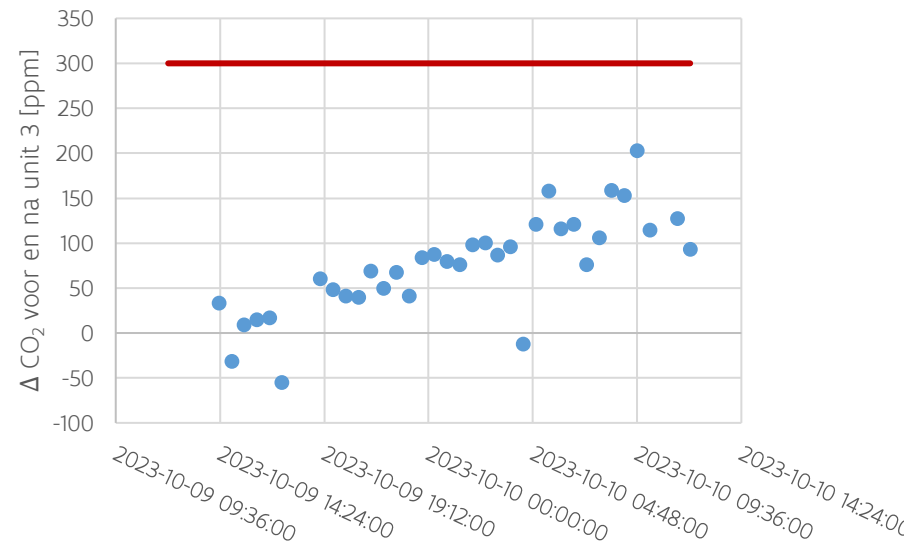


NH₃ en geur

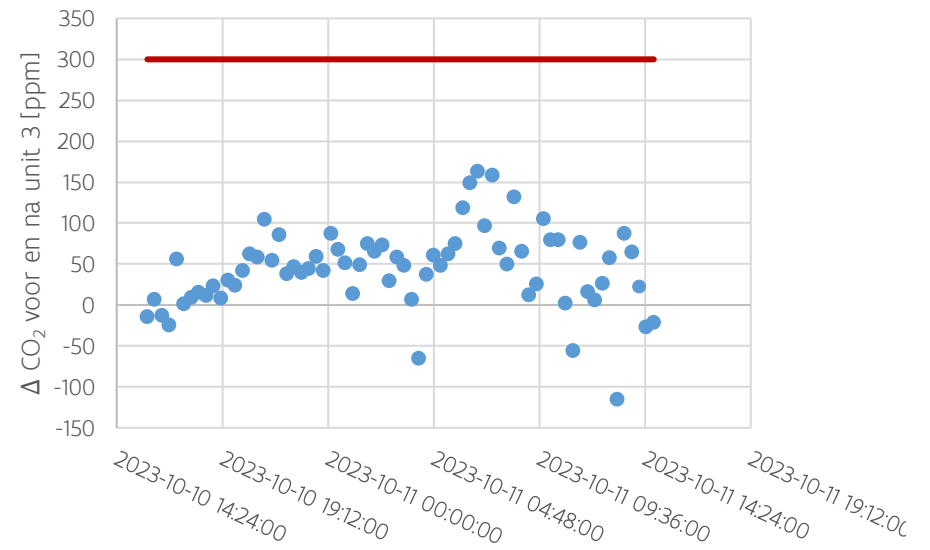


MW5

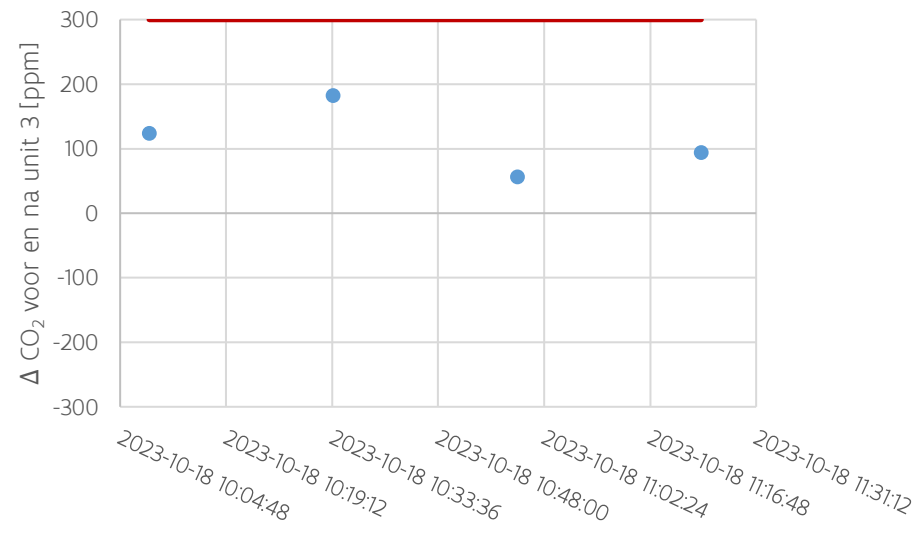
PM₁₀ en CH₄



NH₃

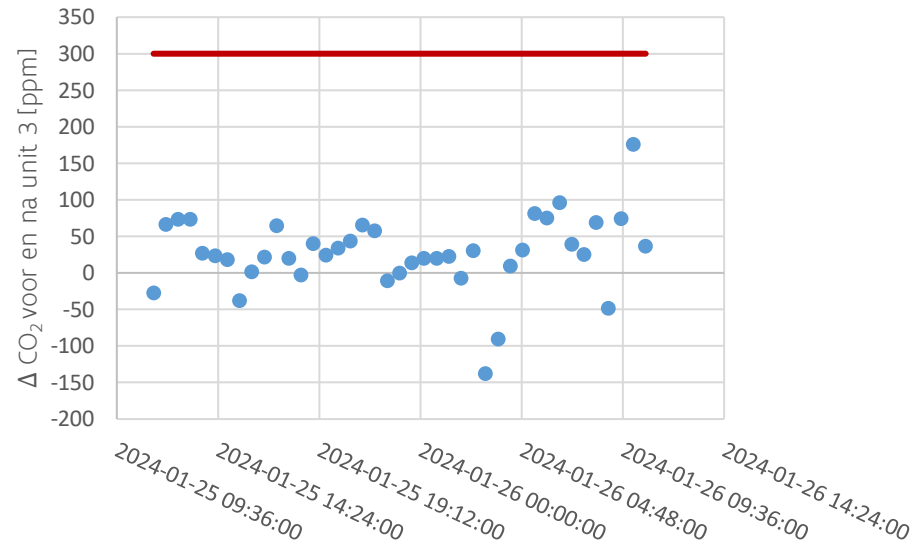


Geur

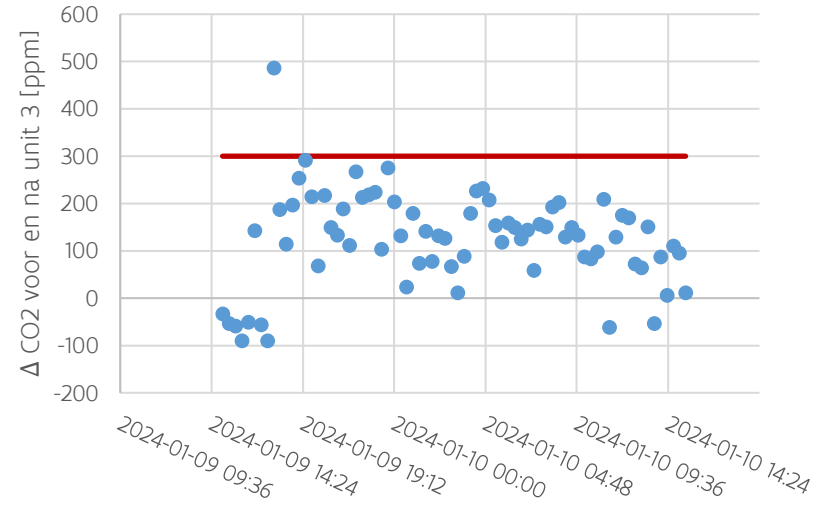


MW6

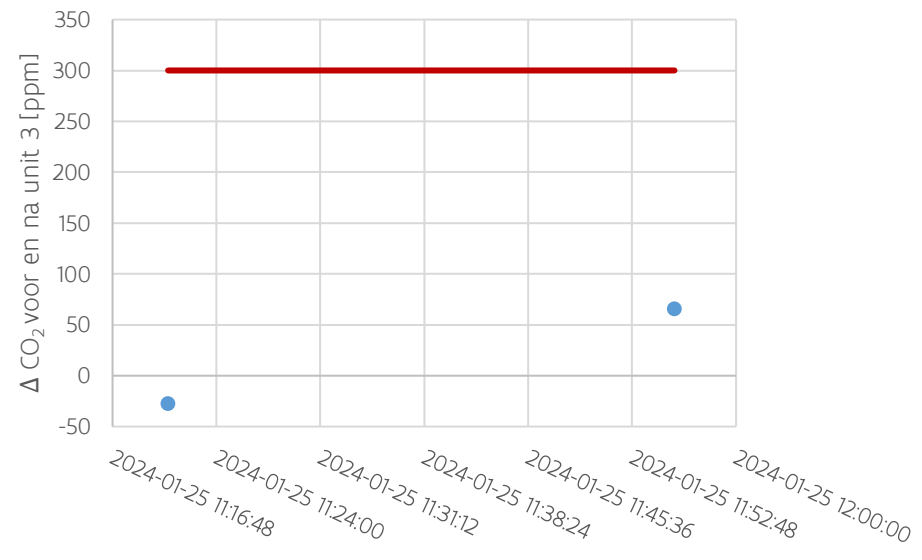
PM₁₀ en CH₄



NH₃



Geur



Bijlage VIII: Kalibratie Axetris (CH₄ en CO₂)

KALIBRATIE IN HET LABO

Voor elke meetweek werd een mengsel van 4 kalibratiegassen aan de multigasanalyser aangeboden via mengflessen. Vervolgens werd een lineaire regressie uitgevoerd op de verkregen data (aangeboden gasconcentratie t.o.v. de gemeten gasconcentratie). In Tabel 27 worden de resulterende kalibratievergelijkingen weergegeven. Voor MW2 en MW4 werd een te hoge concentratie aan CH₄ aangeboden tijdens kalibratie waardoor de ijklijnen van MW3 en MW5 werden toegepast. De grafieken met de ijklijnen zijn hieronder terug te vinden.

Tabel 27: Overzicht van de meetweken, de uitgevoerde kalibraties voor CO₂ en CH₄ en de resulterende kalibratievergelijkingen van de ijklijnen.

MW	Datum MW	Datum kalibratie CO ₂	kalibratievergelijking CO ₂	Datum kalibratie CH ₄	kalibratievergelijking CH ₄
1	27/02/2023 – 01/03/2023	-	Wegens defect CO ₂ -module Axetris werd met E+E CO ₂ probe EE871 gemeten	21/02/2023	-0.593 + 0.995 * CH ₄
2	25/04/2023 – 04/05/2023	21/04/2023	43.169 + 1.194 * CO ₂	30/05/2023	1.020 * CH ₄
3	05/06/2023 – 08/06/2023	30/05/2023	103.339 + 1.006 * CO ₂		
4	21/08/2023 – 23/08/2023	3/08/2023	100.674 + 1.028 * CO ₂	20/10/2023	-0.857 + 1.019 * CH ₄
5	09/10/2023 – 18/10/2023	08/09/2023	134.797 + 1.012 * CO ₂		
6	09/01/2024 – 25/01/2024	4/01/2024	151.689 + 1 * CO ₂	4/01/2024	-0.398 + 0.976 * CH ₄

MW: meetweek

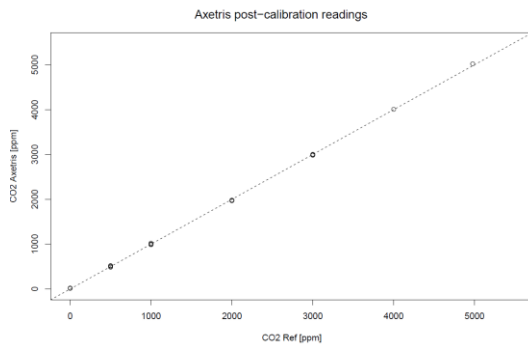
DATASELECTIE MEETGEGEVENS

Per staalnamepunt werd gedurende 5 à 7 minuten gemeten waarvan de laatste 2 minuten werden geselecteerd voor verdere analyse. Van deze laatste 2 minuten werd het gemiddelde bepaald. Vervolgens werd de correctiefactor op de gemeten data toegepast en tot slot werd een outlieranalyse uitgevoerd d.m.v. de boxplotmethode. Datapunten die door de boxplotmethode als outlier werden beschouwd maar waarvoor een logische verklaring was (bv. plotse stijging door aanspringen verlichting), werden niet verwijderd.

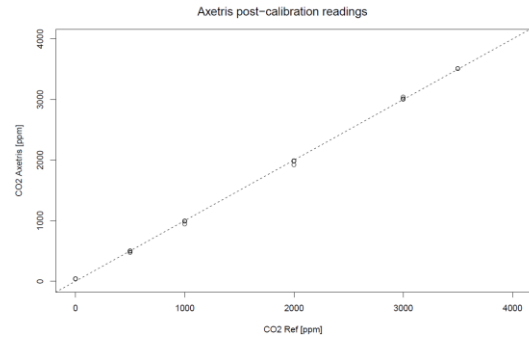
IJKLIJNEN INCLUSIEF KALIBRATIEVERGELIJKINGEN

CO₂

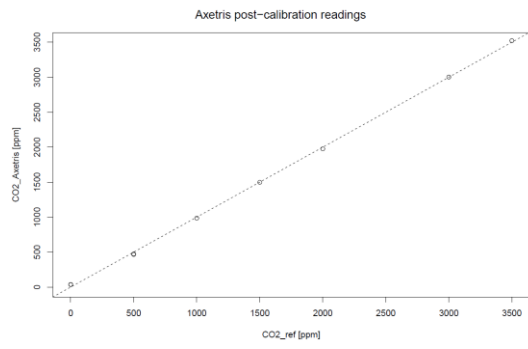
21/04/2023



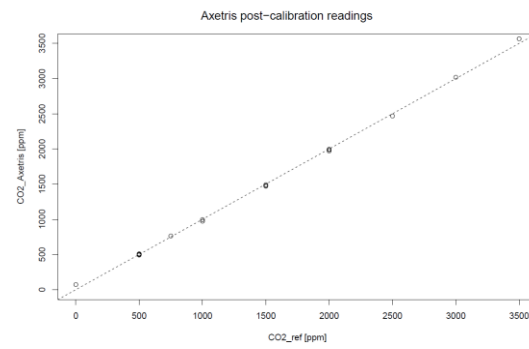
30/05/2023



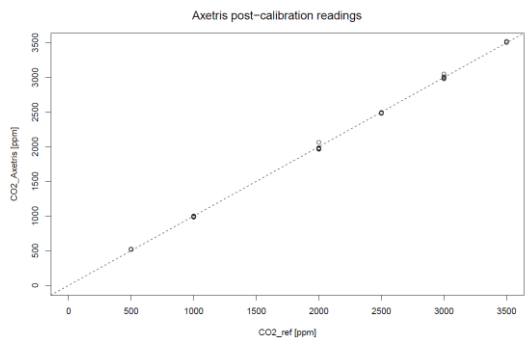
03/08/2023



08/09/2023

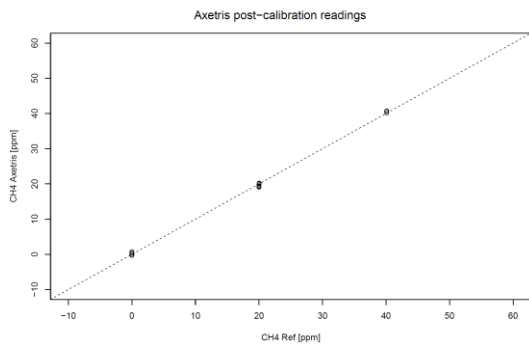


04/01/2024



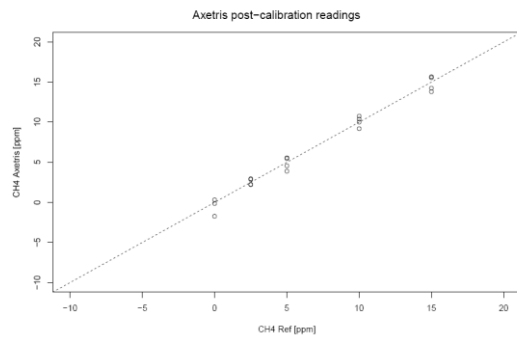
CH₄

21/02/2023



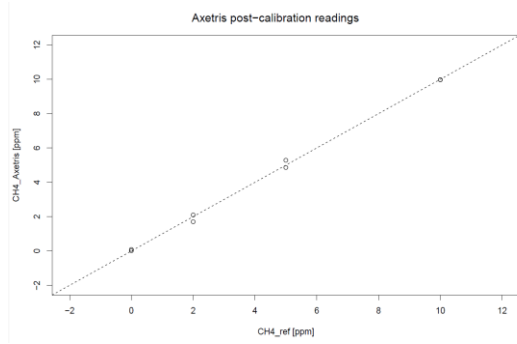
$$\text{CH}_4_{\text{ref}} = -0.593 + 0.995 * \text{CH}_4$$

30/05/2023



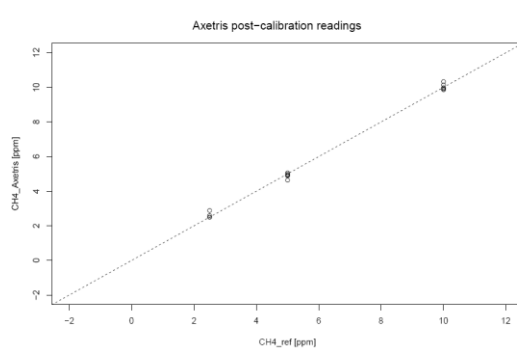
$$\text{CH}_4_{\text{ref}} = 1.020 * \text{CH}_4$$

20/10/2023



$$\text{CH}_4_{\text{ref}} = -0.857 + 1.019 * \text{CH}_4$$

04/01/2024



$$\text{CH}_4_{\text{ref}} = -0.398 + 0.976 * \text{CH}_4$$