

The ILVO logo is displayed in large, white, bold, sans-serif capital letters. It is positioned in the upper left corner of the slide, overlaid on a photograph of two cows in a milking parlor. The cow in the foreground is white with a pink nose, and the cow behind it is black and white. Both have yellow identification tags. The background shows the metal structure of the milking parlor.

ILVO

Instituut voor Landbouw-
Visserij- en Voedingsonderzoek

Nieuwe meettechniek om emissie van melkveestallen te meten

LABSdag 2025

Eva Brusselman

23/05/2025





Het Instituut voor Landbouw-, Visserij- en Voedingsonderzoek



WIE ZIJN WIJ?

ILVO

Instituut voor Landbouw-, Visserij- en Voedingsonderzoek



Onderzoekscentrum van de Vlaamse Overheid



Opdracht: werken aan verduurzaming van landbouw-,
visserij- en agrovoedingssector.



In Vlaanderen, België, Europa en de rest van de wereld.



VOOR WELKE SECTOREN?



**PLANTAARDIGE
PRODUCTIE**



VEEHOUDERIJ



**MARIENE
SECTOR**



VOEDERPRODUCTIE



**BIOLOGISCHE
LANDBOUW**



VOEDINGSPRODUCTIE



**TECHNOLOGIE, MACHINE-
EN STALLENBOUW**



**PUBLIEKE EN NON-
PROFIT SECTOR**



BIO-ECONOMIE

ILVO

ONZE ORGANISATIE?

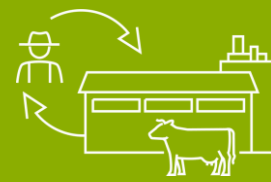
Eén ILVO met 4 eenheden:

- Plant
- Dier
- Technologie & Voeding
- Landbouw & maatschappij



Groep Milieutechniek

Environmental
Technology
Research Group



modelleren

meten

reduceren



Luchtemissies
gerelateerd aan
veehouderij

ammoniak
geur
broeikasgassen
fijn stof

Meetcampagne natuurlijk geventileerde melkveestallen

Onderzoek kadert binnen de ILVO Referentietaken in opdracht van het Beleidsdomein Omgeving

Dit onderzoek werd uitgevoerd door ILVO in opdracht van het Beleidsdomein Omgeving



<https://ilvo.vlaanderen.be/nl/refmil>



Meetcampagne natuurlijk geventileerde melkveestallen

2 Inleiding

DOEL?

Bepaling van de gemiddelde ammoniakemissie van een traditionele Vlaamse melkveestal

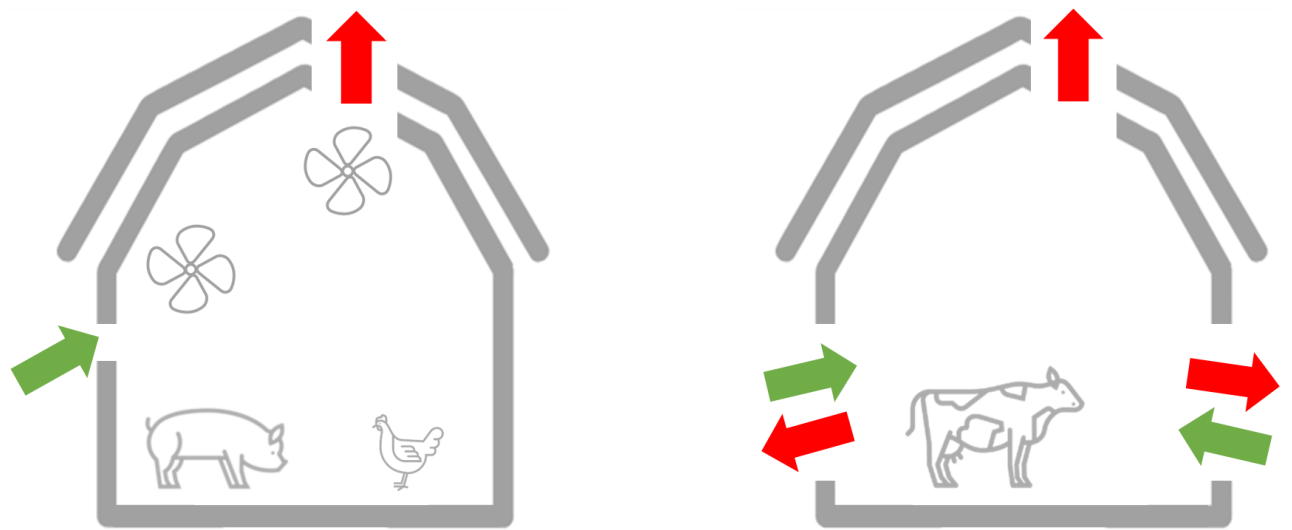
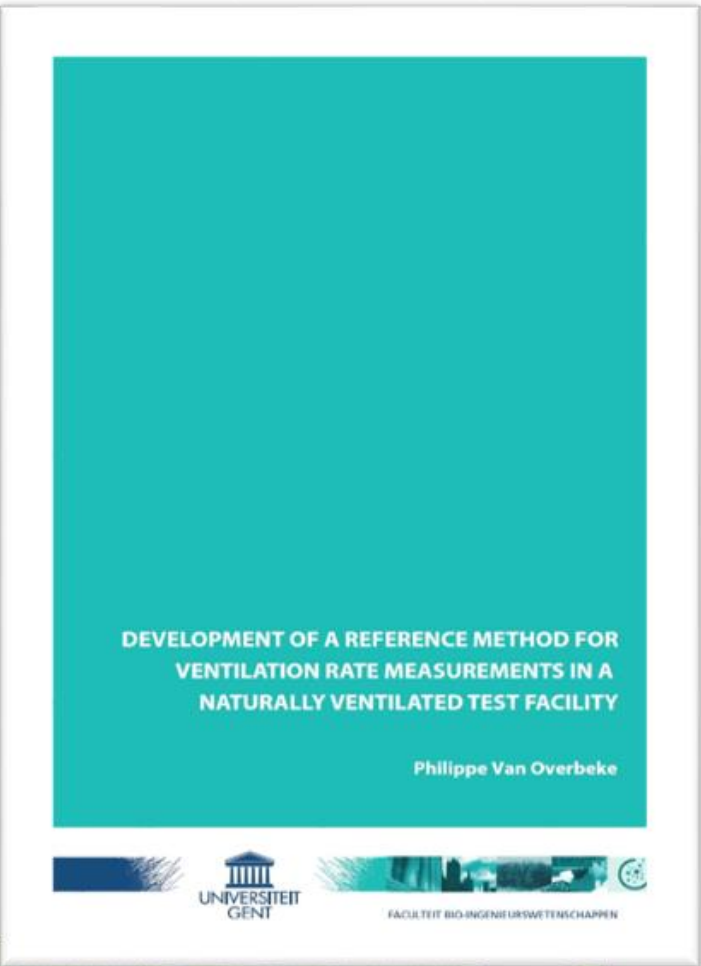
gemiddelde ammoniakemissie
≠
emissiefactor

EMISSIEFACTOREN RUNDEREN

Diercategorie	Omschrijving stalsysteem	Nederlands systeem	NH ₃ (kg/dp/jaar)	Geur (ou _E /dier/s)	PM ₁₀ (kg/dier/jaar)	PM _{2.5} (kg/dier/jaar)
melk- en kalfkoeien ouder dan 2 jaar	grupstal met drijfmest, emitterend oppervlak van grup en kelder max. 1,2 m ² per koe	A 1.1	5.7	niet vastgesteld	0,081	0,0224
	overige huisvestingssystemen permanent opstallen	A 1.100	13	niet vastgesteld	0,148	0,0406
zoogkoeien ouder dan 2 jaar	overige huisvestingssystemen	A 2.100	4.1	niet vastgesteld	0,086	0,0237
vrouwelijk jongvee tot 2 jaar	overige huisvestingssystemen	A 3.100	4.4	niet vastgesteld	0,038	0,0104
vleeskalveren tot 8 maanden	overige huisvestingssystemen	A 4.100	3.5	35,6	0,033	0,0091
vleesstieren en overig vleesvee van 6 tot 24 maanden (roodvleesproductie)	overige huisvestingssystemen	A 6.100	5.3	35,6	0,17	0,0467
fokstieren en overig rundvee (bv. reforme zoogkoe) ouder dan 2 jaar	overige huisvestingssystemen	A 7.100	6.2	niet vastgesteld	0,17	0,0467

De informatie uit ons rapport kan door de overheid gebruikt worden om een ammoniakemissiefactor vast te stellen.

Meetcampagne natuurlijk geventileerde melkveestallen



Mechanisch geventileerde stal

Natuurlijk geventileerde stal



Meetcampagne natuurlijk geventileerde melkveestallen

3 Materiaal & methoden

3.1 Beschrijving van de melkveestallen en hun omgeving

3.2 Meteorologische data

3.3 Landbouwkundige randvoorwaarden

3.4 Gehanteerde meetmethodes

3.5 Ammoniakconcentraties

3.6 Ventilatiedebieten

3.7 Kwaliteitscontrole

3.8 Berekening emissie

3.9 Dataverwerking en –analyse

3.4 Gehanteerde meetstrategie en meetmethodes

Meetstrategie?

Multi-farm approach

Vier stallen verspreid over Vlaanderen gedurende 1 jaar bemeten.

Locatie	Periode
B1	1-1-2023 tot 1-1-2024
B2	1-5-2023 tot 1-5-2024
B3	1-10-2023 tot 1-10-2024
B4	1-10-2023 tot 1-10-2024

Meetmethodes?

Tracer gas ratio TGR (= VERA) – meetmethode → ventilatie op basis van delta CO₂

ILVO-metmethode → ventilatie op basis van luchtsnelheidsmetingen in stalopeningen

Continue metingen met gasanalyzers

≠ oude, toen geldende meetrichtlijnen: 6 meetdagen per meetlocatie, 4 meetlocaties

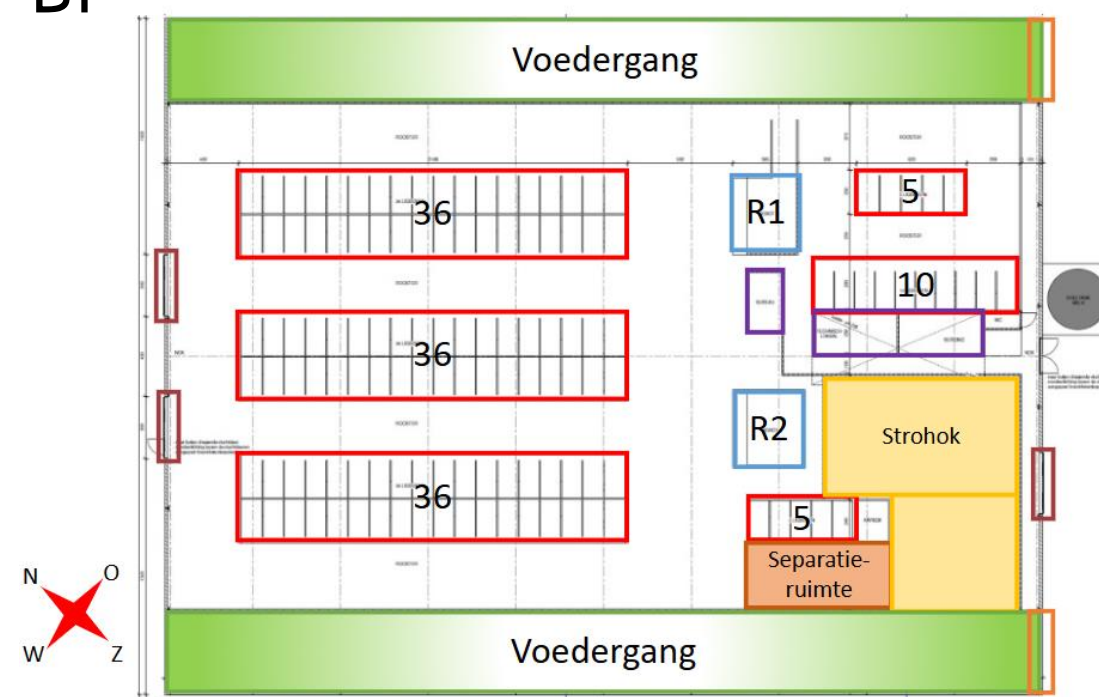
= zoals vernieuwde meetrichtlijnen opgesteld door de schrijfgroep (Vlaanderen-Nederland)

Ter info: In Duitsland meet men per locatie 6 meetweken per jaar

Waarom? Om een zo correct mogelijke inschatting te hebben van de emissie + inzicht in variatie van emissie per locatie

3.1 Beschrijving van de melkveestallen en hun omgeving

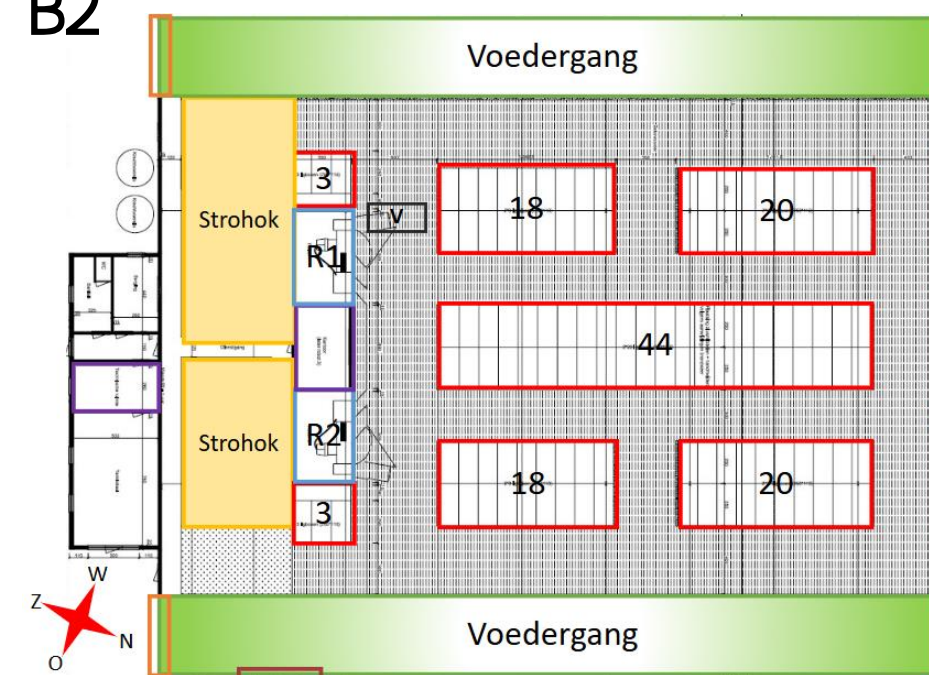
B1



Aantal dierplaatsen
(excl. separatieruimte)
123
135 vergunde dierplaatsen

Bevuild vloeroppervlak
745 m²
6,06 m²/dierplaats

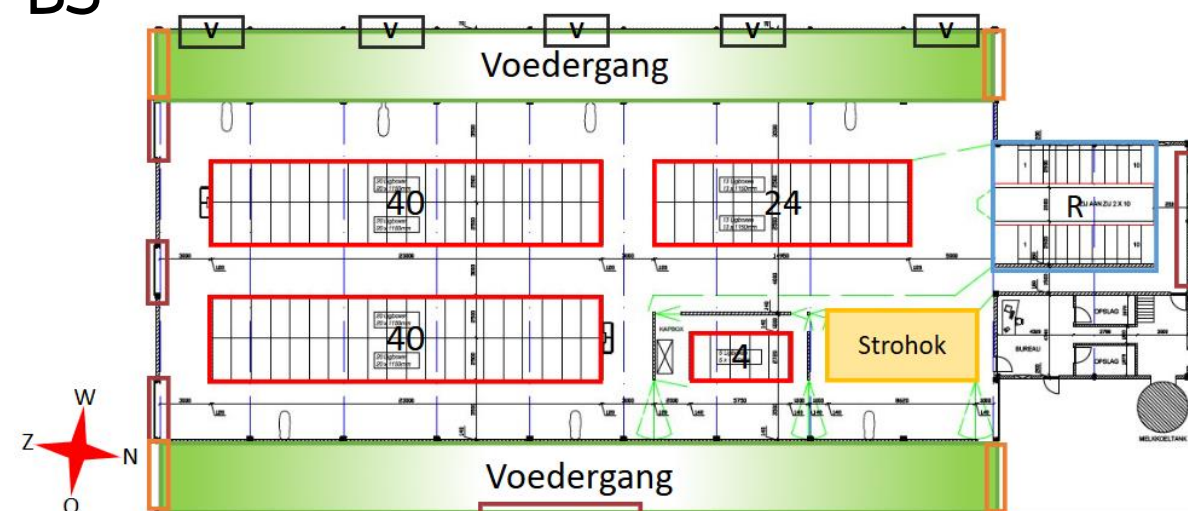
B2



Aantal dierplaatsen
(excl. separatieruimte)
120
141 vergunde dierplaatsen

Bevuild vloeroppervlak
679 m²
5,66 m²/dierplaats

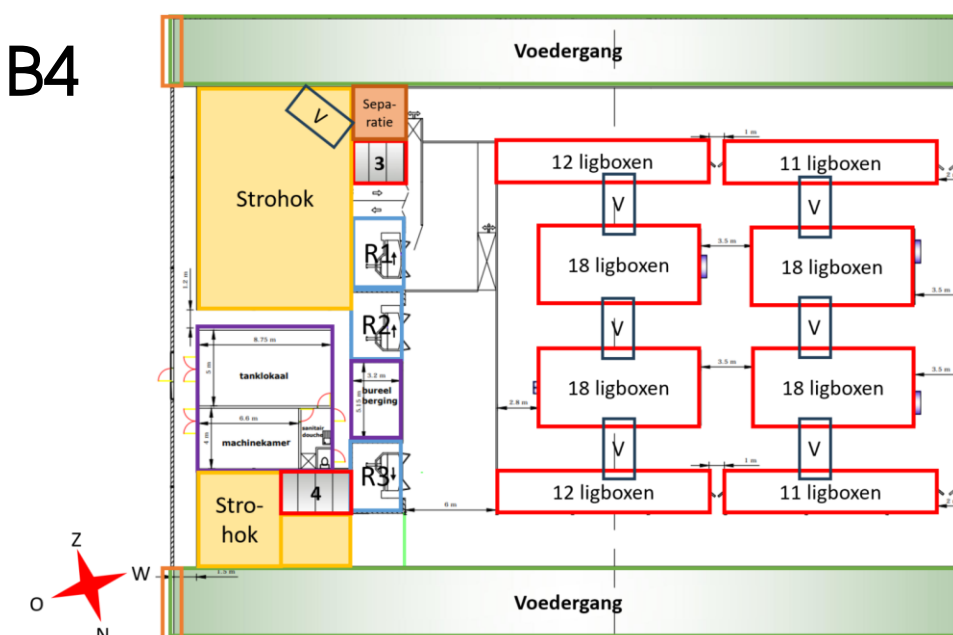
B3



Aantal dierplaatsen
(excl. separatieruimte)
104
115 vergunde dierplaatsen

Bevuild vloeroppervlak
564 m²
5,43 m²/dierplaats

B4



Aantal dierplaatsen
(excl. separatieruimte)
118
120 vergunde dierplaatsen

Bevuild vloeroppervlak
837 m²
7,09 m²/dierplaats

3.3 Landbouwkundige randvoorwaarden

Wat?

Voorwaarden opgelegd in **meetrichtlijnen** om ervoor te zorgen dat **onderzoekslocaties** waar emissiemetingen plaatsvinden i.k.v. algemene erkenning van een emissiereducerende techniek of maatregel **representatief** zijn **voor de praktijk**.

- Huisvesting
- Voeding
- Productie (melkgift en tankmelkureumgetal)
- Gezondheid
- Aantal dieren

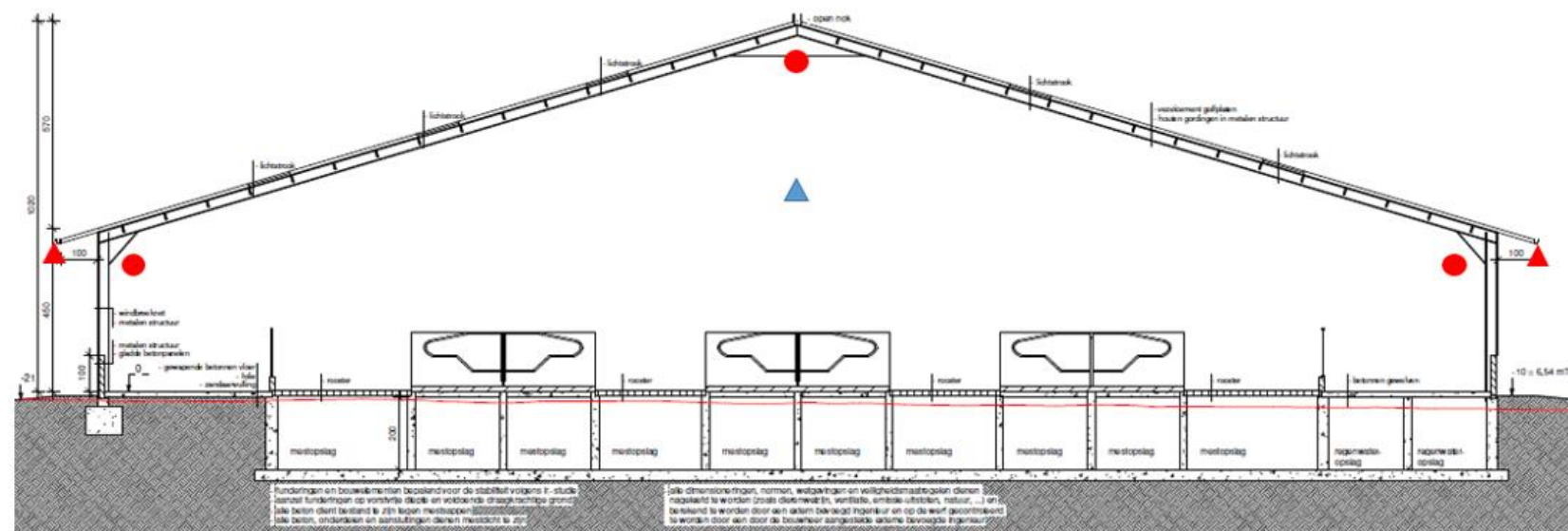
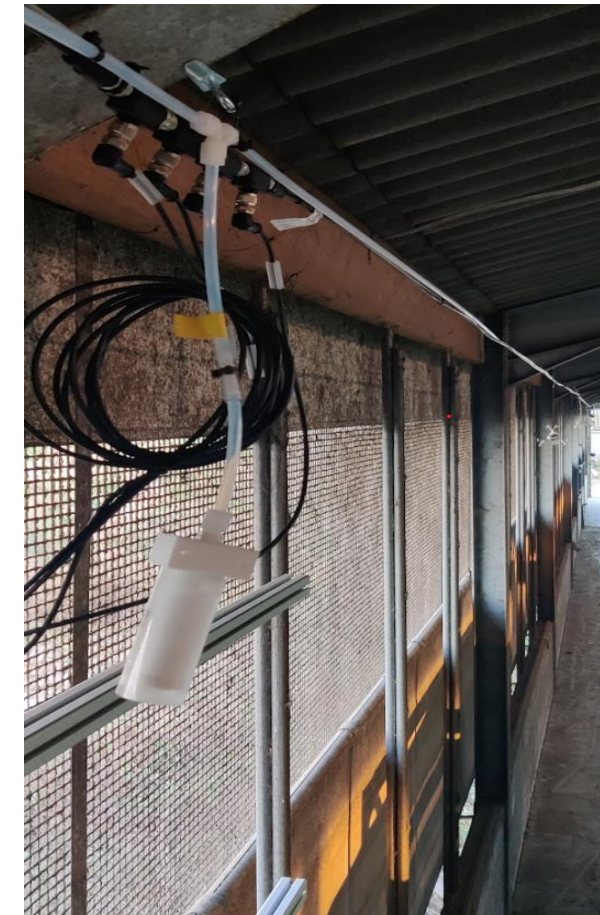
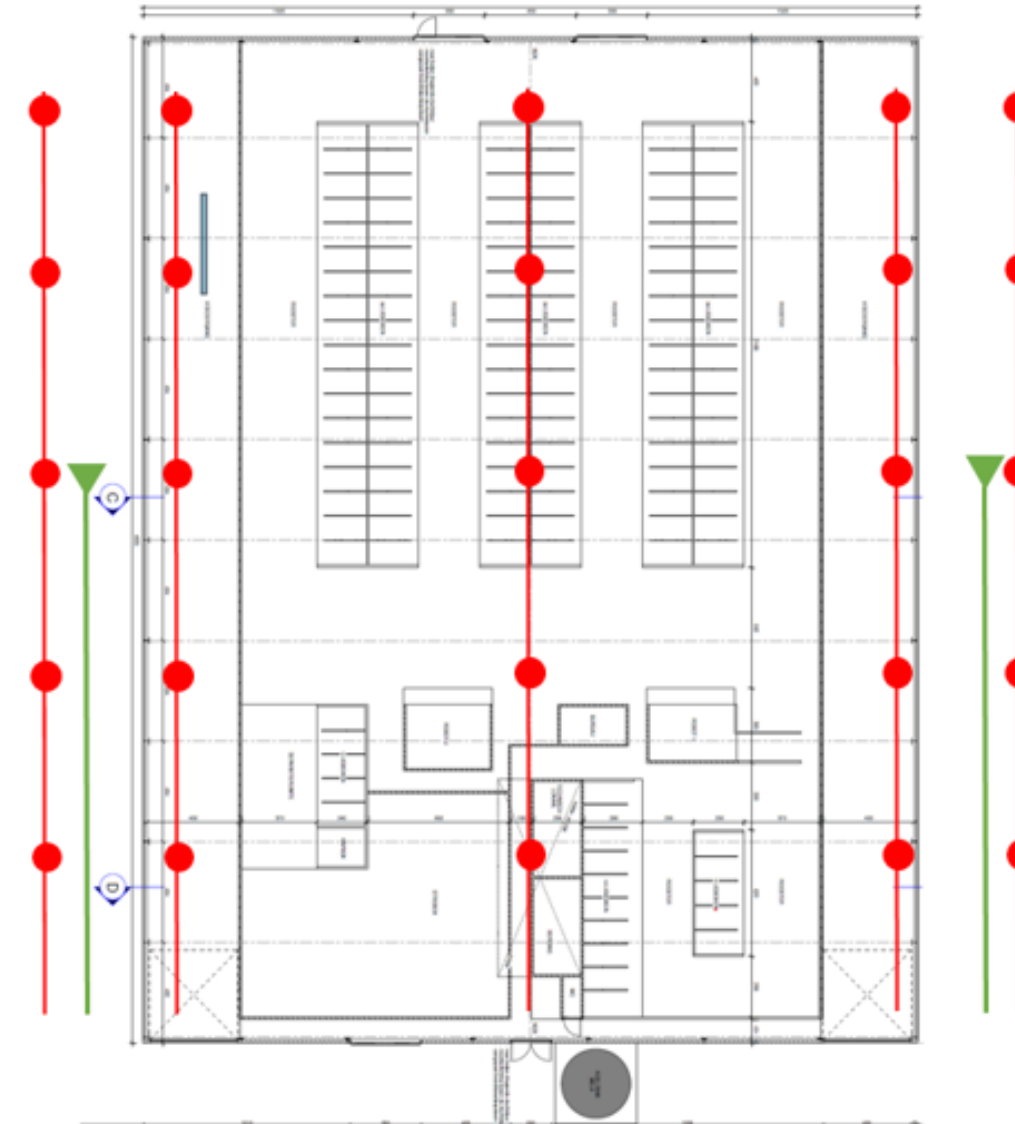
3.5 Ammoniakconcentraties

Verschil tussen meetmethodes?

Locatie bemonstering lucht in de stal

RODE BOLLEN = ILVO-meetmethode

BLAUWE DRIEHOEK = TGR-meetmethode



3.5 Ammoniakconcentraties

Meetopstelling



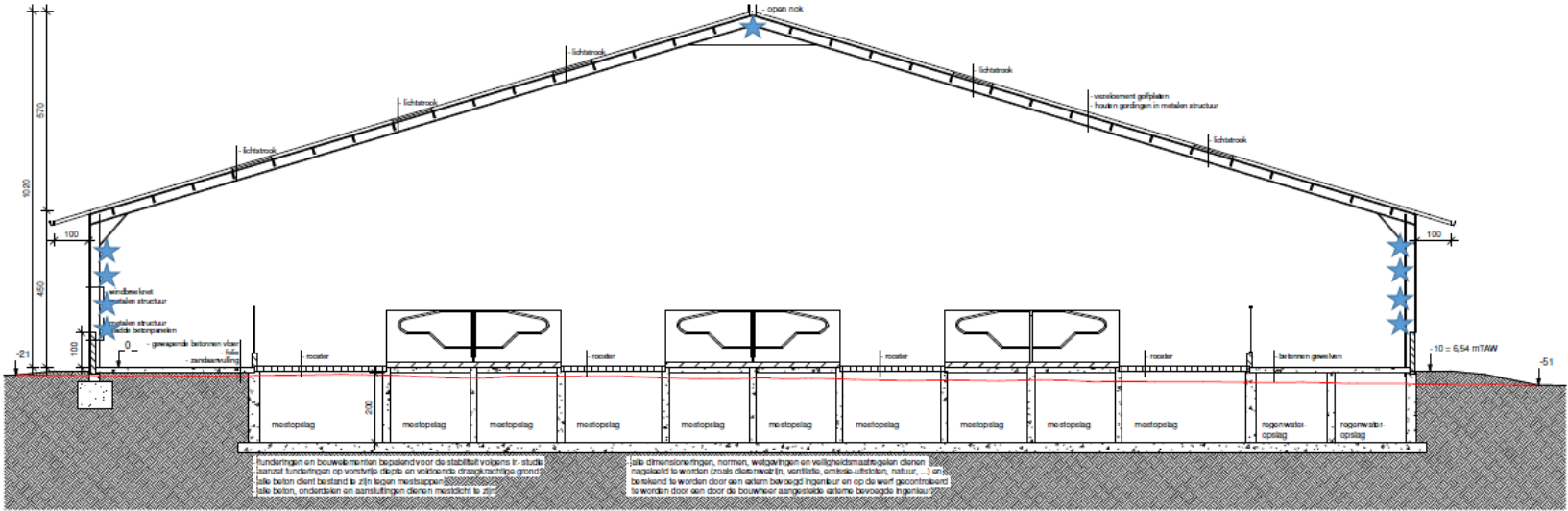
Locatie	Periode	Analyzer
B1	1-1-2023 tot 1-1-2024	Picarro G2508
B2	1-5-2023 tot 18-3-2024	Picarro G2301 + Axetris box 0*
	19-3-2024 tot 1-5-2024	Axetris box 1
B3	1-10-2023 tot 1-10-2024	Axetris box 2
B4	1-10-2023 tot 1-1-2024	Axetris box 3
	1-1-2024 tot 1-10-2024	Axetris box 4

*Axetris box 0 is een meetbox zonder NH₃ gas detector.

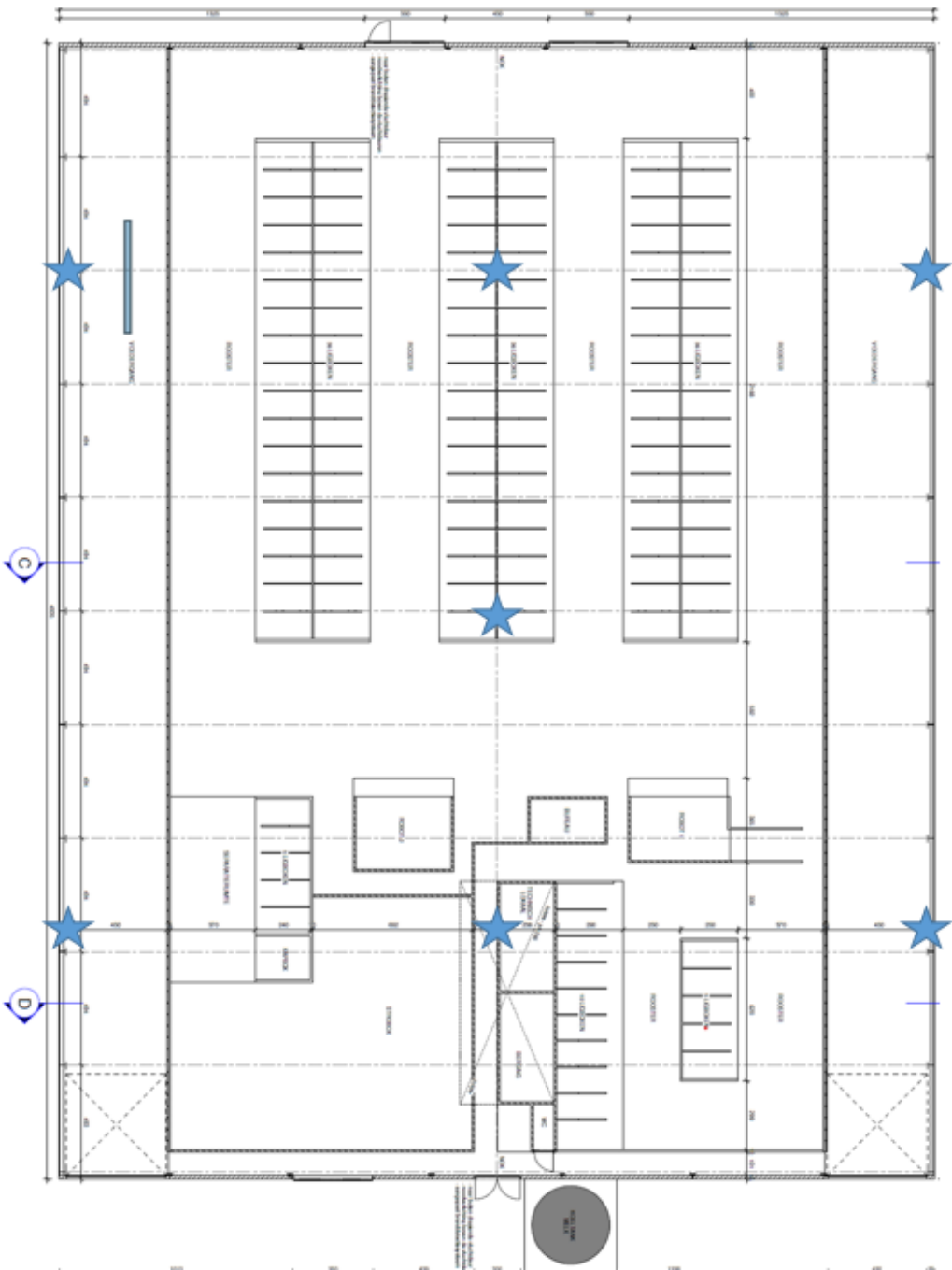
3.6 Ventilatiegebieten

Meetopstelling

ILVO-meetmethode



B1/B2/B3



3.6 Ventilatiegebieten

Meetopstelling

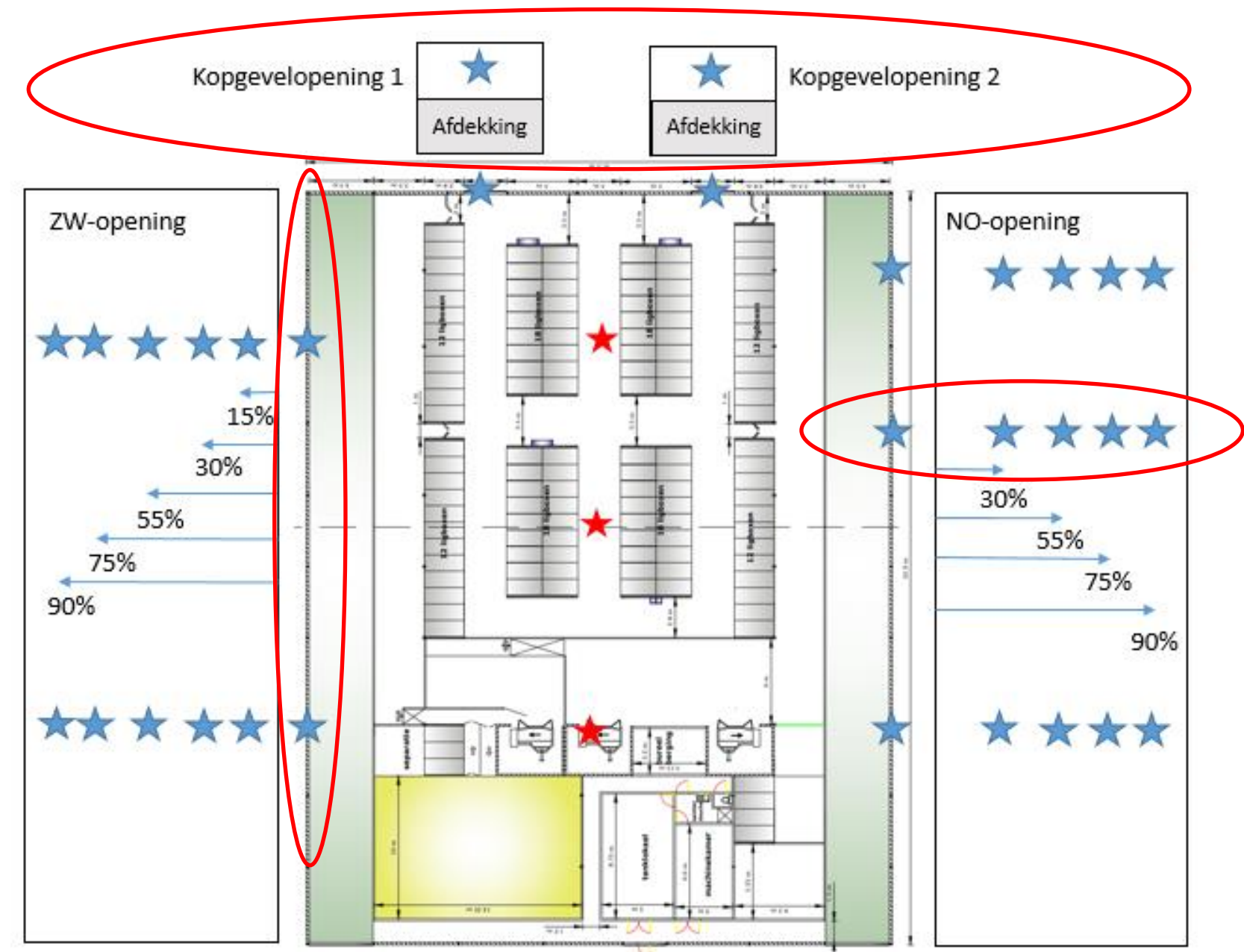
ILVO-meetmethode

In stal B4 werden bijkomend acht anemometers geïnstalleerd:

- Eén extra verticaal profiel in de NO-opening.
- Een vijfde anemometer in elk van de verticale profielen in de ZW-opening, op 15% van de totale hoogte van de opening.
- Twee extra anemometers in een opening van de kopgevel



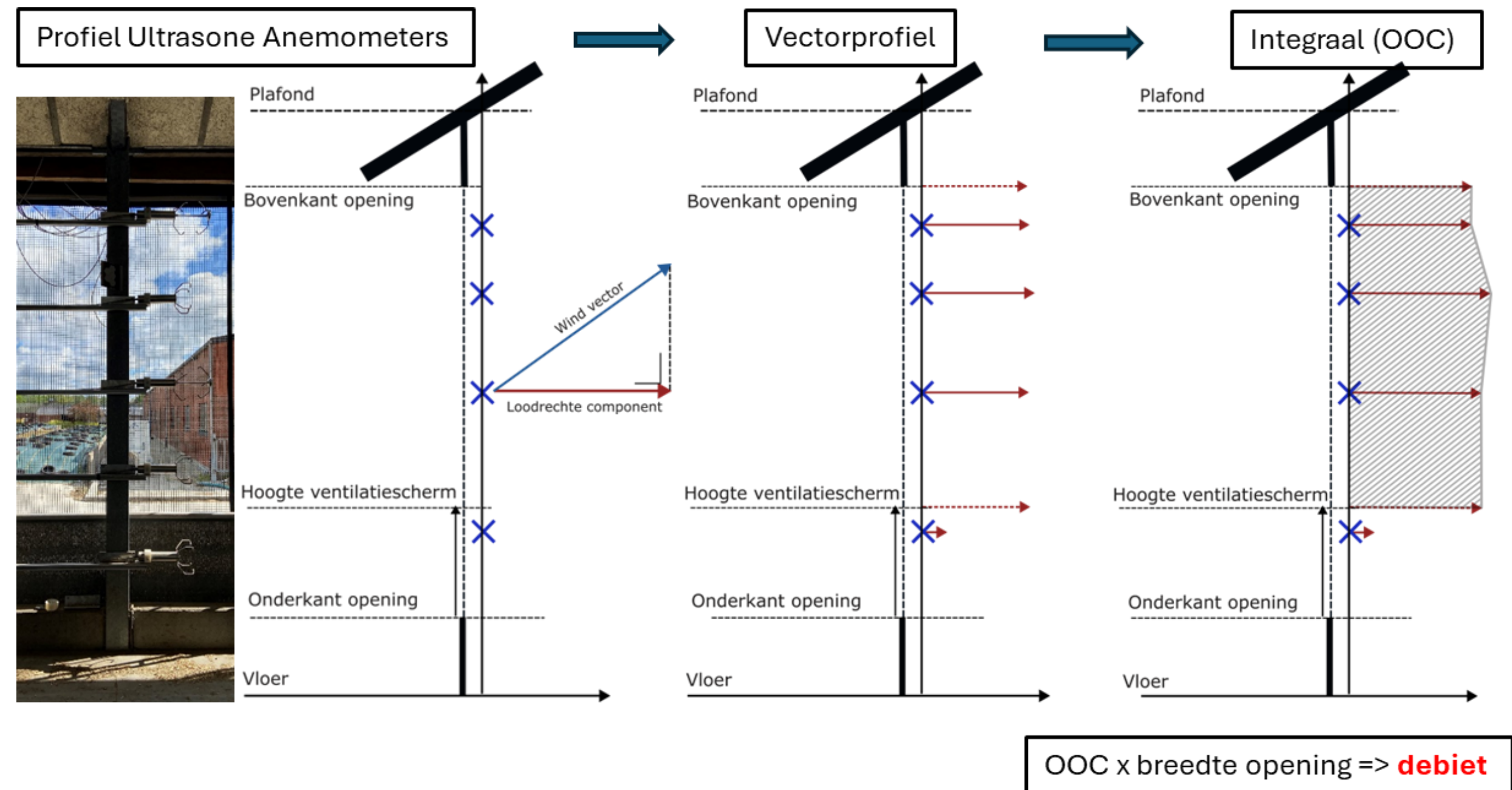
B4



3.6 Ventilatie-debiet

Berekeningswijze ILVO-meetmethode

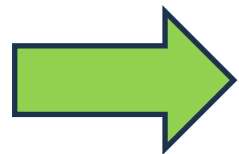
Publicatie van
collega Kobe Coorevits



3.7 Kwaliteitscontrole

Ventilatiebalans (ILVO-meetmethode)

- Controle op evenwicht tussen het ingaande en uitgaande debiet. Afwijkingen kunnen duiden op openingen die niet bemeten worden.
- Over een periode van 4 weken uitgevoerd voorafgaande aan de meetperiode.
- Ventilatiegegevens per 10 minuten wordt geanalyseerd met orthogonale regressie, waarbij de bekomen helling maximaal 15% mag afwijken van 1 (de ideale waarde).



Eén stal voldeed hier niet aan en werd vervangen

3.6 Ventilatie-debiet

Berekeningswijze TGR-meetmethode

CIGR-rekenregels voor CO₂-productie

Input variabelen	
Gewicht koeien	
Melkproductie	
Drachtperiode	
Gewichtstoename	
Energiewaarde voer	
Melkvee:	
$PCO_2 = 0,2 (5,6m^{0,75} + 22Y_1 + 1,6 \cdot 10^{-5}p^3) \frac{1}{1000}$	
Droge koeien:	
$PCO_2 = 0,2 (5,6m^{0,75} + 1,6 \cdot 10^{-5}p^3) \frac{1}{1000}$	
Jongvee, drachtig:	
$PCO_2 = 0,2 \left(7,64m^{0,69} + Y_2 \left(\frac{23}{M} - 1 \right) \cdot \left(\frac{57,27 + 0,302m}{1 - 0,171Y_2} \right) + 1,6 \cdot 10^{-5}p^3 \right) \frac{1}{1000}$	
Jongvee, niet drachtig:	
$PCO_2 = 0,2 \left(7,64m^{0,69} + Y_2 \left(\frac{23}{M} - 1 \right) \cdot \left(\frac{57,27 + 0,302m}{1 - 0,171Y_2} \right) \right) \frac{1}{1000}$	

Temperatuurcorrectie

$$PCO_{2,gecorrigeerd} = PCO_2 \cdot (1000 + 4(20 - T_{stal}))/1000$$

Ventilatie-debiet

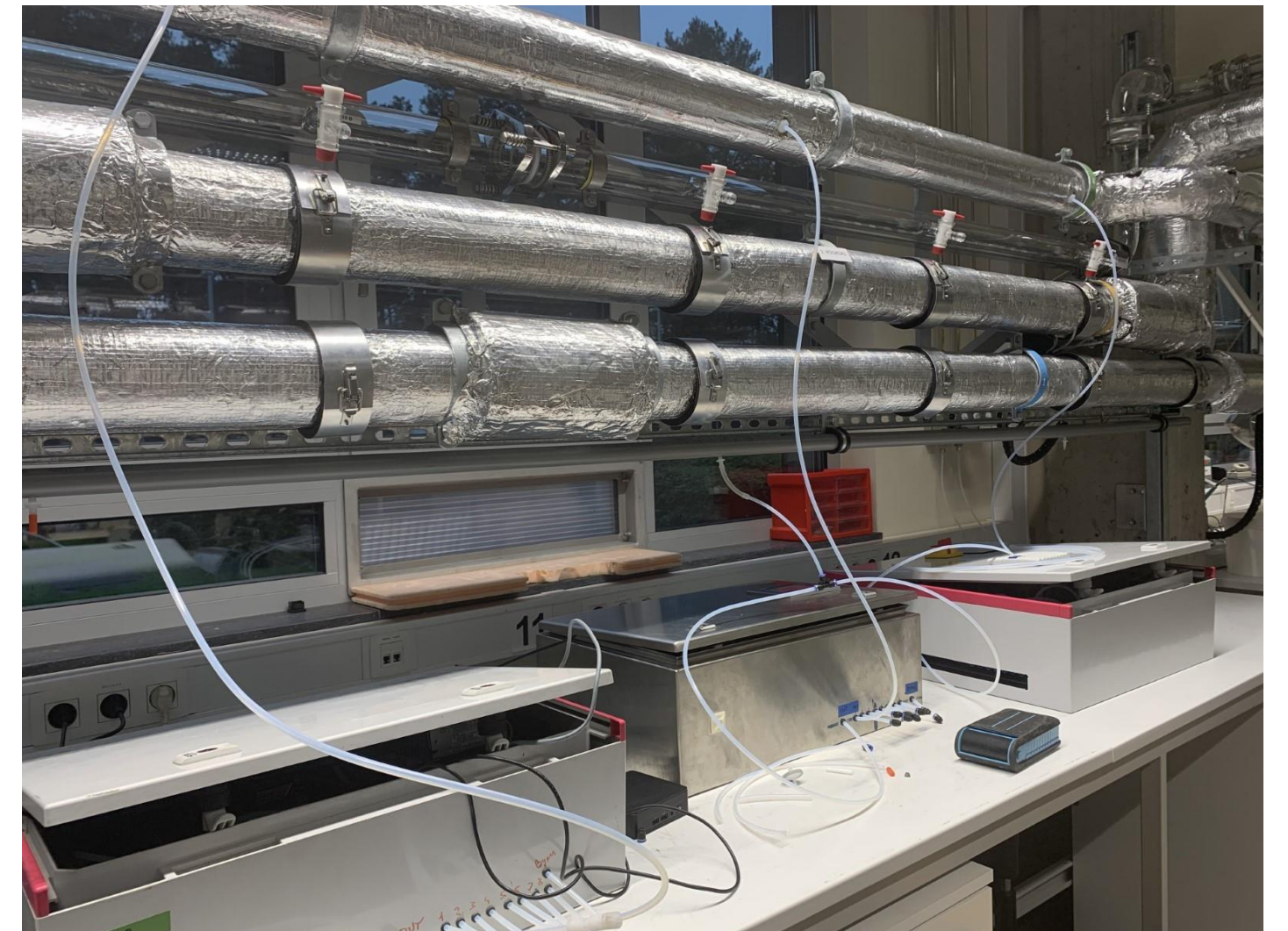
$$Ventilatie-debiet [m^3/uur] = \frac{PCO_2 \left[\frac{m^3}{uur} \right]}{C_{m,stal,CO_2} - C_{m,buiten,CO_2} [ppm]} \cdot 10^6$$

Daggemiddeld ventilatie-debiet want activiteit van de koeien niet in rekening gebracht!

3.7 Kwaliteitscontrole

Kalibratie gasanalyzers

- Aanbieden van gekende concentraties NH_3 met ringleiding van VITO
- Na voldoende stabilisatietijd wordt de gemeten concentratie van elke analyzer gebruikt om een kalibratiecurve op te stellen
- Kalibratiecurven worden gebruikt om alle gemeten concentraties te corrigeren



3.7 Kwaliteitscontrole

Veldvalidatie gasanalyzers

- Om de 6 weken opstellen van een validatiecurve voor elke analyzer o.b.v. aangeboden concentraties uit gasflessen.
- Kwaliteit van de opstelling garanderen en aanwezigheid van drift detecteren.
- Aangeboden concentraties zijn minder nauwkeurig dan in labo, dus geen correctie o.b.v. deze resultaten

3.8 Berekening Emissies

Berekening volgens beide methoden

$$E_{NH_3} = V * (C_{NH3, \text{uitgaande lucht}} - C_{NH3, \text{ingående lucht}})$$

	ILVO-meetmethode	TGR-meetmethode
Ventilatiedebit	Uitgemiddeld per uur Windrichting moet constant blijven gedurende dit uur	Bepaald per 24 uur
NH3-concentraties	Elke leiding 1 maal per uur bemeten gedurende 10 minuten, gemiddelde van laatste minuut gebruikt	TGR-leiding wordt 1 maal per uur gedurende 10 minuten bemeten, gemiddelde van laatste minuut gebruikt Verder uitmiddelen van concentratie per 24 uur
Emissiewaarde	Berekend per uur per opening, vervolgens opgeteld	Berekend per 24 uur
Gemiddelde emissiewaarde	Gemiddelde van herschaalde cumulatieve waarde	Gemiddelde van herschaalde cumulatieve waarde

3.9 Dataverwerking en -analyse

Standaardisatie van emissies

Emissiewaarden standaardiseren o.b.v.

- buitentemperatuur (T_{buiten} ; bron: meteodata)
- melkureumconcentratie (MUC; bron: MCC)
- met mest besmeurd oppervlak per dier (OPPV; bron: ?):

$$E_{st} = \left(e^{\ln Eg - \frac{1,5}{100} * (T_{\text{buiten}} - 10,2) - \frac{2,5}{100} * (MUC - 22)} \right) * \left(1 + \frac{10}{100} * (4,5 - OPPV) \right)$$

Meetcampagne natuurlijk geventileerde melkveestallen

4 Resultaten & discussie

4.1 Meteorologische data

4.2 Landbouwkundige randvoorwaarden

4.3 Ventilatie debieten

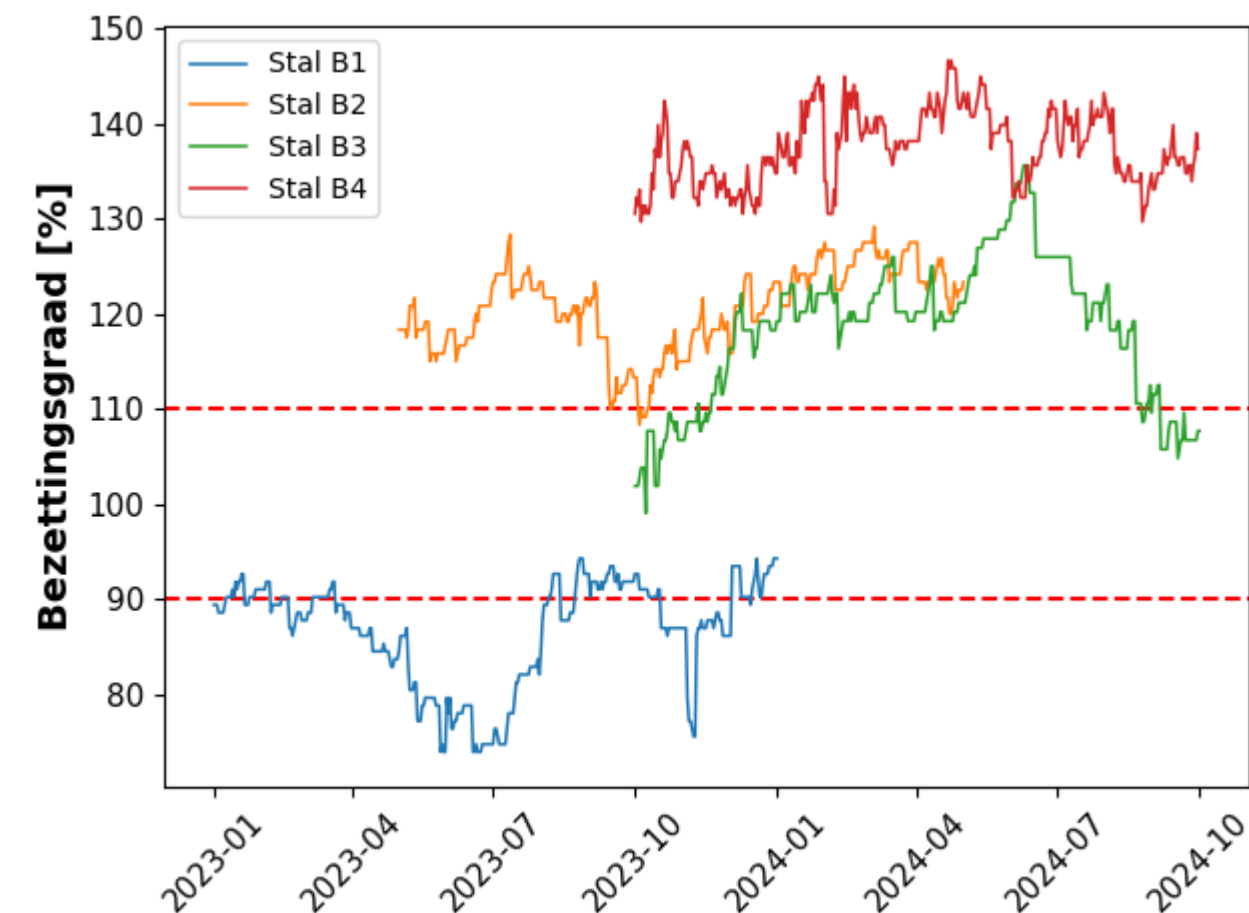
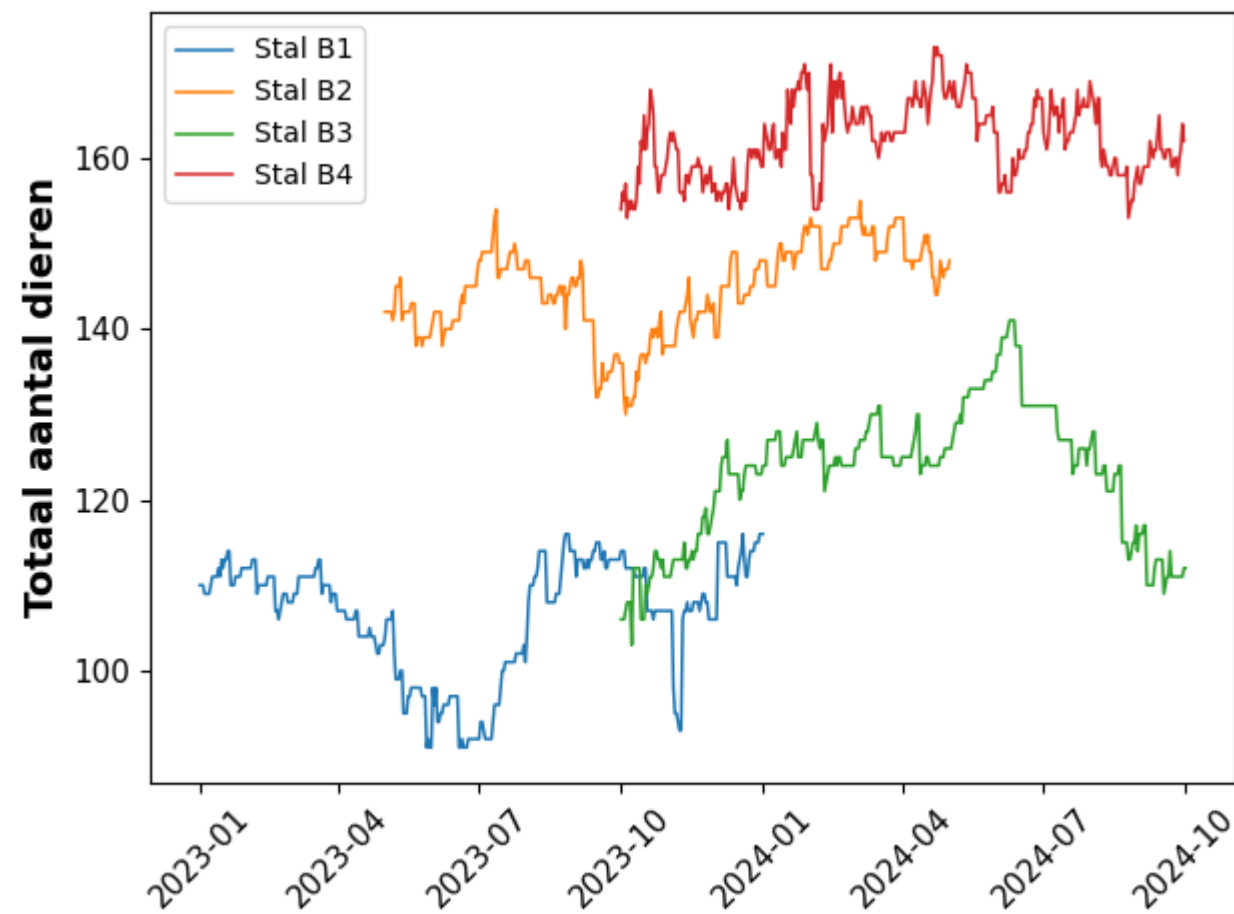
4.4 Ammoniak- en CO₂-concentraties

4.5 Ammoniakemissies

4.2 Landbouwkundige randvoorwaarden

Dieraantallen en huisvesting

- Dieraantallen variëren zowel tussen als binnen stallocaties redelijk sterk doorheen de periodes
- Enkel in B1 en B4 zijn er soms droge koeien en/of jongvee aanwezig (nooit meer dan 20%)
- Bezettingsgraad ligt bijna nooit binnen grenzen van de landbouwkundige randvoorwaarden



4.2 Landbouwkundige randvoorwaarden

Besmeurd oppervlak

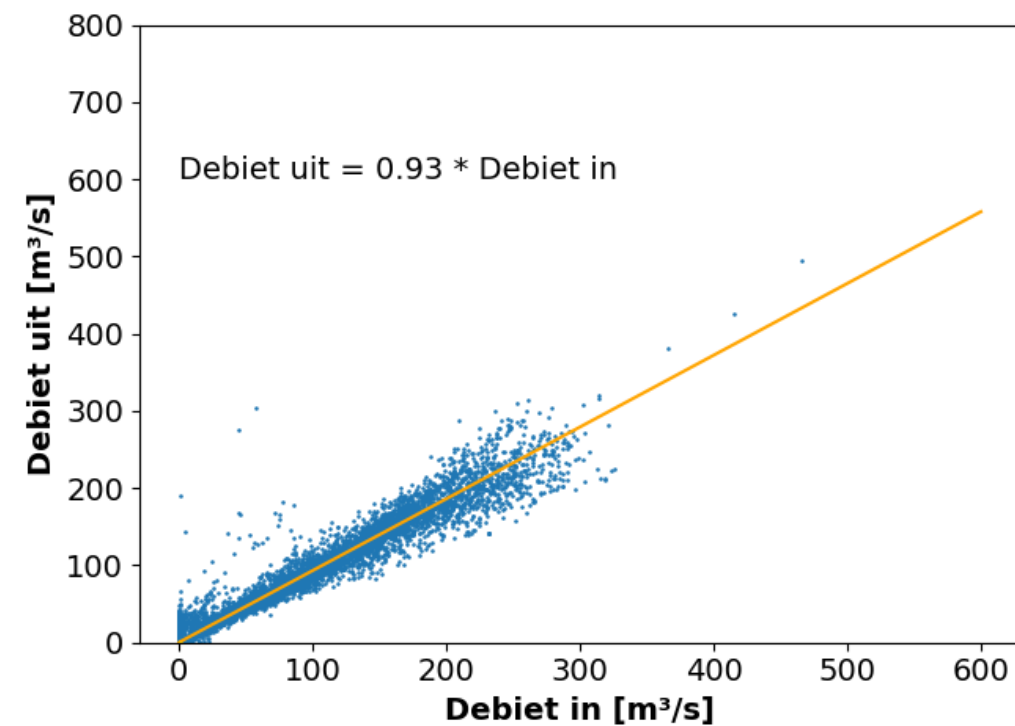
- **NIET** in landbouwkundige voorwaarden
- Waarschijnlijk belangrijkere factor dan bezettingsgraad voor NH₃-emissies
- Door de variatie in dieren aantallen, varieert ook het besmeurd oppervlak per dier
- Onder- of overbezetting zorgt voor verschil tussen aantallen per dier of per dierplaats
- Stal B1 heeft de hogere waarden dan de andere 3 stallen.

	B1	B2	B3	B4
Besmeurd oppervlak (m ²) per ligbed	6,06	5,66	5,42	7,09
Minimaal besmeurd oppervlak (m ²) per dier	6,42	4,38	4,00	4,84
Gemiddeld besmeurd oppervlak (m ²) per dier	7,02	4,70	4,60	5,17
Maximaal besmeurd oppervlak (m ²) per dier	8,19	5,22	5,48	5,47

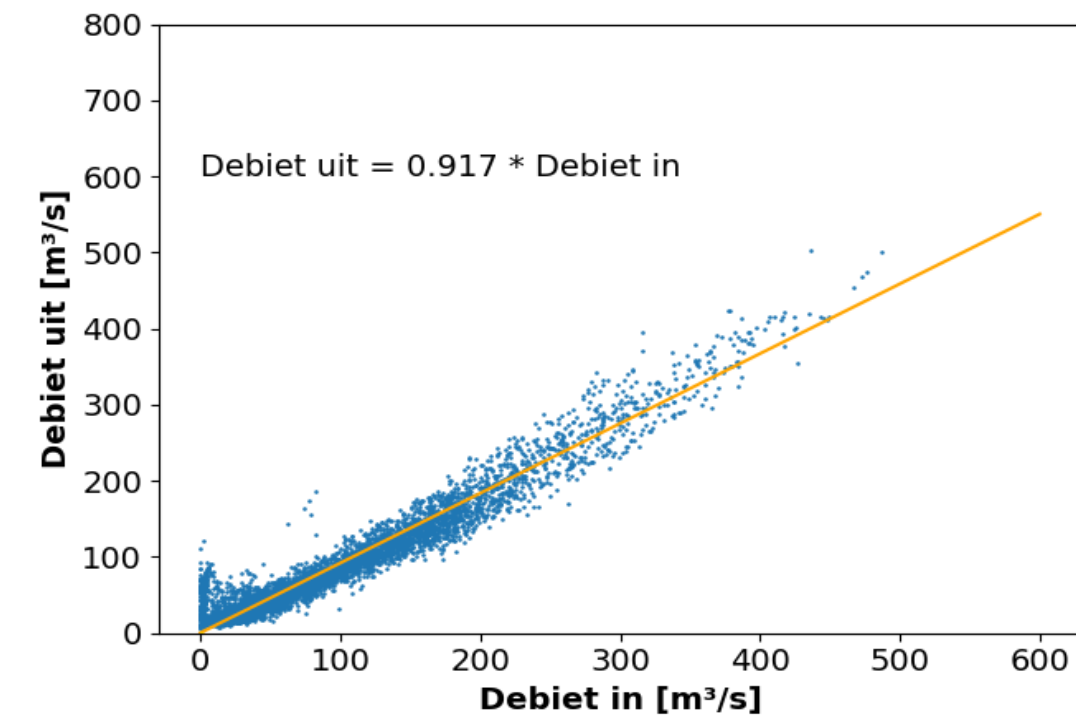
4.3 Ventilatie-debiet

ILVO-meetmethode: balansen als controle

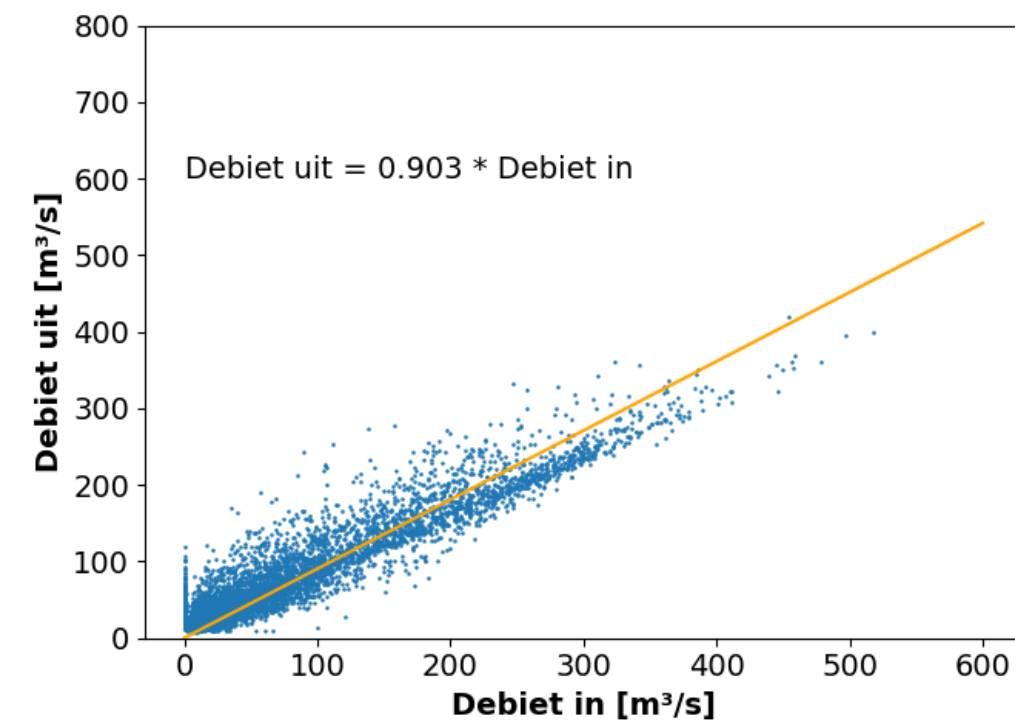
B1



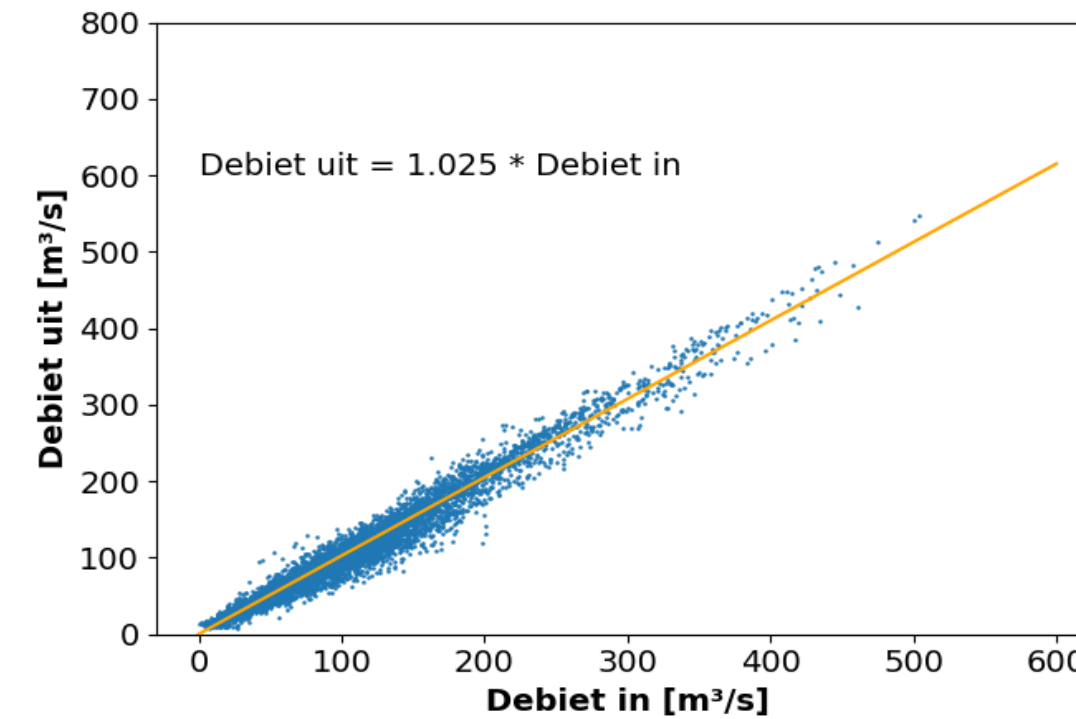
B2



B3



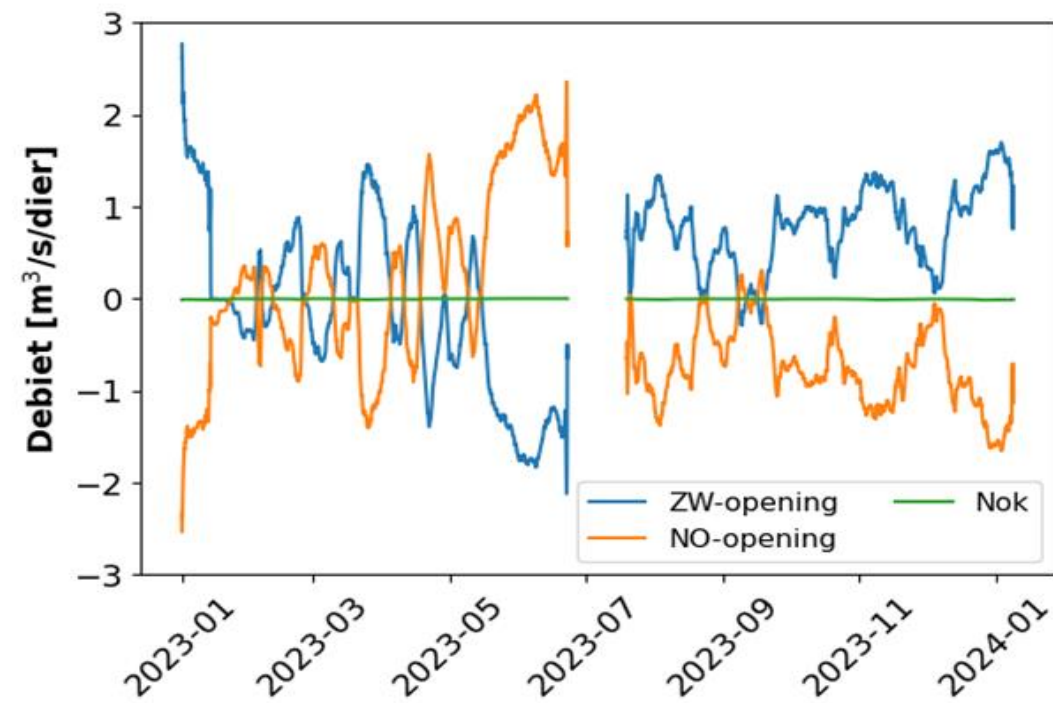
B4



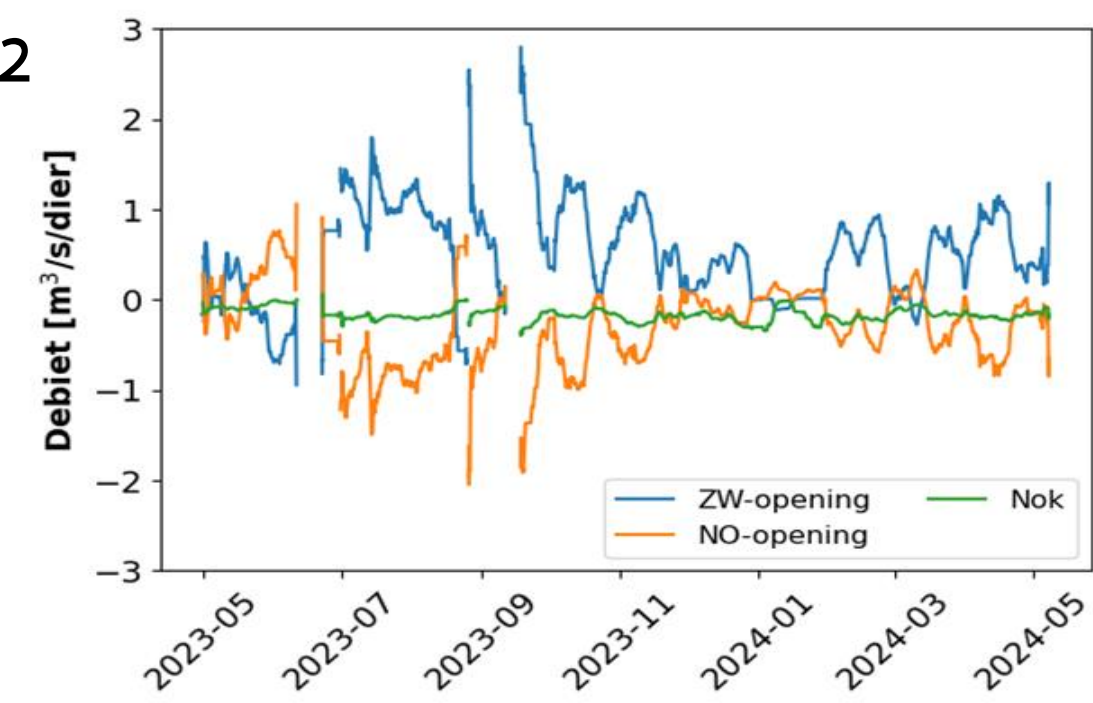
4.3 Ventilatie debieten

ILVO-meetmethode: ventilatie debiet per dier

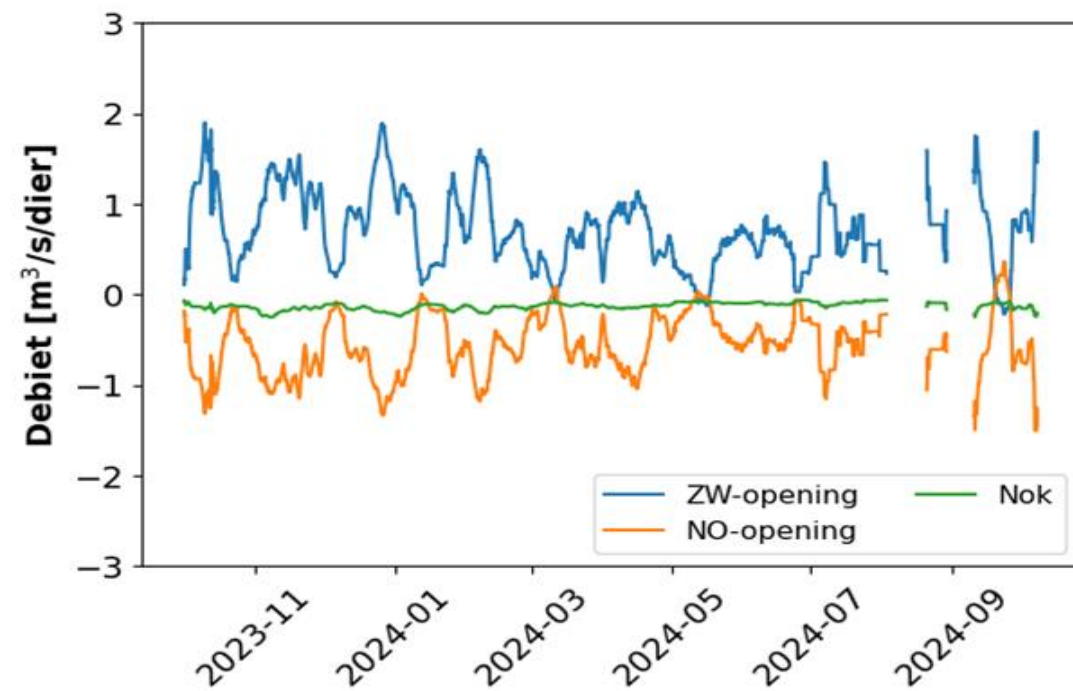
B1



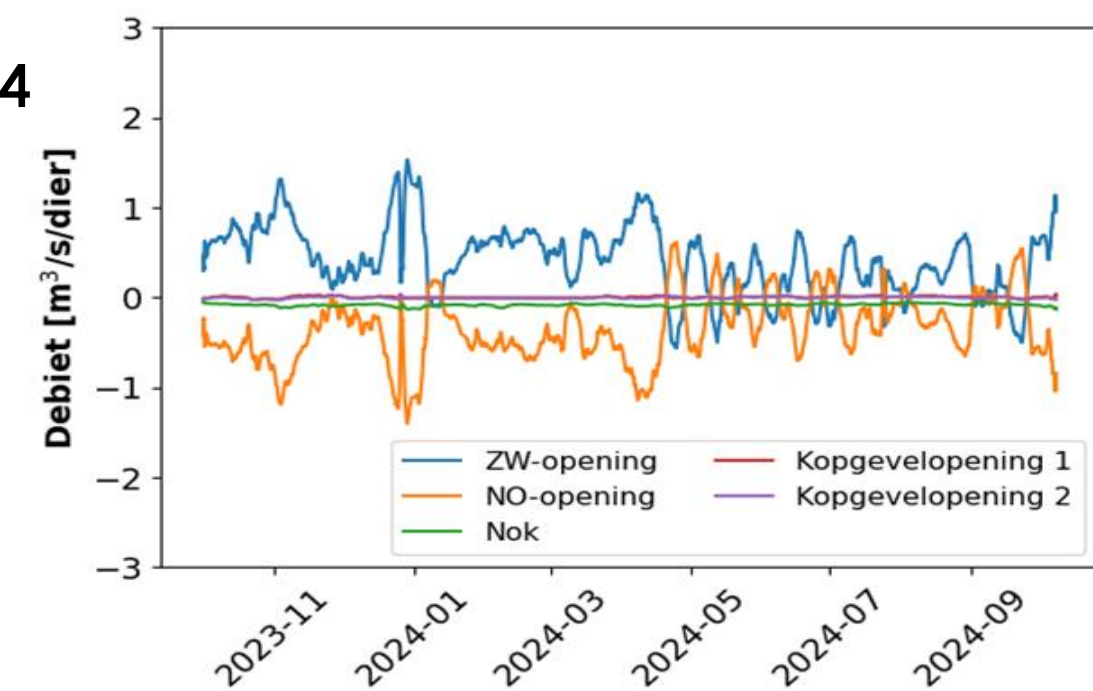
B2



B3



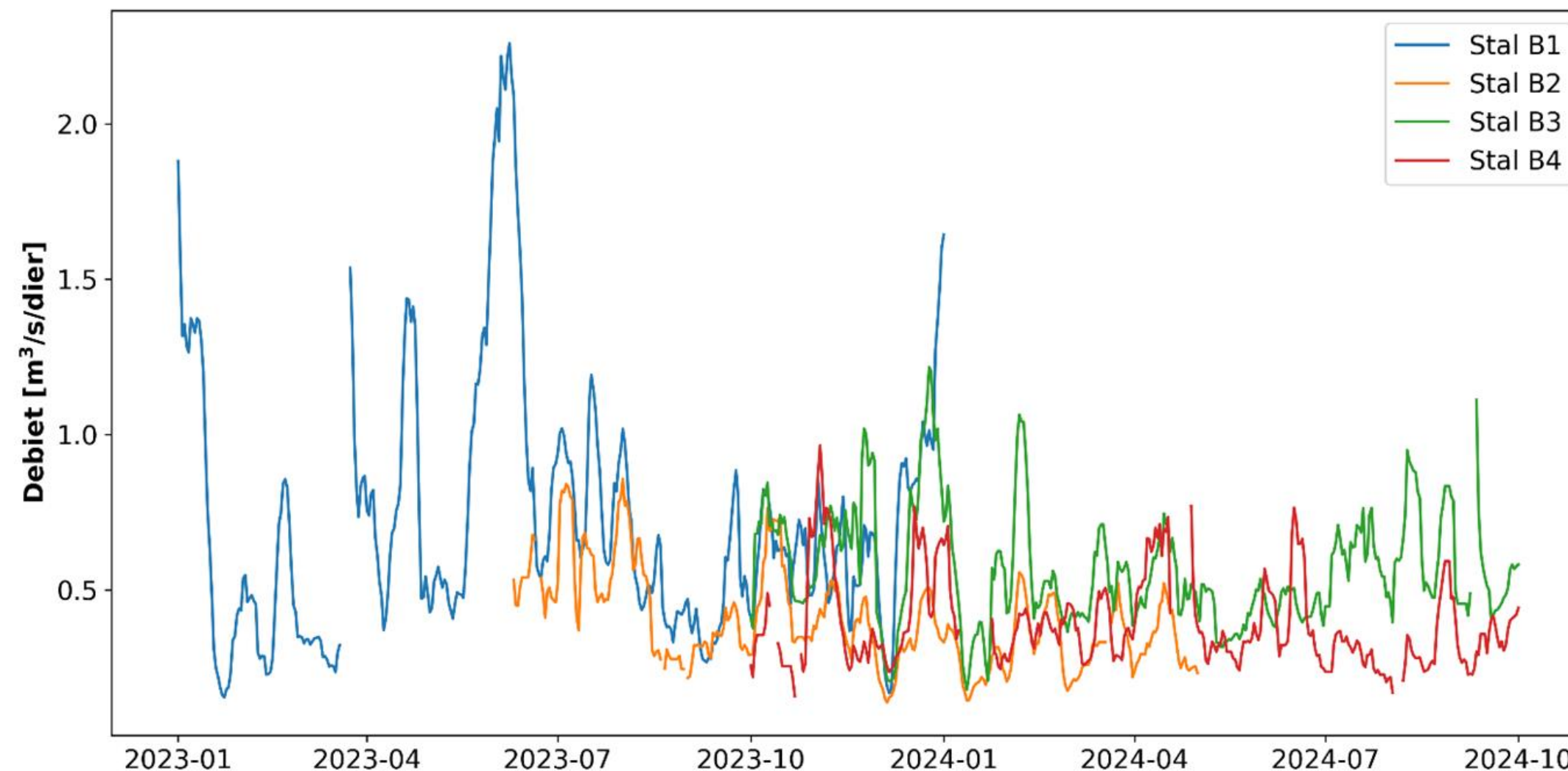
B4



4.3 Ventilatie-debiet

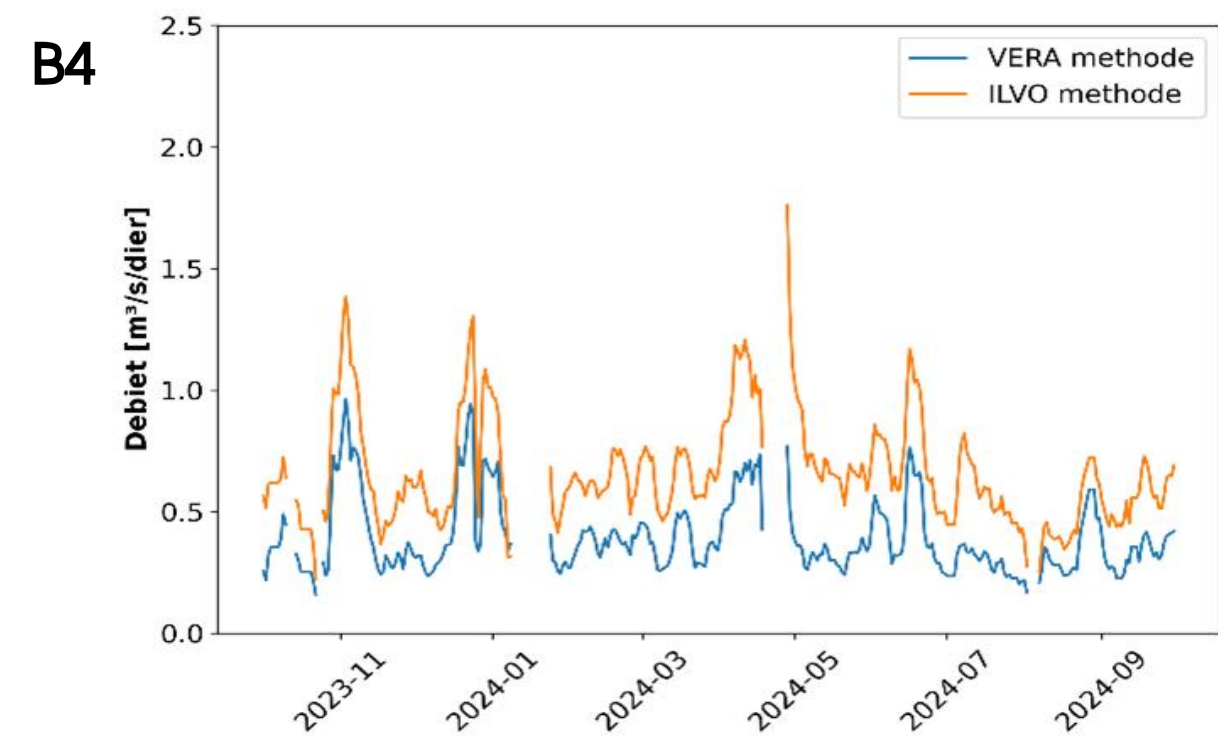
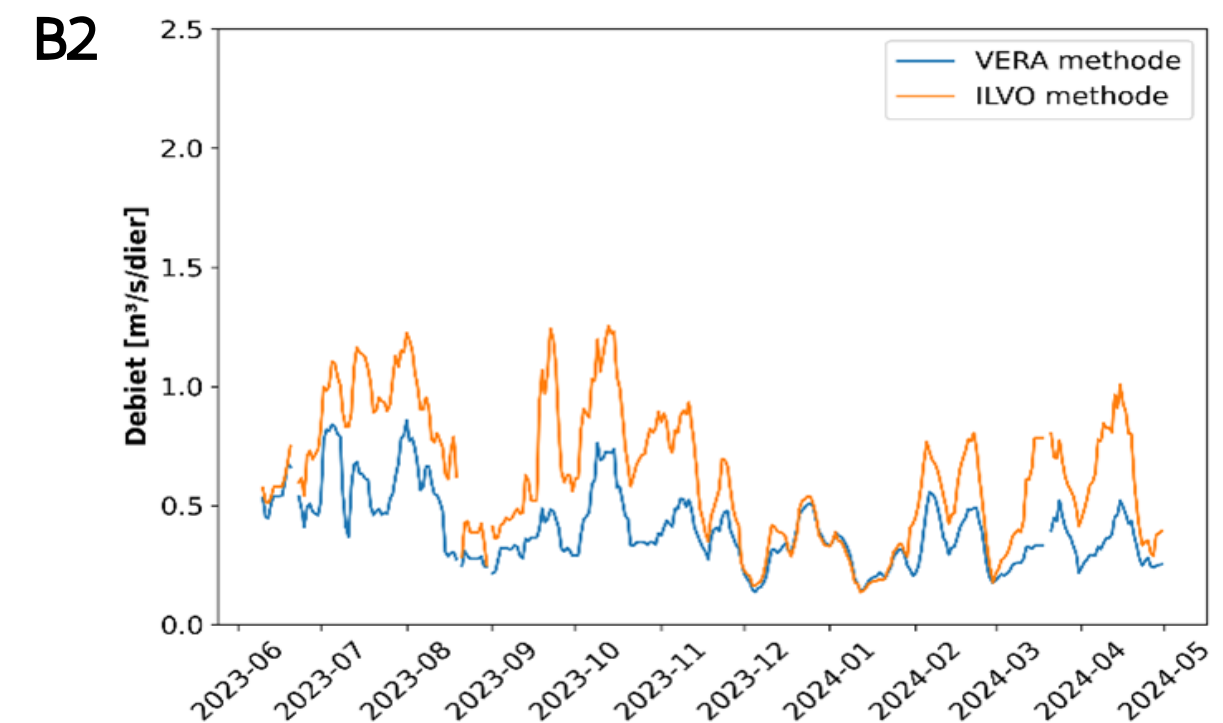
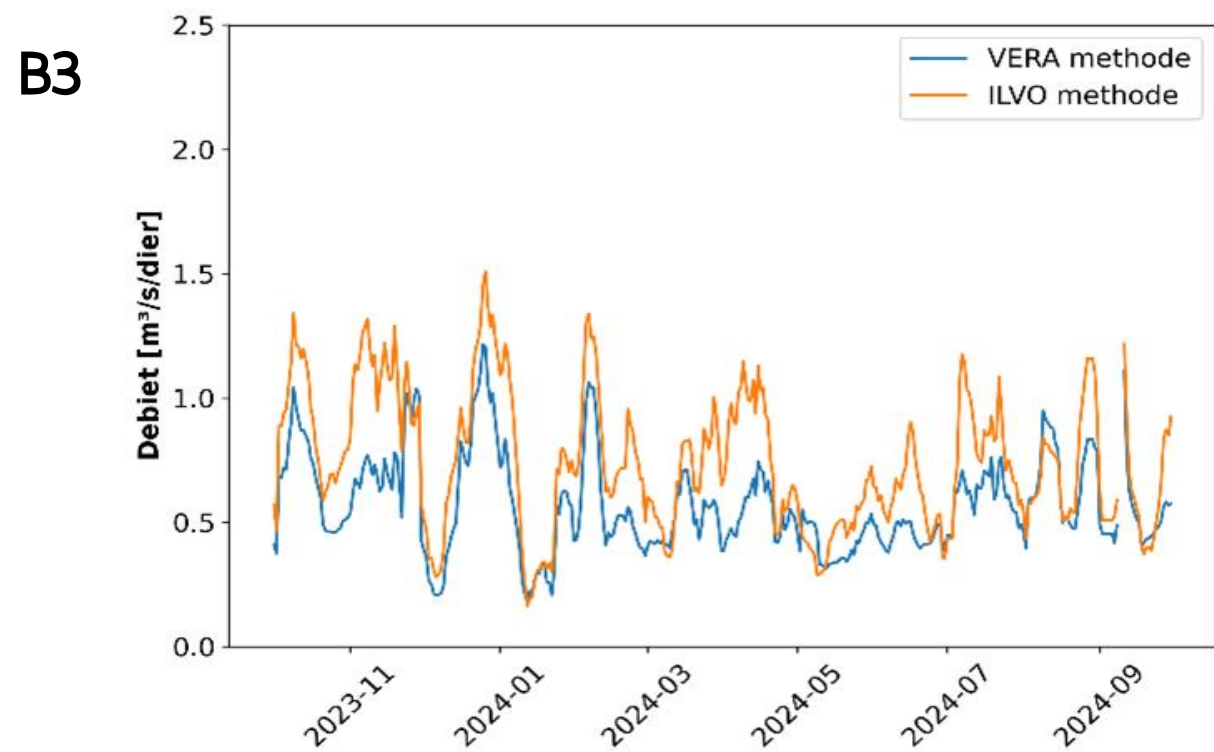
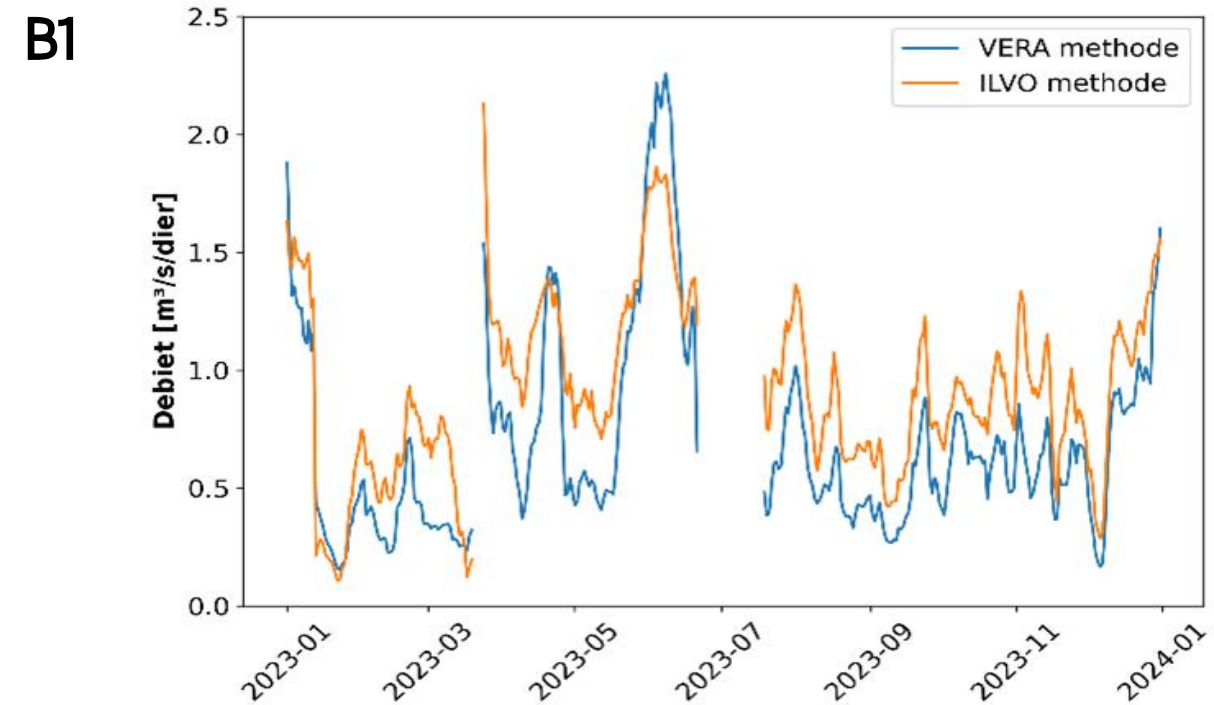
TGR-meetmethode: ventilatie-debiet per dier

- Gemiddeld uitgaand debiet varieert van 0,4 m³/s/dier (stal B2) tot 0,72 m³/s/dier (stal B1)
- NAPRO-project 'Validatie CO₂-productiemodel melkvee': resultaten in de komende weken



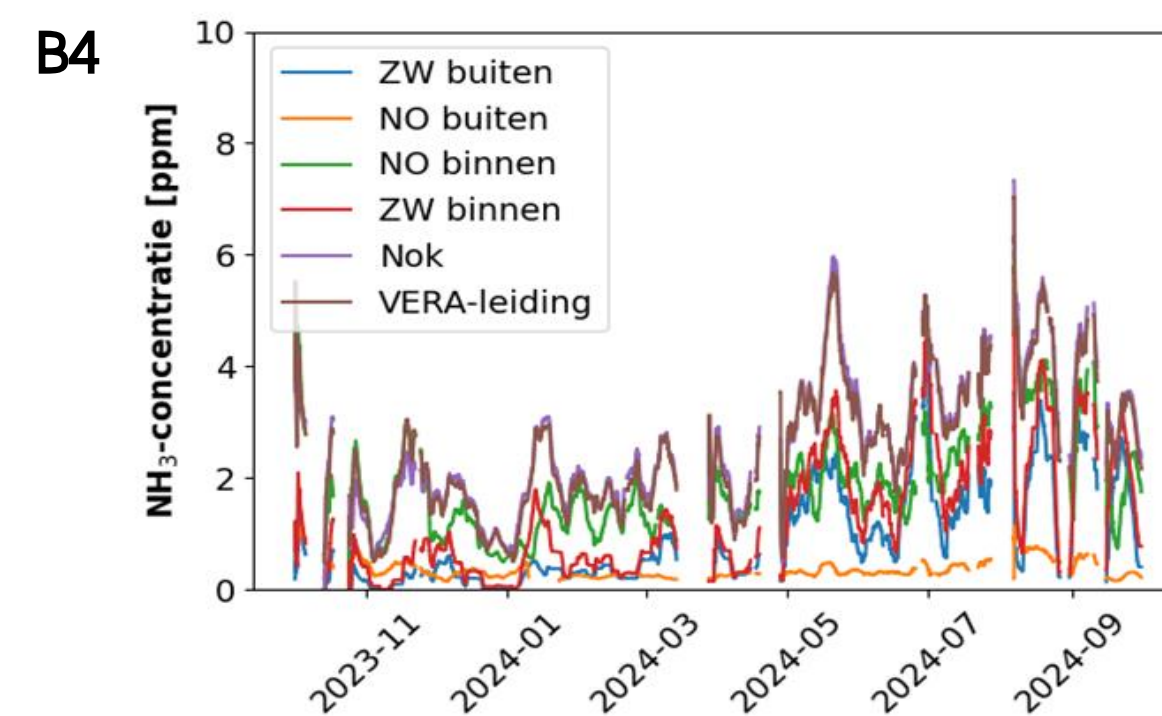
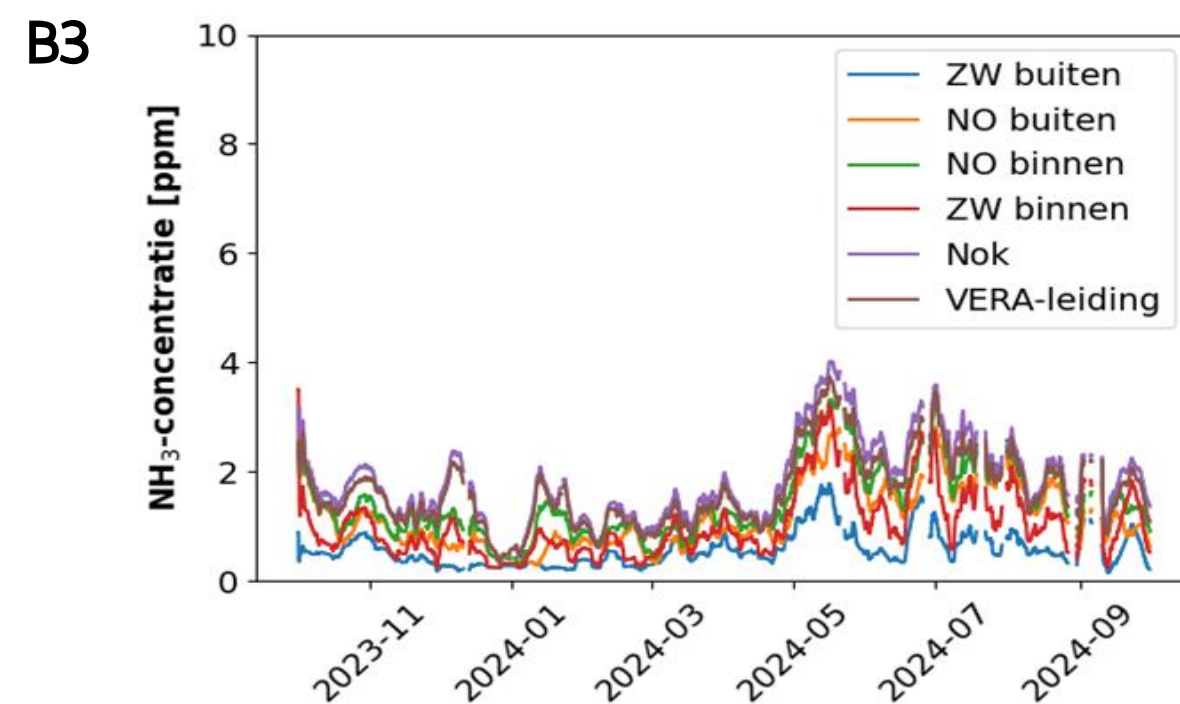
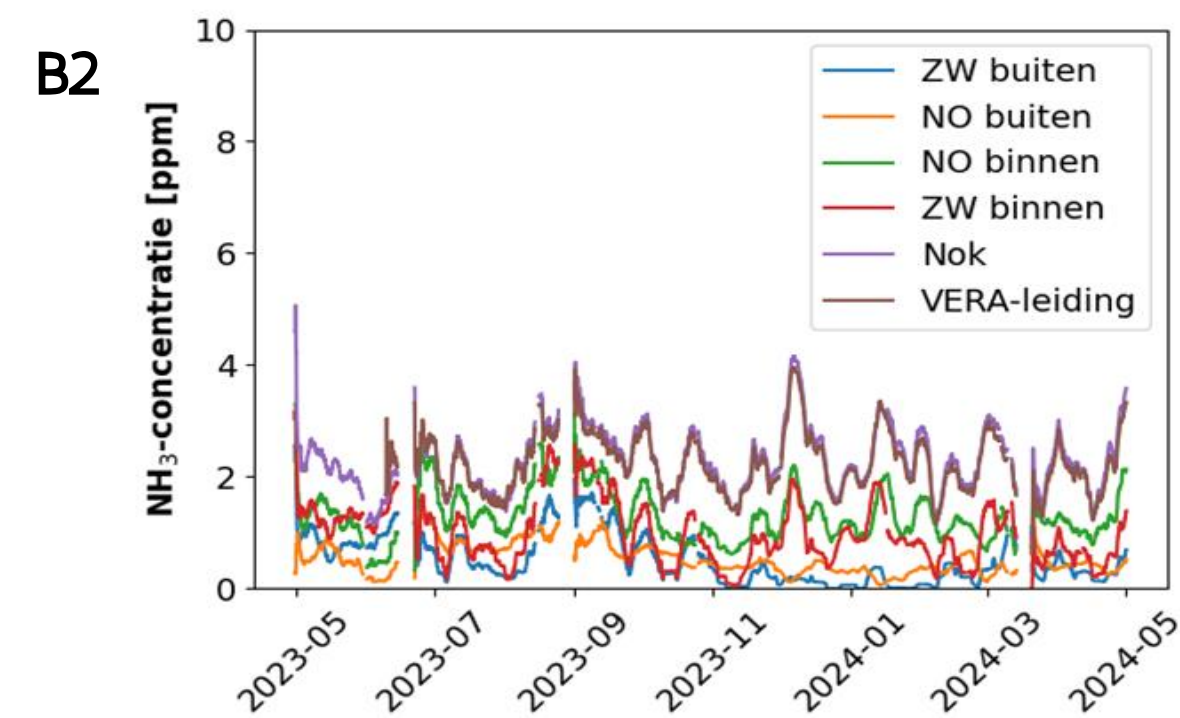
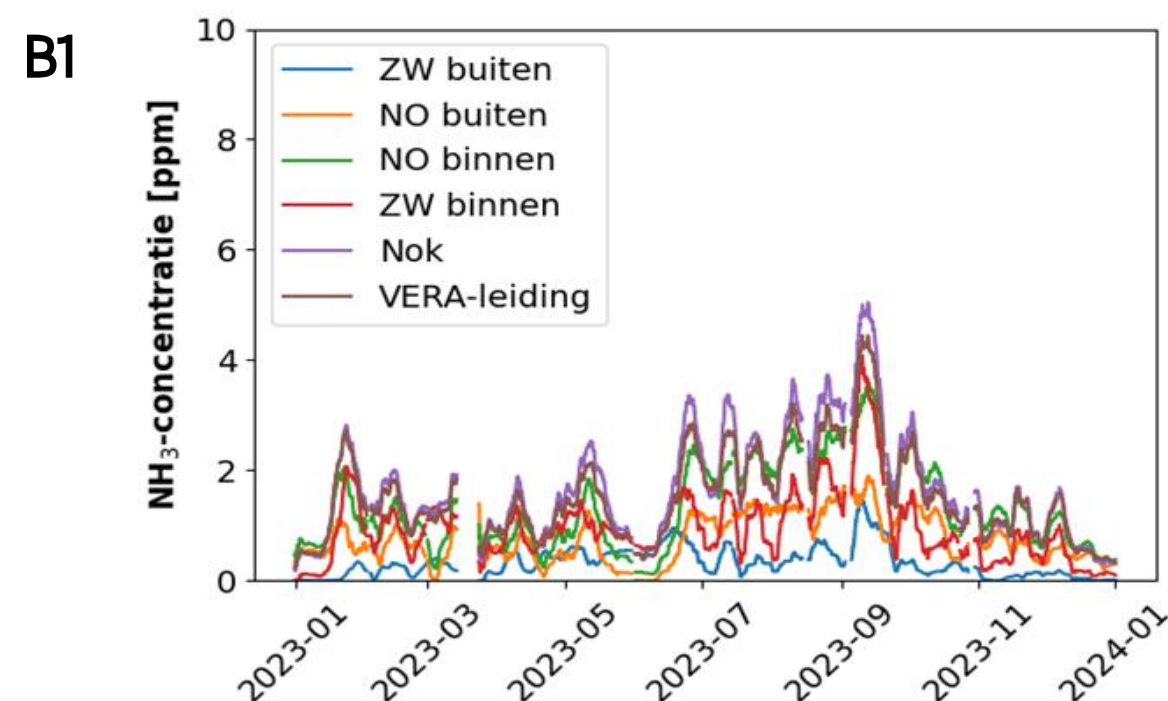
4.3 Ventilatie-debieten

Vergelijking debieten volgens ILVO- en VERA-meetmethode



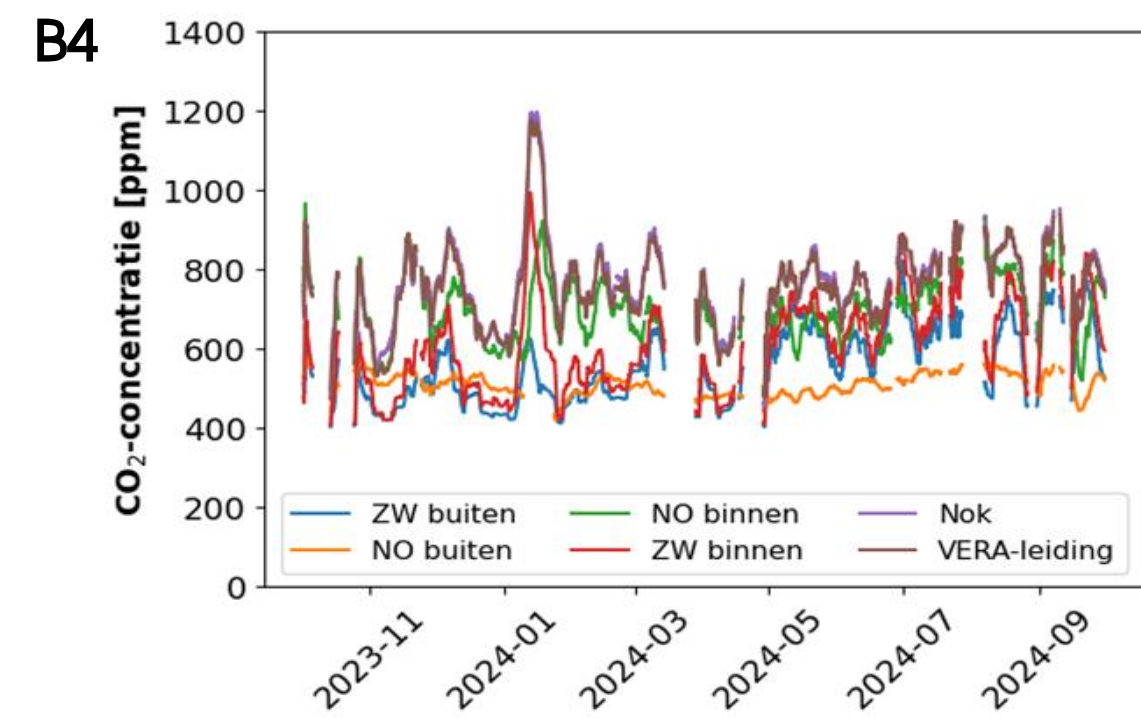
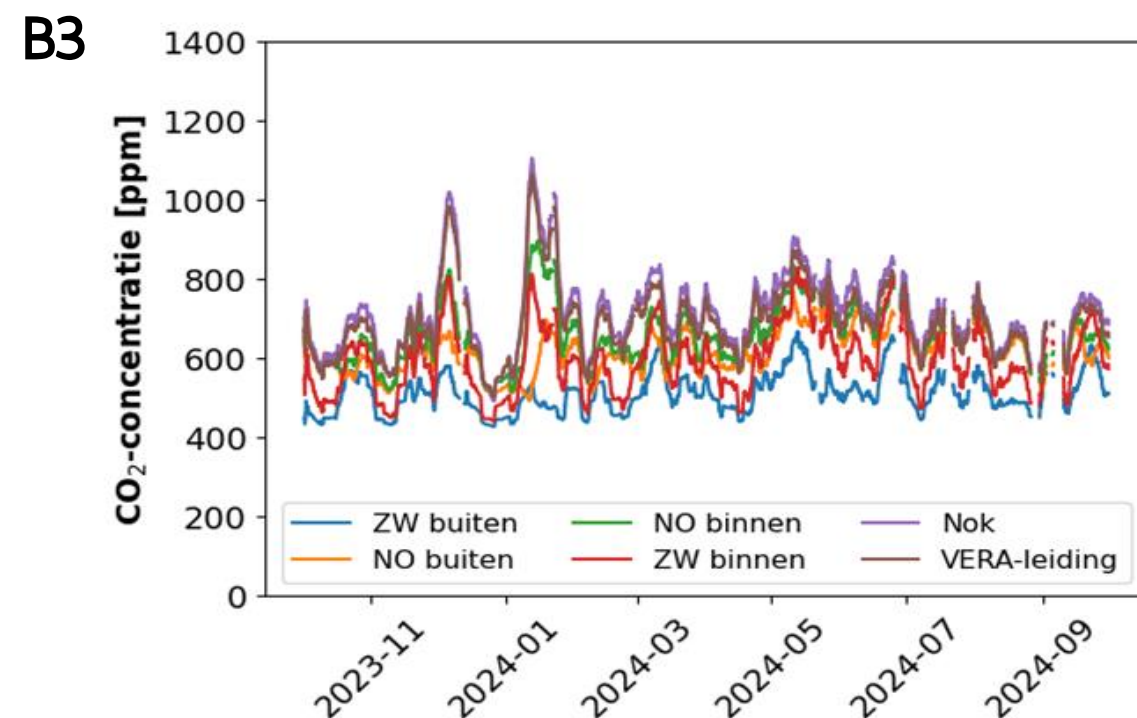
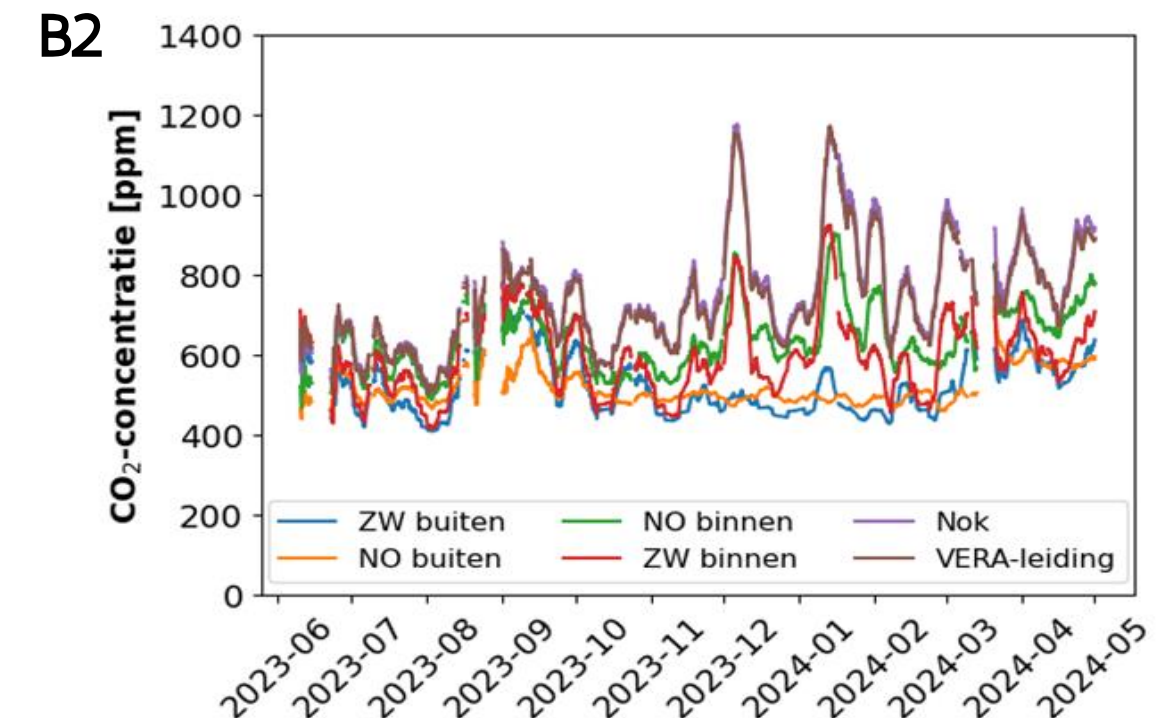
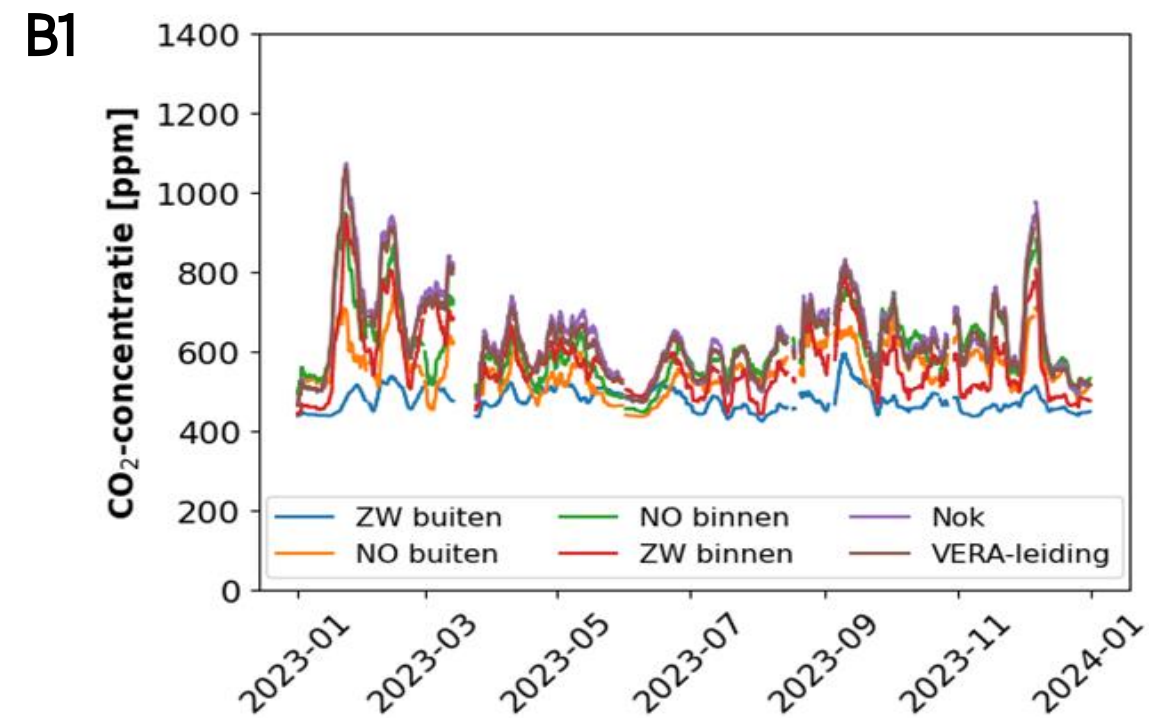
4.4 Ammoniak- en CO₂-concentraties

NH₃-concentraties



4.4 Ammoniak- en CO₂-concentraties

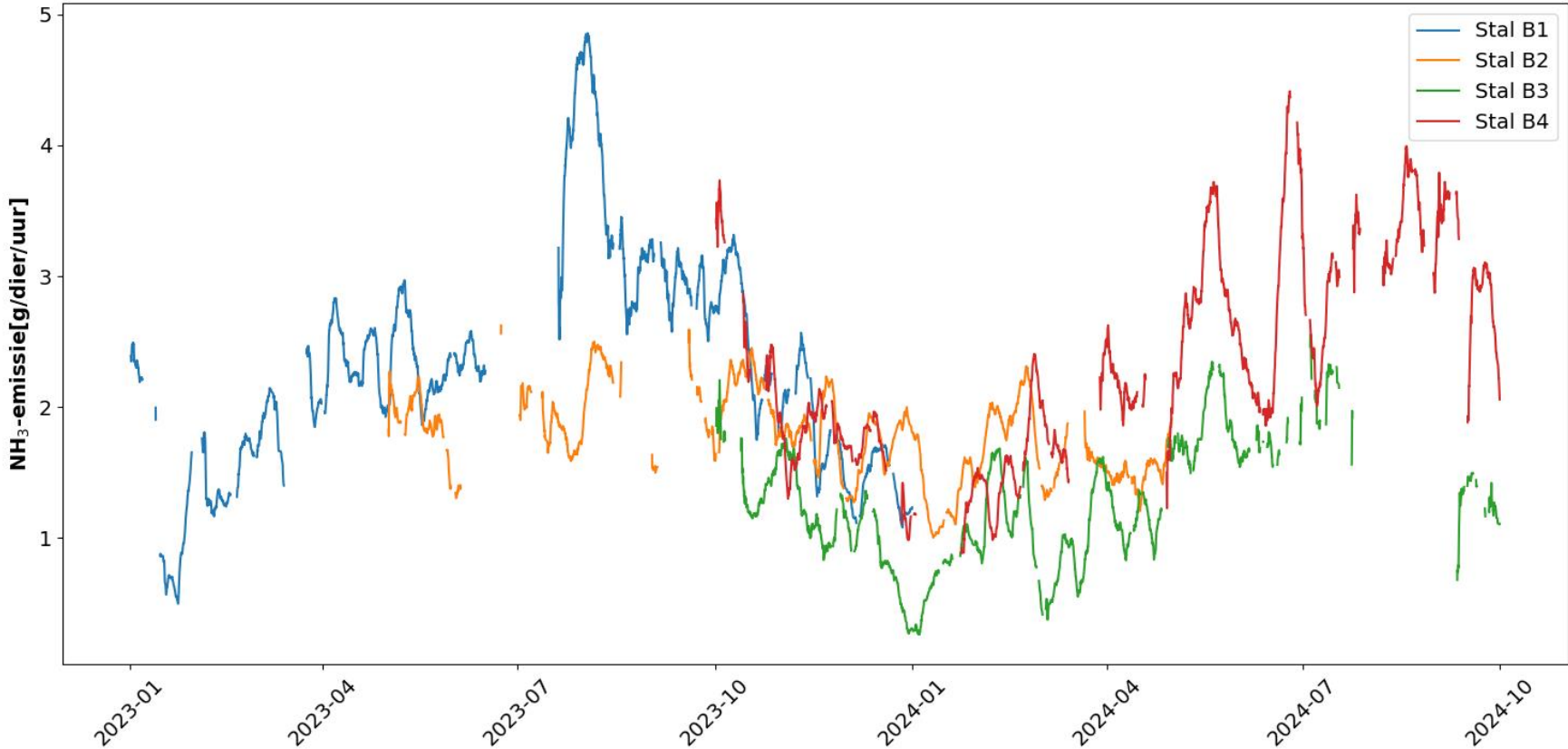
CO₂-concentraties



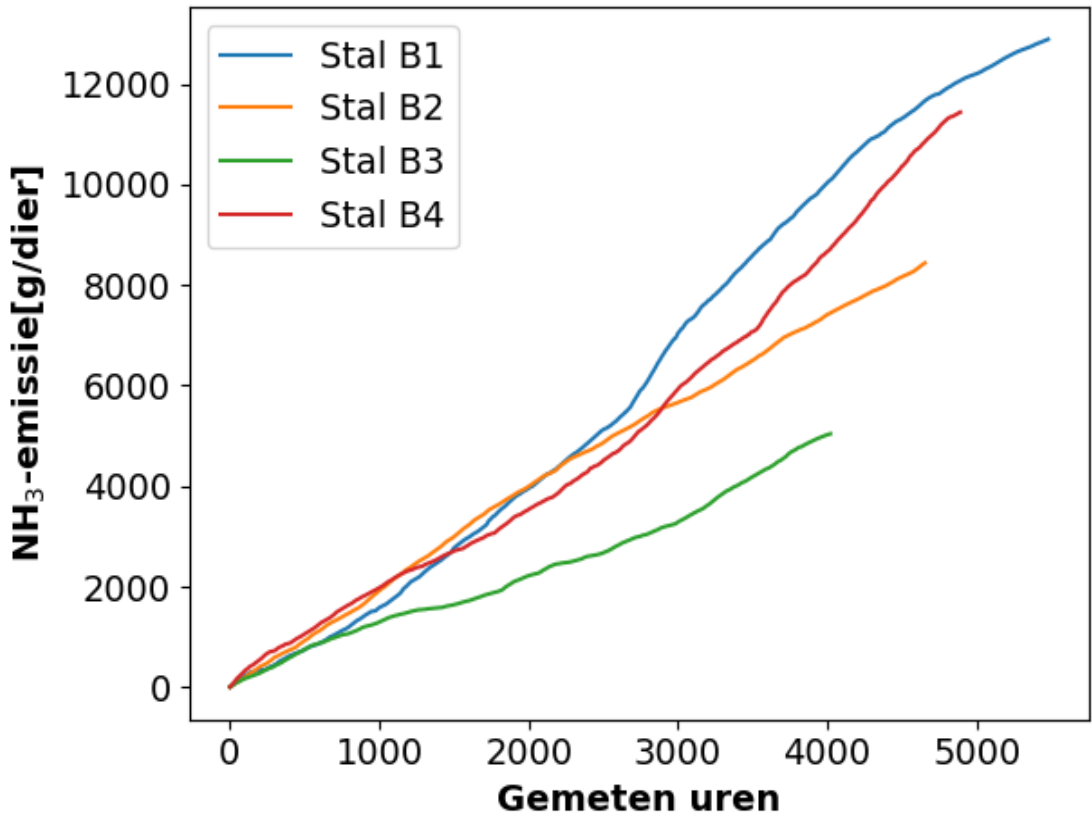
4.5 Ammoniakemissies

ILVO-meetmethode

- Grote variatie in emissies tussen de 4 stallen

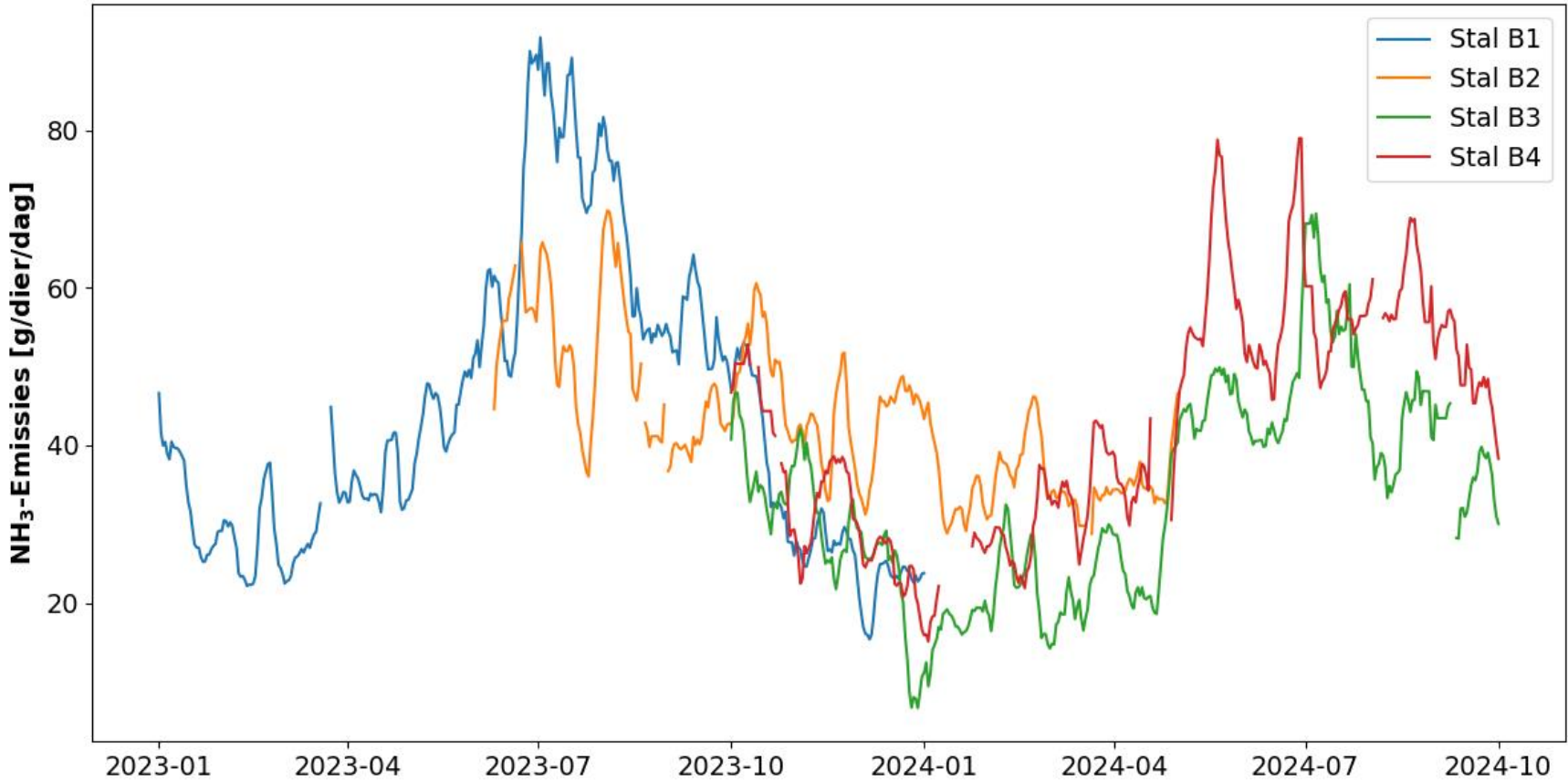


	B1	B2	B3	B4	Gemiddelde ± STD
NH ₃ -emissiewaarden (kg/dier/jaar)	20,61	15,89	10,98	20,49	16,99 ± 4,57
Gestandaardiseerde NH ₃ -emissiewaarden (kg/dier/jaar)	15,11	14,72	10,19	18,62	14,66 ± 3,46
Gestandaardiseerde NH ₃ -emissiewaarden excl. bevulde vloeroppervlak (kg/dier/jaar)	20,07	15,00	10,30	19,97	16,33 ± 4,67

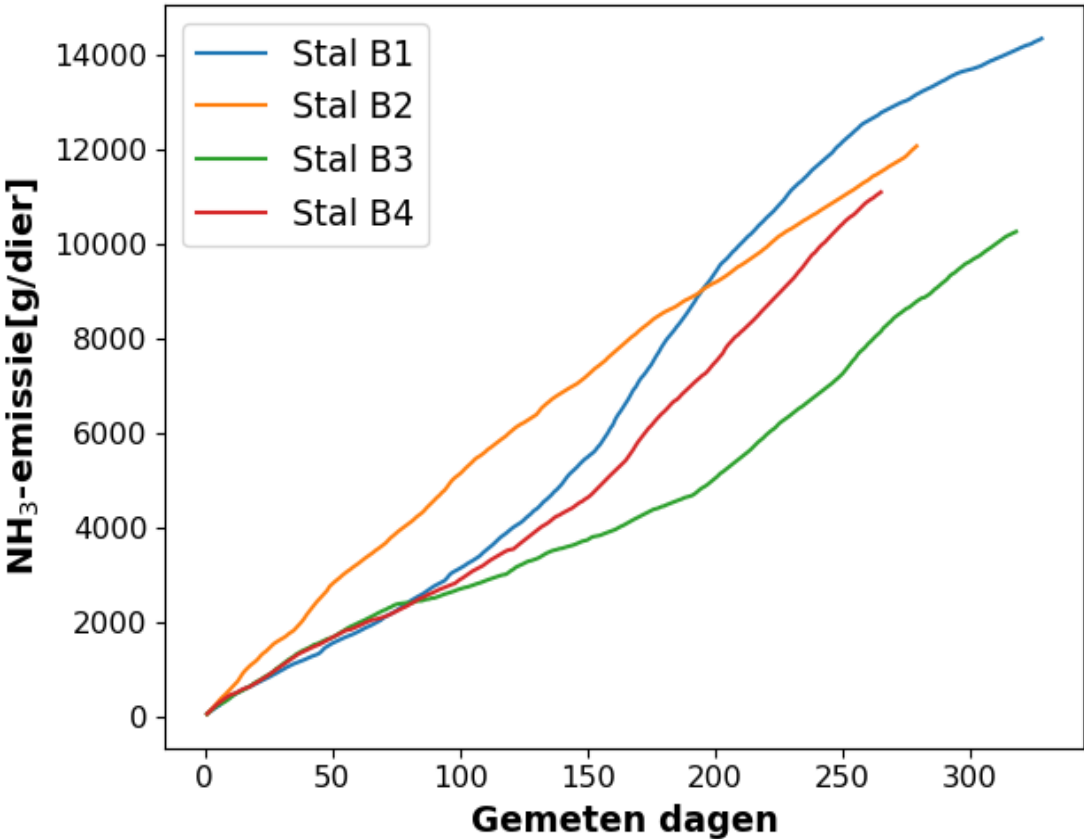


4.5 Ammoniakemissies

TGR-meetmethode



	B1	B2	B3	B4	Gemiddelde ± STD
NH ₃ -emissiewaarden (kg/dier/jaar)	15,97	15,79	11,77	15,28	14,70 ± 1,97
Gestandaardiseerde NH ₃ -emissiewaarden (kg/dier/jaar)	12,67	12,87	9,76	11,08	11,60 ± 1,46
Gestandaardiseerde NH ₃ -emissiewaarden excl. bevulde vloeroppervlak (kg/dier/jaar)	15,00	14,57	10,76	14,95	13,82 ± 2,04



4.5 Ammoniakemissies

Standaardisatie: opmerkingen

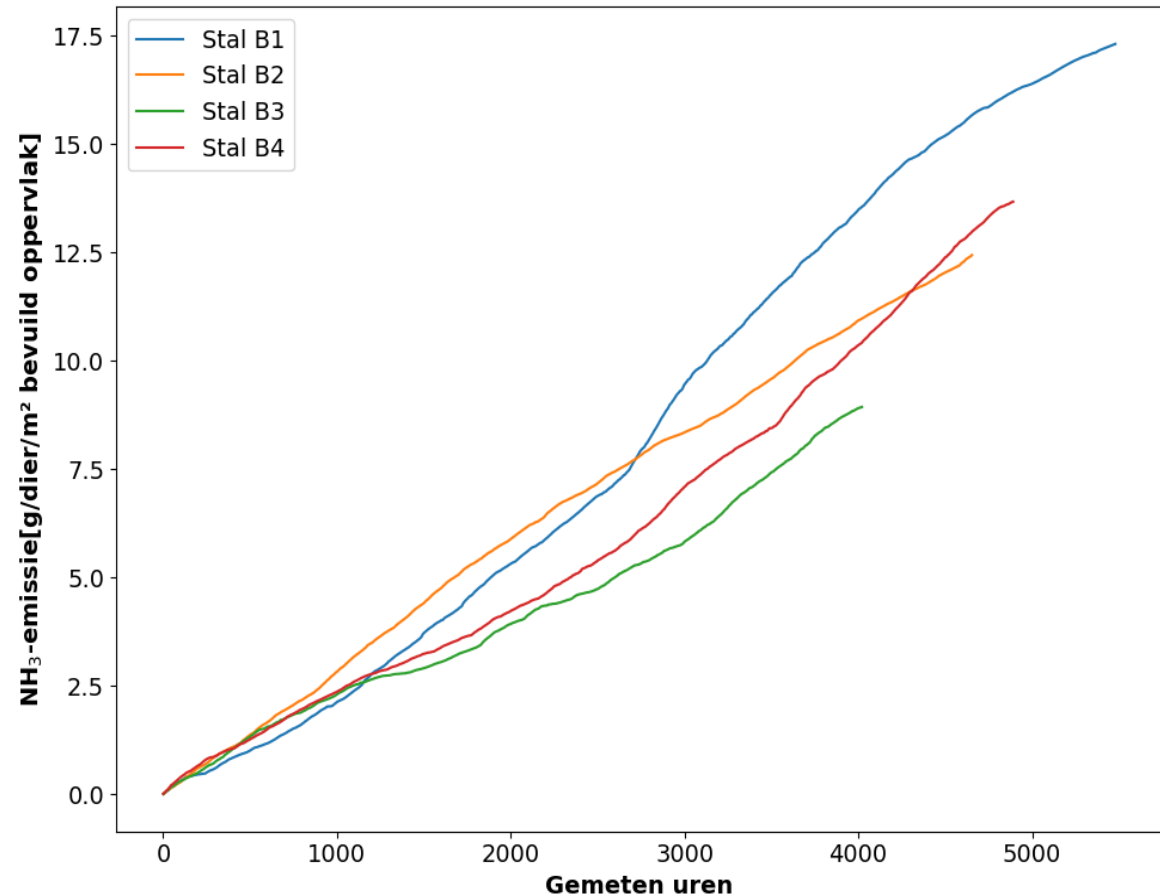
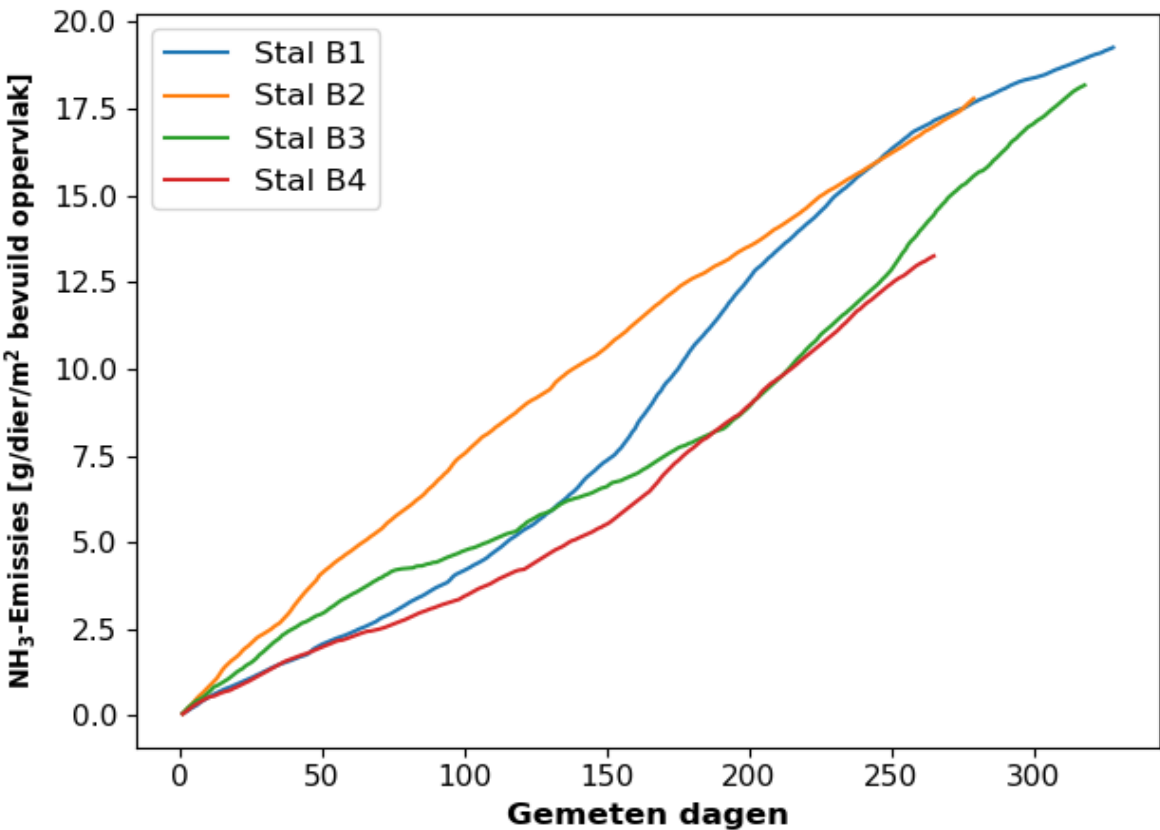
- Geeft dit echt een betere inschatting van emissiewaarden?
 - Zekerheid van relatie tussen emissiewaarden en de parameters waarover gestandaardiseerd werd
 - Nood aan representatieve waarden uit Vlaanderen.
 - Zijn deze gelijkaardig met de waarden uit Nederland?
 - Beide zaken worden nog niet voldoende onderbouwd
- => Aangeraden om geen gestandaardiseerde waarden te gebruiken

4.5 Ammoniakemissies

Alternatieve eenheid: g/dier/jaar/m² bevuild oppervlak

- Relatieve standaard deviatie geeft aan dat de schatting van de waarde beter is.
- Relatieve standaard deviatie voor emissiewaarden in kg NH₃/dier/jaar was 26,9% (ILVO) en 13,4% (TGR)
- ! 4 stallen is natuurlijk nog een beperkte steekproef

	B1	B2	B3	B4	Gemiddelde + STD (Rel STD)
ILVO-meetmethode (g/dier/jaar/m² bevuild oppervlak)	27,67	23,42	19,45	24,48	23,76 ± 3,39 (14,2%)
TGR-meetmethode (g/dier/jaar/m² bevuild oppervlak)	21,43	23,27	20,86	18,26	20,96 ± 2,07 (9,9%)

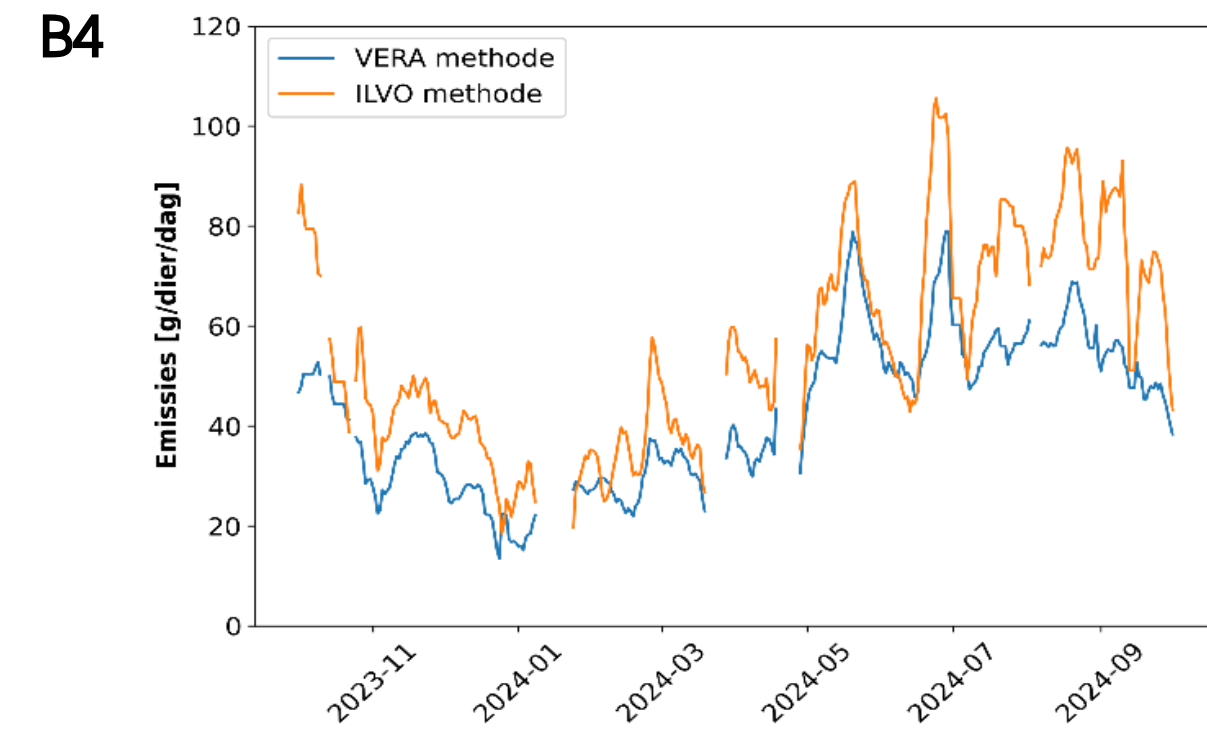
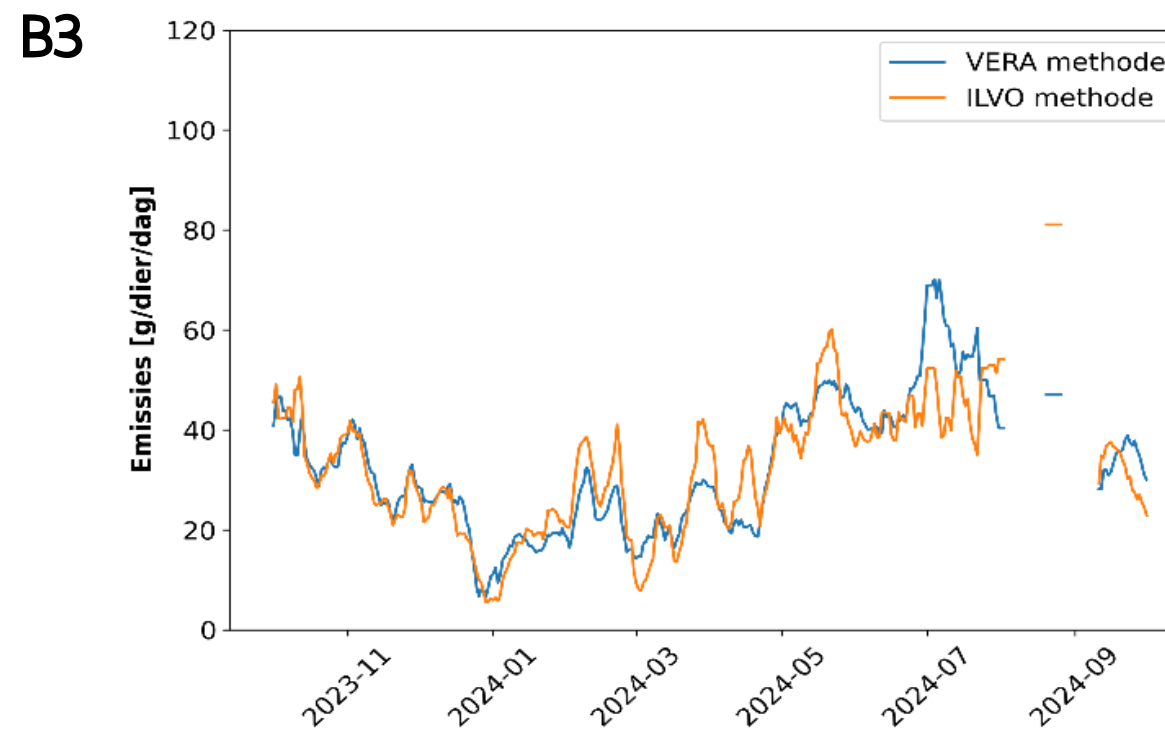
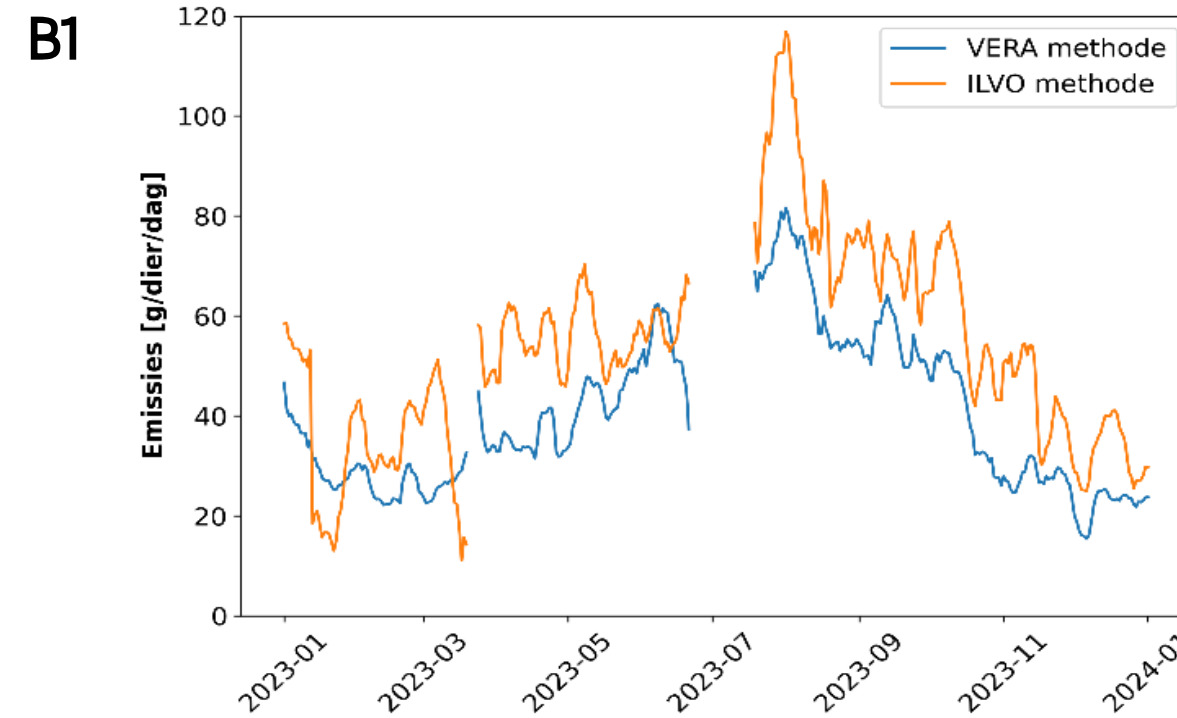


4.5 Ammoniakemissies

Vergelijking ILVO en VERA-meetmethode

- ! Figuren tonen enkel data waarbij beide methoden konden doorrekend worden
- Diepgaande vergelijking binnen LVVN-meetcampagne
- TGR-methode goedkoper en eenvoudiger

⇒ Ontwikkeling hybride methode



Meetcampagne natuurlijk geventileerde melkveestallen

5 Samenvatting van de resultaten

4 traditionele standaard melkveestallen gedurende 1 jaar bemeten met 2 methoden:

- TGR-meetmethode: **indirecte** bepaling ventilatiedebiet
- ILVO-meetmethode: **directe** bepaling ventilatiedebiet

In beide gevallen **continue metingen** (versus 6 meetdagen volgens oude meetrichtlijnen)

Belangrijke observaties:

- Er komt ook **veel ammoniak de stal binnen**
Goede metingen ingaande lucht nodig
- **Grote dagelijkse variaties** => continu meten is heel belangrijk

Meetcampagne natuurlijk geventileerde melkveestallen

5 Samenvatting van de resultaten

Grote variaties in emissiewaarden teruggevonden

Bv. B1: 10,98 kg NH3/dier/jaar en B4: 20,61 kg NH3/dier/jaar

Extra bewerkingen op emissiewaarden:

- Standaardisatie van emissiewaarden niet aangeraden
- Het gebruik van **bevuild oppervlak** lijkt een accuratere inschatting te geven

Verdere inzichten in aantocht:

- Verschillen tussen VERA- en ILVO-methode: **LNVN-project**
- Update van de CIGR rekenregels: **NAPRO-project**

	Gemiddelde NH3-emissiewaarde (kg/dier/jaar)	Gemiddelde NH3-emissiewaarde (g/dier/jaar/m ² bevuild oppervlak)
ILVO-meetmethode	16,99 ± 4,57 (27%)	23,76 ± 3,39 (14%)
VERA-meetmethode	14,70 ± 1,97 (13%)	20,96 ± 2,07 (9,9%)

Bedankt!

VRAGEN?

Instituut voor Landbouw-, Visserij- en
Voedingsonderzoek
Technologie & Voeding - Agrotechniek
Burg. Van Gansberghelaan 115
9820 Merelbeke (Belgium)
T +32 9 272 27 60
www.ilvo.vlaanderen.be