

Evaluatierapport

**Actionine (E566) als voederadditief bij
vleesvarkens**



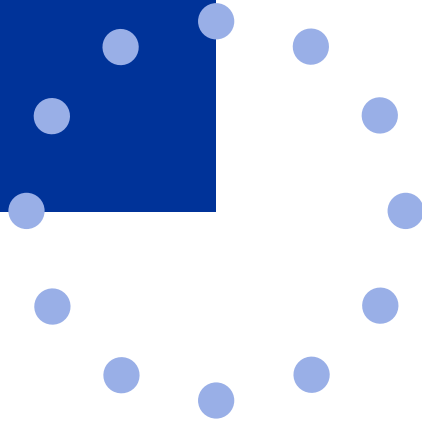
Hoog
mikken voor
de lage landen!

grensregio.eu

Inhoud

1. Inleiding.....	3
1.1 Kadering document.....	4
2. Materiaal en methoden	5
2.1 Omschrijving meetlocatie.....	6
2.2 Proefopzet.....	7
2.2.1 Geteste maatregel	7
2.2.2 Verloop van de proeven.....	7
2.3 Emissiemetingen.....	8
2.4.1 Ontbrekende gegevens.....	9
3. Resultaten en discussie	11
3.1 Resultaten.....	12
3.2 Discussie.....	15
4. Conclusies	18
5. Referenties.....	20
6. Bijlages	22
6.1 Bijlage 1: voedersamenstellingen	23
6.1.1 Proef 2024	23
6.1.2 Proef 2025	26
6.2 Bijlage 2: Gebruikte modellen	29
6.2.1 Proef 2024: Modelleren ventilatie.....	29

1. Inleiding



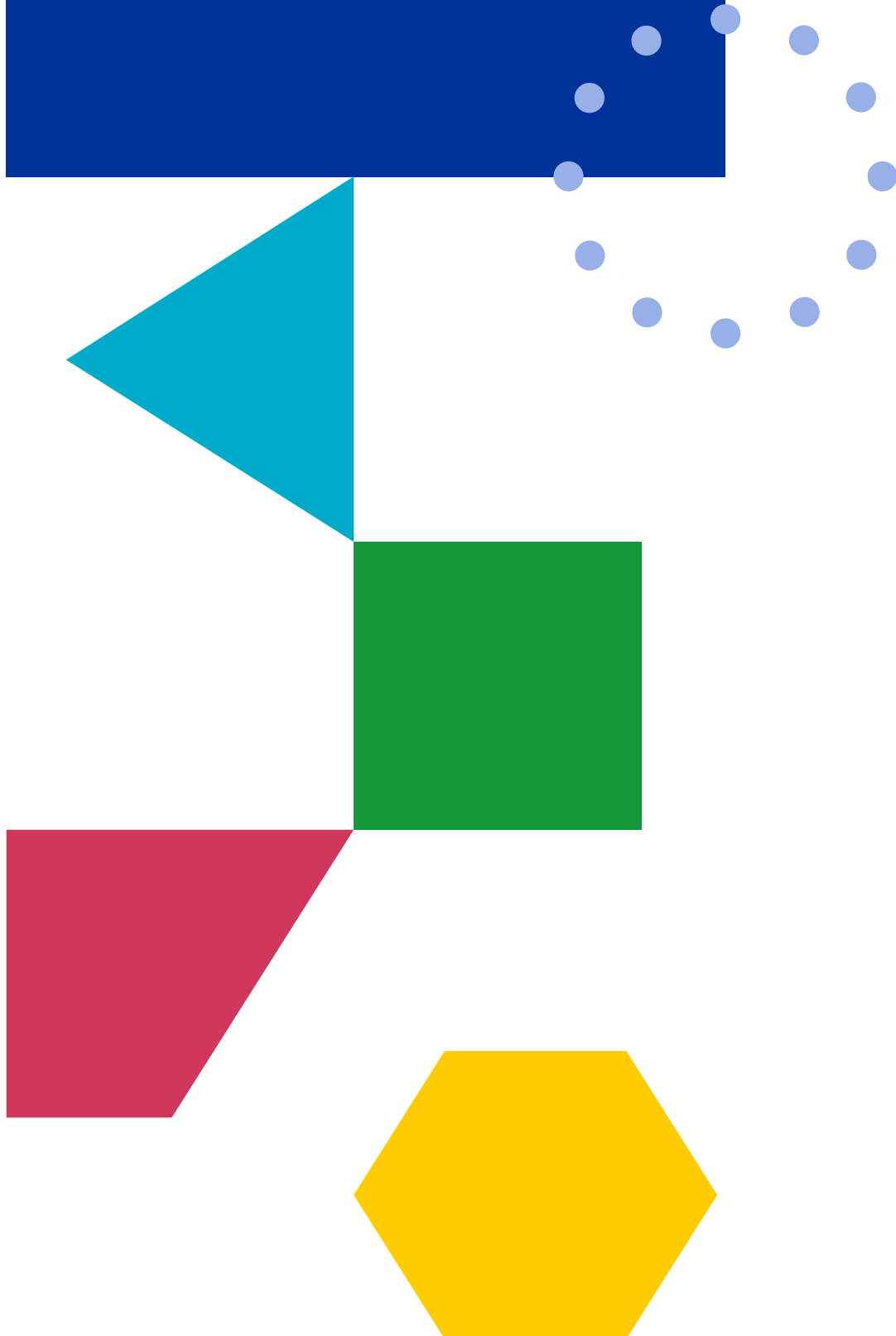
1.1 Kadering document

Dit evaluatierapport werd opgemaakt in kader van het Interreg Vlaanderen-Nederland project 'Reductie van Ammoniak via Brongerichte en flankerende Oplossingen' (RAMBO). Dit evaluatierapport werd opgemaakt in kader van het Interreg Vlaanderen-Nederland project 'Reductie van Ammoniak via Brongerichte en flankerende Oplossingen' (RAMBO). In dit project is ingezet op innovatieve maatregelen en technieken om aan de ammoniakemissienormen voor de varkens- en pluimveesector te voldoen en wil bijdragen aan betere luchtkwaliteit in de grensregio.

Dit rapport beschrijft de proeven die uitgevoerd zijn om het potentieel van zeolieten als voederadditief als haalbare ammoniakreducerende maatregel te evalueren bij vleesvarkens. Het doel van deze proef is een eerste screening om de grootteorde van het ammoniakreducerende effect te bepalen, inzichten te krijgen in eventuele neveneffecten en de haalbaarheid van de maatregel in praktische context te bepalen. De proeven zijn uitgevoerd op de Varkenscampus (onderzoeks- en onderwijsstal van ILVO, UGENT en HOGENT) op basis van de vooropgestelde methoden beschreven in het "Test- en demonstratieplan emissiereducerende maatregelen varkens: ILVO Varkenscampus". Dit evaluatierapport focust op de beschrijving van de exacte materialen en methodes gebruikt in deze proeven en de resultaten ervan. Overkoepelende inzichten over de gebruikte meetmethodes, praktijkervaringen en richtlijnen over de verschillende maatregelen heen worden gebundeld in andere verslagen, zoals "Ervaringsverslag meet- en evaluatiemethodes: varkens", "Rapport richtlijnen en staltips RAMBO maatregelen en -technieken: varkens" en "Totaalverslag maatregelen en technieken: varkens".



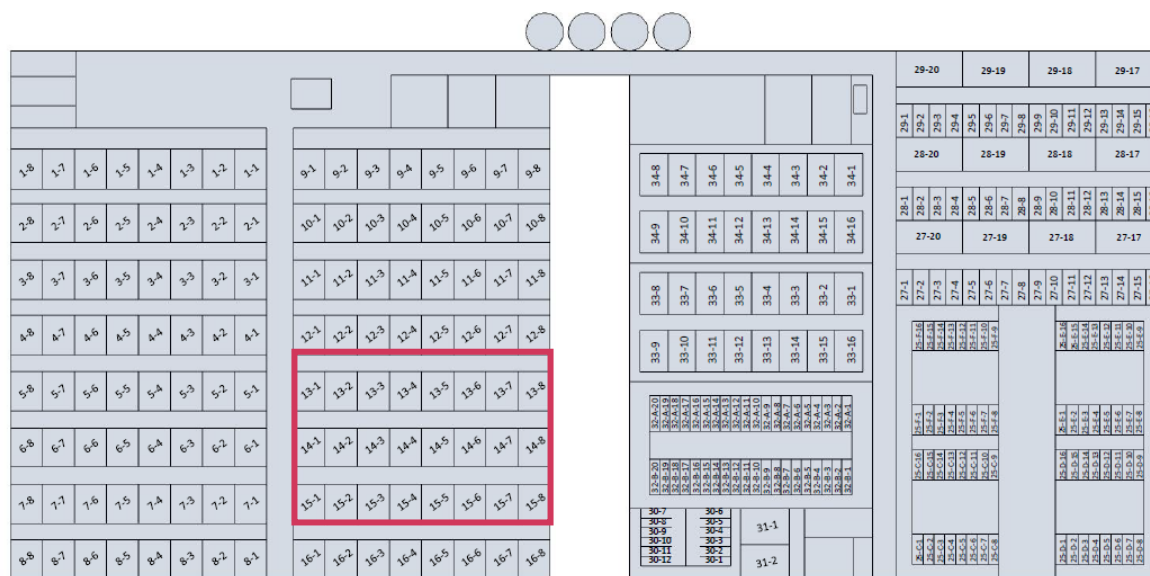
2. Materiaal en methoden



2.1 Omschrijving meetlocatie

De proeven werden uitgevoerd op de ILVO/HoGent/Ugent Varkenscampus (Merelbeke-Melle, België), een stal die zowel een proeflocatie is als een gesloten varkensbedrijf dat zoveel mogelijk representatief gerund wordt als een normaal varkensbedrijf. De varkenscampus werd geopend in 2015 en bestaat uit twee vleugels, onderling verbonden door een werkgang. In het rechtergedeelte (Figuur 1) bevinden zich de zeugen en (speen)biggen, het linkergedeelte bevat 16 vleesvarkensafdelingen, waarvan de helft AEA-afdelingen (V-4.7) met 50% dichte vloer en 50% roostervloer (afdelingen 1-4 en 9-12), waaronder zich een mestput met schuine wanden bevindt. De andere helft bestaat uit meer conventionele afdelingen met 100% roostervloer (afdelingen 5-8 en 13-16). Elke afdeling is opgedeeld in 8 hokken van 2 op 2.5m, waarin 5 varkens gehuisd werden. De mestputten van de verschillende afdelingen zijn gescheiden van elkaar en kunnen individueel geleegd worden. De mestputten in de afdelingen met volledige roostervloer zijn 1m diep. Op 50cm hoogte bevindt zich een overloop, wat maakt dat de mesthoogte in de mestput nooit hoger kan komen dan 50cm. Elke afdeling heeft één luchtuitlaat met kleppen, type Stienen ADU-45, waarvan de uitgaande lucht terechtkomt in een centrale drukkamer boven de afdelingen. Van hieruit wordt de lucht via ventilatoren naar een biologische luchtwasser gebracht voor het de stal verlaat.

Het klimaat wordt per afdeling geregeld via het Thomas® automatisatiesysteem van Hotraco Agri. De Prisma Farm Management software is geïnstalleerd, wat het mogelijk maakt om de data van de ventilatiecomputer lokaal op te slaan en de klimaatgegevens te exporteren. Door de ventilatoren die zich aan het uiteinde van de drukkamer boven de afdelingen bevindt, wordt de lucht naar buiten verplaatst. Dit creëert een onderdruk, waardoor de lucht vanuit de afdelingen via de uitlaatkanalen naar deze ruimte verplaatst wordt. De regelbare kleppen in de uitlaatkanalen regelen het ventilatiedebiet in de afdeling op basis van gemeten drukverschillen. De ventilatie is temperatuur gestuurd via een vooraf ingestelde ventilatiecurve. Er is altijd een minimale ventilatie van 400 m³/h per afdeling, de maximale capaciteit is 3700 m³/h. De luchtinlaat verloopt via kanaalventilatie. De lucht komt via roosters in de vloer aan beide kopgevels terecht in de ondergrondse gangen. Van daaruit komt de lucht de afdeling binnen via de roosters in de vloer van de voeder gang. Op deze manier kan de lucht voorgeconditioneerd worden. Er is geen bijkomende koeling of verwarming mogelijk op deze manier.



Figuur 1. Grondplan van de Varkenscampus. In de linkervleugel bevindt zich de 16 vleesvarkensafdelingen, die elk onderverdeeld worden in 8 hokken met 5-6 varkens per hok. De 8 AEA afdelingen bevinden zich aan de bovenzijde (afdeling 1-4 en 9-12), de volrooster afdelingen bevinden zich in afdelingen 5-8 en 13-16. De proeven gingen door in afdeling 13-15, aangeduid met een rood kader.

De varkens beschikken over ad libitum droogvoeder via een voederbak met voorraadbak. Water is vrij ter beschikking via een drinknippel met opvangbak en waterverbruik wordt per afdeling gelogd m.b.v. een waterteller. Elke afdeling heeft een raam aan de buitenmuur voor natuurlijke lichtinlaat. Er is aanvullend kunstlicht tussen 7u00 en 16u00. De proeven waarin deze maatregel geëvalueerd werd speelden zich af in afdelingen 13, 14 en 15, in de traditionele afdelingen met volledige betonroostervloer.



2.2 Proefopzet

2.2.1 Geteste maatregel

In deze proef werd de maatregel zeolieten als voederadditief getest. Zeolieten zijn poreuze mineralen die gewonnen kunnen worden uit mijnen op verschillende plaatsen in de wereld. Door hun negatief geladen poreuze kanalenstructuur werken ze als een moleculaire zeef en kunnen ze verschillende kleine moleculen en positief geladen ionen vasthouden, waaronder ammonium en ammoniak. Door zeolieten in het voeder toe te voegen, kunnen ze zowel inwendig als na uitscheiding ammonium en ammoniak vasthouden om de uiteindelijke emissie van ammoniak ter plaatse tegen te gaan.

In samenspraak met projectpartner Poortershaven werd beslist om het zeoliet Actionine (E566) als voederadditief te gebruiken. Dit is een stof die reeds goedkeuring heeft als technisch voederadditief. Actionine werd in een concentratie van 2% ingemengd in het voeder bij productie. Een gelijkaardige samenstelling werd gebruikt als deze van het controlevoeder, met een kleine herschaling voor het toedienen van het zeoliet, zodat een gelijke energie en eiwitinhoud bekomen werd.

2.2.2 Verloop van de proeven

Er werden twee proeven gestart waarbij voeder met zeolieten getest werd. Op hetzelfde moment in een gelijkaardige afdeling startte ook een controle-afdeling met voeder zonder zeolieten. De eerste proef startte op 20 juni 2024 met 40 dieren per afdeling in afdeling 13 en 15, waar respectievelijk voeder met zeolieten en voeder zonder zeolieten aan de dieren gegeven werd vanaf de start van de proef. De tweede proef startte een jaar later op 11 juni 2025, in afdelingen 14 en 13, respectievelijk voor de zeolieten en de controle. De startleeftijd, gewichten en verdeling tussen gelten en baren voor beide proeven wordt weergegeven in Tabel 1. De rondes duurden 14 weken in totaal, waarvan de varkens fase 1 voeder (25-50kg) kregen gedurende de eerste 4 weken, gevolgd door 4 weken fase 2 voeder (50-80kg) en afgesloten met 6 weken fase 3 voeder (80-115kg). De samenstellingen van de voeders kunnen teruggevonden worden in Bijlage 1. De varkens kregen ad libitum voeder via manueel bijvullen van de voorraadbak. Bij elke bijvulling werd het toegediend gewicht geregistreerd. Bij elke fasewissel werden de varkens per hok gewogen en werd het resterende voeder uit de voederbakken en voorraadbakken verwijderd en gewogen voor de nieuwe fase werd verdeeld. De dieren en de hokken werden dagelijks geïnspecteerd om de algemene gezondheidsstatus te controleren, een constante toevoer van voeder en water te garanderen, de juiste temperatuur en ventilatie te controleren en gebeurtenissen te registreren. Wekelijks werden extra controles gedaan voor bijtgedrag. Hierbij werden de varkens individueel gescoord op wonden op staart en oren. Aan het eind van de proef werd in elke afdeling een meststaal genomen. Dit gebeurd rechtstreeks uit de mestput. De meststalen werden in het labo geanalyseerd op nutriëntensamenstelling.

Tabel 1. Gemiddelde en standaarddeviatie van de startleeftijd en gewichten (gewogen 1 dag voor de verhuis naar de afdelingen) en de verdeling tussen gelten en baren voor de proefafdelingen.

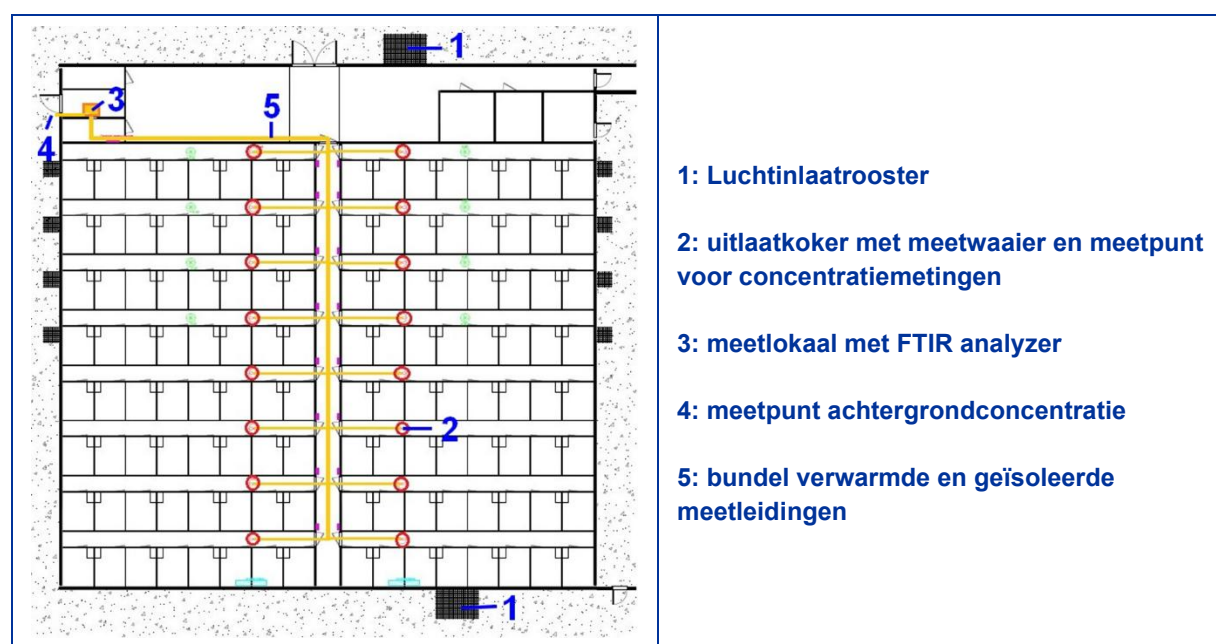
	Zomer 2024		Zomer 2025	
	Zeolieten	Controle	Zeolieten	Controle
Afdeling	13	15	14	13
Gemiddelde leeftijd [dagen]	68.5	68.9	67.6	67.8
Gewicht (gem $\pm$ std) [kg]	24.4 $\pm$ 4.0	24.4 $\pm$ 4.0	27.0 $\pm$ 4.5	27.0 $\pm$ 4.6
Aantal gelten	23	23	19	19
Aantal baren	17	17	21	21



2.3 Emissiemetingen

Om emissies te meten en berekenen moeten zowel de concentratie van het pollutant in de ingaande en uitgaande lucht als de hoeveelheid uitgaande lucht bekend zijn. In de varkenscampus is hiervoor aan de luchtuitlaat een Teflon leiding gehangen waarmee lucht continu afgezogen wordt en naar een gas analyser (FTIR) gestuurd wordt, die zich in een aparte ruimte in de stal bevindt (zie Figuur 2). Om condensatie tegen te gaan werden de gebundelde leidingen verwarmd en geïsoleerd. Als back-up voor NH₃-metingen werd gebruik gemaakt worden van Dräger X-Nodes die op dezelfde locatie als het afzuigpunt opgehangen werden. Voor het bepalen van het ventilatiedebiet in de afdelingen werd een meetwaaier geplaatst in de uitlaat. Alle gebruikte sensoren werden op regelmatige basis gekalibreerd en/of gevalideerd. Meer informatie in deze procedures en resultaten kan gevonden worden in het "Verificatierapport Varkenscampus". De emissie wordt vervolgens als volgt berekend:

$$Emissie \left[\frac{g}{h} \right] = \left(\text{concentratie aan uitlaat} \left[\frac{g}{m^3} \right] - \text{concentratie buiten} \left[\frac{g}{m^3} \right] \right) * \text{ventilatiedebiet} \left[\frac{m^3}{h} \right]$$



Figuur 2. Grondplan vleesvarkensgedeelte van de varkenscampus met opstelling voor emissiemetingen

2.4 Dataverwerking

De FTIR gas analyzer wisselt elke 7 minuten naar een andere meetlocatie. Hierdoor is er geen volcontinue data aanwezig per afdeling, maar worden er regelmatige meetpunten genomen, met een minimale frequentie van 1 meetpunt per uur per meetlocatie (afdeling of buitenlucht). Enkel het gemiddelde van de laatste 2 meetminuten wordt gebruikt om de gasconcentraties te bepalen. Dit geeft de sensor tijd om te reageren op veranderende concentraties tussen afdelingen en om te stabiliseren. De concentratie in de afdeling wordt gecombineerd met de concentratie in de buitenlucht op basis van dichtste nabijheid in tijd. Het ventilatiedebiet wordt continu gemeten met behulp van meetwaaiers. Door de detectielimiet die bepaald werd op 10 Hz, worden alle debieten kleiner dan deze waarde op ongekend gezet. Er wordt een lopend gemiddelde genomen over 2 minuten en deze wordt gecombineerd met de concentratiemeting aan de uitlaat van de afdeling op basis van dichtstbijzijnde meetpunt met een maximaal tijdsverschil van 10 minuten. Door de continue metingen van de meetwaaiers is dit over het algemeen een 1-op-1 match in tijd. Op deze manier worden verschillende emissiemeetpunten bekomen. Deze emissiemeetpunten worden uitgemiddeld (uitgedrukt in g/u) en vermenigvuldigd met 24 om een emissie in g/dag te bekomen. Voor de omzetting naar dagwaarden moeten minimaal 16 uurwaarden aanwezig zijn. Deze dagwaarde wordt gedeeld door het aantal dieren in de afdeling tot een waarde per dag per dier bekomen wordt.



2.4.1 Ontbrekende gegevens

De concentratiewaarden van de FTIR gas analyser en de ventilatiewaarden van de meetwaaiers werden standaard gebruikt voor de emissieberekening. Bij kortdurende onderbrekingen in de meetgegevens werden deze data niet opgevuld. Bij langdurigere onderbrekingen of andere technische mankementen waardoor de gegevens voor een langere niet betrouwbaar geacht werden, werd de NH₃-concentratie vervangen door de metingen van de gekalibreerde Dräger XNodes. Voor CO₂ en CH₄ was er geen back-up toestel en werden er geen emissie berekend bij langdurige onderbrekingen. Wanneer er geen gegevens waren voor de meetwaaiers door technische storingen, werden die in eerste instantie vervangen door een modellering van de klimaatcomputergegevens. Als dit niet mogelijk was werden ze op dagniveau gemodelleerd via de CO₂-balans methode, een methode die de ventilatie inschat op basis van gemeten CO₂-concentraties. In deze proef werden volgende technische storingen geobserveerd:

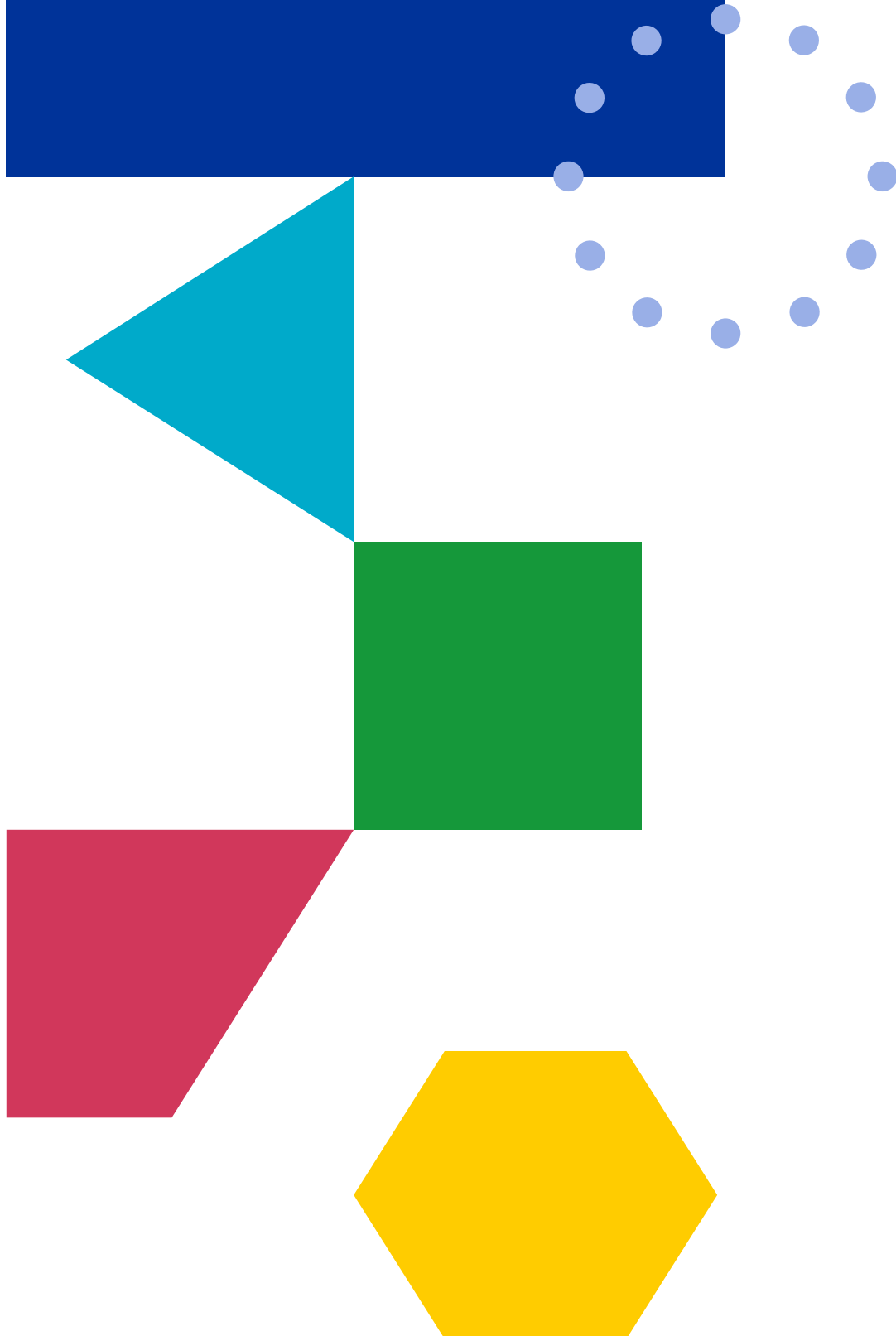
Start	Eind	Wat ging er mis?	Hoe werd dit aangepakt?
2024			
05/08/2024	07/08/2024	Door een vliegenbehandeling gingen de NH ₃ -emissies sterk omhoog.	De invloed van het middel nam na 2 dagen af. De concentratiegegevens van alle gassen werden veiligheidshalve verwijderd.
19/06/2024	28/06/2024 15:00	Problemen met de stroomvoorziening van de meetwaaiers zorgden regelmatig voor nulwaarden.	Deze data werd verwijderd en vervangen door een modellering van de meetwaaierwaarden t.o.v. van de ventilatiewaarden van de klimaatcomputer (op basis van data die gedurende de periodes zonder problemen in deze ronde bekomen werden). Deze modellering is terug te vinden in Bijlage 2.
06/07/2024 04:00	06/07/2024 06:30		
07/07/2024 17:15	07/07/2024 17:40		
07/07/2024 18:50	04/07/2024 19:15		
08/07/2024 01:30	08/07/2024 04:30		
09/07/2024 15:00	12/07/2024 07:00		
16/07/2024 13:00	23/07/2024 17:00		
2025			
13/06/2025	18/09/2025	Na toepassen van de kalibratievergelijking werden soms negatieve NH ₃ concentratiewaarden bekomen voor de buitenlucht.	Negatieve waarden werden op nul gezet voor de emissieberekening.
11/06/2025	12/06/2025	Korte onderbreking(en) in de waarden van de FTIR gas analyzer.	Geen actie.
28/07/2025	28/07/2025		
16/08/2025	17/07/2025		
14/06/2025	18/06/2025	Problemen in de logging van de gegevens van de klimaatcomputer.	De afdelingstemperatuur, nodig voor de omzetting van ppm naar g/m ³ , werd gemodelleerd op basis van ventilatiegegevens door de
10/07/2025	14/07/2025		
01/08/2025	01/08/2025		



16/08/2025	17/08/2025		meetwaaiers en de buitentemperatuur van het meest nabije meteostation van het KMI (Melle).
18/08/2025	19/08/2025		

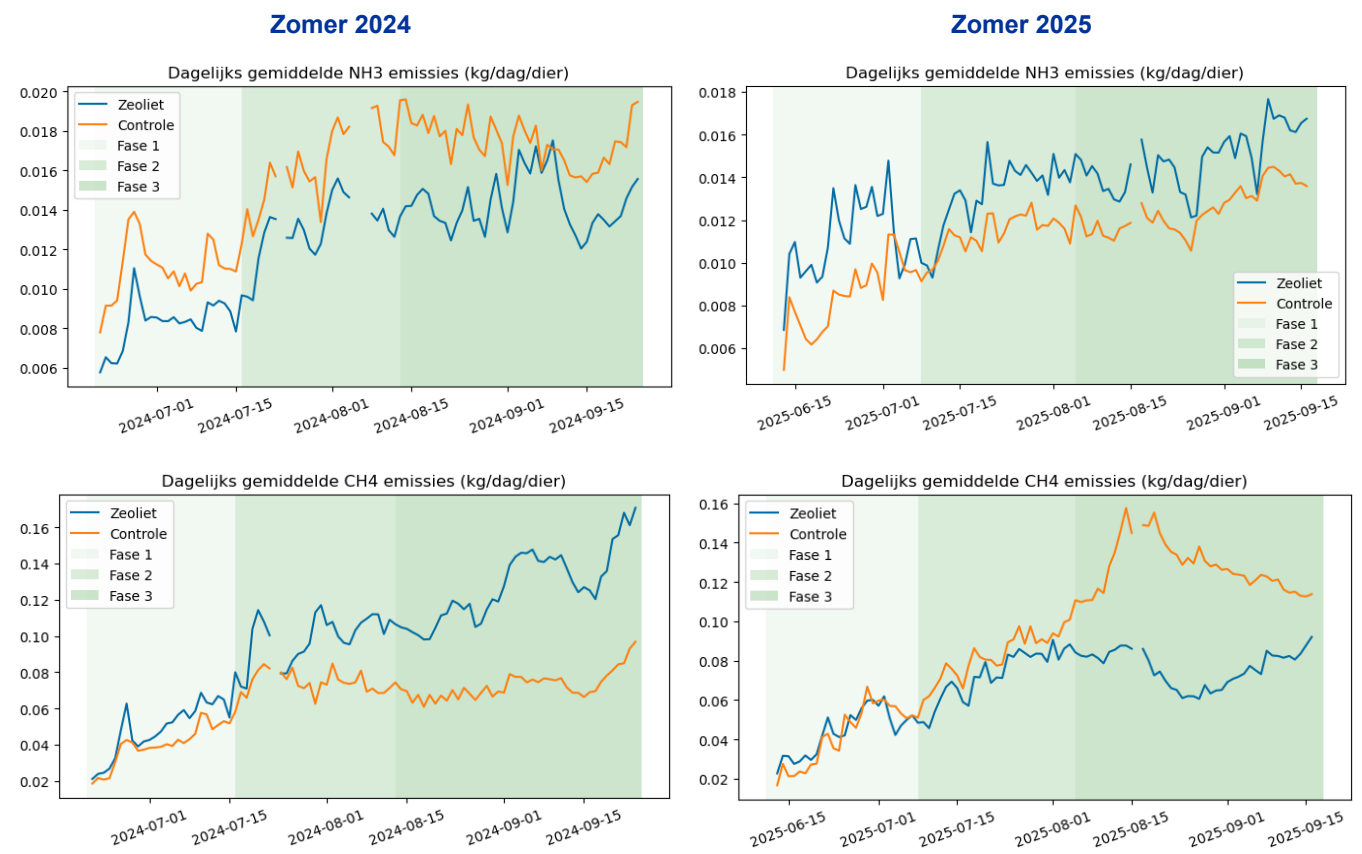


3. Resultaten en discussie



3.1 Resultaten

Het verloop van de emissies voor NH₃ en CH₄ in de proef in 2024 (links) en 2025 (rechts) kan teruggevonden worden in Figuur 3. De samenvattende gegevens voor het klimaat en de emissies per fase worden weergegeven in Tabel 2. Hieruit blijken zeer tegenstrijdige resultaten. In de proef van 2024 had de afdeling met de zeolieten gedurende de volledige ronde een lagere NH₃-emissie, met een gemiddelde van 20% lagere emissies. Voor CH₄ was er in totaal een 53% hogere emissie dan in de controle-afdeling. In de zomer van 2025 was dit net omgekeerd, met een 21% hogere NH₃-emissie en een 27% lagere CH₄-emissie, dit laatste vooral door een uitgesproken verschil in emissies vanaf halweg de ronde. Voor CO₂ was er eenzelfde verandering van effect tussen de 2 proeven, hoewel dit slechts in kleine mate is (+2,5% en -3,5%, respectievelijk voor 2024 en 2025). Voor NH₃ was dit effect vanaf de start van de ronde aanwezig, voor CH₄ en CO₂ nam het verschil tussen de afdelingen toe en was het meest uitgesproken in de laatste fase. Temperatuursverschillen tussen de afdelingen waren beperkt, met gemiddeld gezien 0,6°C hogere temperaturen in de controle-afdeling tijdens de eerste ronde en 0,4°C lagere temperaturen in de tweede ronde. Ventilatieverschillen tussen de afdelingen waren eerder klein.



Figuur 3. Emissieverloop van NH₃ en CH₄ (resp. boven en onder) gedurende de vleesvarkens proefronde in 2024 (links) en 2025 (rechts).

Tabel 2. Gemiddelde cijfers voor het klimaat in de afdelingen en de emissies gedurende de proefrondes.

	Zomer 2024		Zomer 2025	
	Zeolieten	Controle	Zeolieten	Controle
Fase 1				
NH ₃ concentratie (ppm)	14,8	20,5	15,2	13,5
CO ₂ concentratie (ppm)	1413	1486	1288	1413
Temperatuur (°C)	24,8	25,2	26,5	26,0



Ventilatie (m³/u)	1442	1391	1886	1632
NH ₃ emissie (g/dag/dier)	8,2	11,0	11,1	8,5
CO ₂ emissie (kg/dag/dier)	1,38	1,41	1,59	1,58
CH ₄ emissie (g/dag/dier)	48,5	39,9	43,8	42,4
Fase 2				
NH ₃ concentratie (ppm)	13,2	15,5	13,7	12,3
CO ₂ concentratie (ppm)	1233	1224	1322	1383
Temperatuur (°C)	25,6	26,5	26,2	25,9
Ventilatie (m³/u)	2490	2607	2377	2263
NH ₃ emissie (g/dag/dier)	12,9	16,1	13,1	11,3
CO ₂ emissie (kg/dag/dier)	1,96	2,03	2,15	2,21
CH ₄ emissie (g/dag/dier)	98,6	74,0	72,1	81,6
Fase 3				
NH ₃ concentratie (ppm)	12,7	15,9	13,5	11,4
CO ₂ concentratie (ppm)	1356	1321	1345	1397
Temperatuur (°C)	25,0	25,5	26,1	25,7
Ventilatie (m³/u)	2790	2724	2717	2632
NH ₃ emissie (g/dag/dier)	14,3	17,5	14,8	12,5
CO ₂ emissie (kg/dag/dier)	2,58	2,41	2,56	2,70
CH ₄ emissie (g/dag/dier)	127,5	72,7	76,5	127,2
Totaal				
NH ₃ concentratie (ppm)	13,4	17,0	14,0	12,2
CO ₂ concentratie (ppm)	1335	1336	1324	1397
Temperatuur (°C)	25,1	25,7	26,2	25,8
Ventilatie (m³/u)	2350	2340	2398	2260
NH ₃ emissie (g/dag/dier)	12,3	15,4	13,4	11,1
CO ₂ emissie (kg/dag/dier)	2,09	2,04	2,18	2,26
CH ₄ emissie (g/dag/dier)	98,5	64,4	66,6	91,4

Wanneer gekeken wordt naar de neveneffecten (Tabel 3), was er bij beide rondes numeriek een iets lagere groei van de varkens die het voeder met zeolieten kregen. Voor voederopname en voederconversie was het verschil niet eenduidig. Ook voor bijtgedrag waren de observaties niet eenduidig. Wel was er telkens in de afdeling met de laagste NH₃-emissies een beduidend hoger waterverbruik (35%).

De meststalen genomen op het einde van elke ronde (Tabel 4) wijzen, zeker in de ronde van 2025, ook op een (groot) verschil in droge stofgehalte, wat het hoger waterverbruik bevestigt. In de meststalen is verder telkens een lager stikstofgehalte te zien in de afdeling met zeolieten t.o.v. de controle, wat voornamelijk te maken heeft met een lager NH₄⁺-



gehalte. Ook de andere eenwaardige positief geladen ionen (kalium en natrium) waren minder talrijk aanwezig in de meststalen van de zeolietafdelingen.

Tabel 3. Neveneffecten opgevolgd gedurende proeven, inclusief voederefficiëntie en bijtgedrag.

	Zomer 2024		Zomer 2025	
	Zeolieten	Controle	Zeolieten	Controle
Fase 1				
Groei (g/dag)	650 ± 77	704 ± 82	920 ± 93	893 ± 103
Voederverbruik (g/dag)	1506 ± 166	1505 ± 186	1705 ± 157	1695 ± 206
Waterverbruik (L/dag)	4,60	3,51	5,51	7,23
Voederconversie	2,32 ± 0,08	2,14 ± 0,08	1,85 ± 0,03	1,90 ± 0,07
Observaties staartbijten	0,5%	3,0%	0,0%	0,0%
Observaties oorbijten	10,5%	13,0%	2,5%	4,5%
Fase 2				
Groei (g/dag)	915 ± 74	949 ± 96	1041 ± 98	1070 ± 101
Voederverbruik (g/dag)	2020 ± 217	2032 ± 242	2263 ± 247	2300 ± 242
Waterverbruik (L/dag)	6,51	5,24	7,04	9,57
Voederconversie	2,21 ± 0,13	2,14 ± 0,09	2,17 ± 0,06	2,15 ± 0,04
Observaties staartbijten	1,9%	6,3%	13,1%	8,8%
Observaties oorbijten	10,0%	13,1%	5,6%	5,0%
Fase 3				
Groei (g/dag)	1004 ± 70	964 ± 80	981 ± 73	1040 ± 121
Voederverbruik (g/dag)	2745 ± 300	2490 ± 175	2654 ± 213	2801 ± 294
Waterverbruik (L/dag)	7,97	5,58	7,39	10,29
Voederconversie	2,75 ± 0,43	2,59 ± 0,14	2,71 ± 0,13	2,70 ± 0,03
Observaties staartbijten	4,6%	15,4%	9,2%	3,0%
Observaties oorbijten	8,9%	10,4%	5,4%	2,9%
Totaal				
Groei (g/dag)	876 ± 60	884 ± 74	981 ± 71	1008 ± 97
Voederverbruik (g/dag)	2197 ± 189	2088 ± 193	2277 ± 195	2349 ± 236
Waterverbruik (L/dag)	6,64	4,92	6,81	9,31
Voederconversie	2,51 ± 0,24	2,36 ± 0,07	2,32 ± 0,06	2,33 ± 0,03



Observaties staartbijten	2,7%	9,2%	7,2%	3,5%
Observaties oorbijten	9,7%	11,9%	4,5%	4,0%

Tabel 4. Analyseresultaten van meststalen genomen op het einde van de ronde. De stalen werden rechtstreeks uit de mestput genomen.

	Zomer 2024		Zomer 2025	
	Zeolieten	Controle	Zeolieten	Controle
Droge stof (%)	7,4	8,1	7,4	4,9
Ruwe as (g/kg VM)	23	23	22	14
Organische stof (g/kg VM)	51	58	53	35
Stikstof (g/kg DS)	68	74	63	73
Ammoniak-stikstof (g/kg DS)	35	40	36	44
Organische stikstof (g/kg DS)	34	35	27	29
Fosfor (g/kg DS)	20	20	17	17
Kalium (g/kg DS)	46	64	47	66
Magnesium (g/kg DS)	15	16	12	12
Natrium (g/kg DS)	11	15	12	17

3.2 Discussie

Doordat de emissieverschillen tussen de zeolietbehandeling en de controle tegengesteld zijn aan elkaar tussen beide proefrondes, is het moeilijk om een eenduidige vaststelling te maken over het emissiereductiepotentieel van de geteste maatregel. Het grote verschil in waterverbruik tussen de afdelingen kan bijdragen aan deze tegenstrijdige resultaten. Na nazicht in de stallen bleken inderdaad een aantal drinknippels van de afdeling met hoger waterverbruik (afdeling 13) afgesteld te zijn op een hoger debiet. Alle afdelingen zijn uitgerust met drinkbakjes, wat vermorsen zou moeten vermijden, maar dit blijkt dus niet voldoende om het waterverbruik te drukken. Voor de NH_3 -emissies lijkt het verschil in waterverbruik alvast een verklarende factor. Een hoger waterverbruik zorgt namelijk voor een grotere verdunning van de mest in de mestput. De directe bron van NH_3 in de mest is de stikstof die aanwezig is in de vorm van ammonium (NH_4^+), wat in evenwicht staat met ammoniak (NH_3) dat vervolgens kan verdampen aan het oppervlak. Door verdunning van de mest daalt de NH_4^+ concentratie en verschuift het evenwicht minder richting NH_3 , wat leidt tot minder NH_3 -emissies. In een experiment van Ni et al (2010) zorgde varkensmest verdund met water tot er een reductie in droge stofgehalte van 45% voor een NH_3 -emissiereductie van 30%. In de huidige proeven in de stal was er zo'n 35% meer waterverbruik, tijdens de eerste proefronde in de afdeling met zeolieten en in de tweede proefronde in de controle-afdeling. Ervan uitgaande dat dit ook zorgde voor een reductie van het drogestofgehalte van de mest van 35% (in de praktijk zal de effectieve verdunning lager zijn, aangezien het waterverbruik maar een deel van het volume in de mestput bepaalt) zou dit kunnen zorgen voor een emissiereductie van 23,3% uit de mestput. Volgens Hoeksma et al (1992) is de mestput bij vleesvarkens op een



volledige roostervloer verantwoordelijk voor 2/3 van de totale NH_3 -emissies, de vloer zelf voor 1/3. Het effect van het extra waterverbruik in de afdelingen heeft enkel effect op de emissie vanuit de mestput. In totaal zou het verhoogde waterverbruik dus kunnen resulteren in een 16% lagere NH_3 -emissiere. Daarnaast was ook de temperatuur telkens iets hoger ($0,5^\circ\text{C}$ gemiddeld) in de afdelingen met de hoogste NH_3 -emissies, wat ook een (beperkt) NH_3 -emissie verhogend effect heeft, wat kan ingeschat worden op enkele percenten.

In de meststalen is er vooral in de proef van 2025 een sterk verschil in het droge stofgehalte. Dit kan echter een artificieel effect zijn van de meststaalname, aangezien deze rechtstreeks in de put genomen moest worden. Hierdoor kan er niet gegarandeerd worden dat de mest voldoende gehomogeniseerd was voor staalname. Om het effect van deze verschillen in droge stofgehalte te beperken werden de nutriëntenconcentratiewaarden uitgedrukt op basis van droge stofgehalte. Hieruit blijkt alvast wel een effect van de zeolieten, met name dat er minder eenwaardige kationen teruggevonden worden in de mest van de afdelingen met zeolieten. Zeolieten zijn dan ook goede kationenuitwisselaars. Voor kalium (K^+) en natrium (Na^+) werden gemiddeld telkens zo'n 28% minder kationen gevonden, voor NH_4^+ is dit gemiddeld slechts 15% minder dan in de controle. Het is mogelijk dat actionine een hogere affiniteit heeft voor kalium en natrium dan voor NH_4^+ . Hoewel er dus wel een effect is op het NH_4^+ -gehalte van de mest en we hierdoor kunnen concluderen dat zeolieten wel degelijk potentieel hebben om de NH_3 emissies te verlagen, leidde dit niet eenduidig tot lagere emissies in deze proeven onder praktijkomstandigheden.

Ook voor CH_4 is er een tegenstrijdig beeld met eerst hogere emissies voor de zeolieten en bij de herhaling lagere emissies. Hoewel het niet 100% duidelijk is waar dit verschil in emissies vandaan komt, is er wel een eenduidig patroon dat de afdeling met de hoogste CH_4 -emissies (afdeling 13) voor alle RAMBO-proeven een gelijkaardig patroon vertoonde waarbij de methaanemissies vooral vanaf halverwege de ronde sterk op gang komen en de emissies hoger waren dan de emissies van de andere afdelingen. Dit lijkt dus een afdelingseffect te zijn, hoewel dit niet geobserveerd werd in de initiële vergelijking tussen de afdelingen. Mogelijks is de microbiële samenstelling van de mestput op een bepaald punt geëvolueerd tot een gunstige samenstelling voor CH_4 -emissies en worden deze culturen niet voldoende teruggedrongen door ontsmetting en reiniging van de afdelingen en het laten leeglopen van de mestput tussen de rondes door.

De observaties in deze proef verschillen van een eerder uitgevoerde studie met zeolieten als voederadditief. In een proef uitgevoerd in een vleesvarkensstal in Italië door Dinuccio et al. (2022) met 1 en 2% clinoptiloliet in het voeder werd een NH_3 -emissiereductie van 10 en 25%, respectievelijk, geobserveerd. Deze reductie bij 2% clinoptiloliet is groter dan de verschillen die verwacht worden op basis van het hoger waterverbruik en de licht hogere temperatuur in de RAMBO proeven. Er zou dus verwacht worden dat het effect van de zeolieten op de emissies zichtbaar had moeten zijn, indien niet als emissiereductie, dan wel als eerder gelijke emissies in de tweede ronde. Mogelijks is het type zeoliet doorslaggevend: in de proef in Spanje werd Clinoptiloliet (E567) gebruikt, in deze proef Actionine (E566). Anderzijds wordt in de paper van Dinuccio et al. (2022) ook een sterke CO_2 -emissiereductie ten opzichte van de controle vermeld van 12 en 31%, respectievelijk voor 1 en 2% zeolieten, en 18 en 51%, respectievelijk, voor CH_4 . Dit verschil in CO_2 -emissie is groot en ligt in dezelfde grootteorde als de geobserveerde emissiereductie van NH_3 in deze proef. Clinoptiloliet kan ook CO_2 en, in mindere mate, CH_4 absorberen (Aguilar-Armenta, Patiño-Iglesias & Leyva-Ramos, 2003). Toch is een dergelijk verschil in CO_2 -emissie enkel door gebruik van zeolieten in een stal niet mogelijk via rechtstreeks absorptie van CO_2 door de zeolieten. CO_2 productie komt voornamelijk van de dieren en in mindere mate uit de mestput. Variaties in CO_2 productie kunnen te wijten zijn aan een verschillende voederopname en groei, temperatuur in de stal en activiteitsniveau van de dieren of een verschil in de CO_2 productie van de mest. Indien er geen opmerkelijke verschillen op deze vlakken waren tussen de afdelingen, zou deze sterke afwijking in gemeten CO_2 -emissie ook kunnen wijzen op een onjuiste ventilatiebepaling of een extra bron van CO_2 emissies in de stal. De totale CO_2 -productie in de stal is ook zeer hoog (9 kg/dier/dag bij de controleafdeling t.o.v. 2 kg/dier/dag bij de RAMBO proeven). Voor NH_3 is de geobserveerde emissies per dier dicht bij de metingen van deze proef. De CH_4 -emissies bij Dinuccio et al. (2022) zijn hoger, maar dit is sterk afhankelijk van voeding, temperatuur en totaal volume aan mestopslag in de stal. Bij de opvolging van de NH_3 , CO_2 en CH_4 -emissie bij de opslag van de mest zelf werden door Dinuccio et al (2022) eerder hogere emissies gevonden bij de mest van de dieren die gevoederd werden met zeolieten. Dit is tegenstrijdig met hun resultaten uit de stal.

Op vlak van groei is er telkens een kleine, maar niet significante reductie in groei bij de dieren die het zeolieten voederadditief kregen. Er is geen eenduidig effect op voederopname en ook de voederconversie, die in de eerste proef hoger was dan de controle, was in de tweede proef zeer gelijkaardig aan de controlegroep. Ook voor oorbijten en staartbijten is er geen eenduidig effect. De hoogste prevalentie van beiden was bijna uitsluitend in de afdeling met de

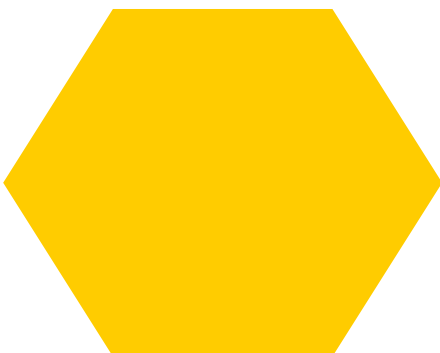
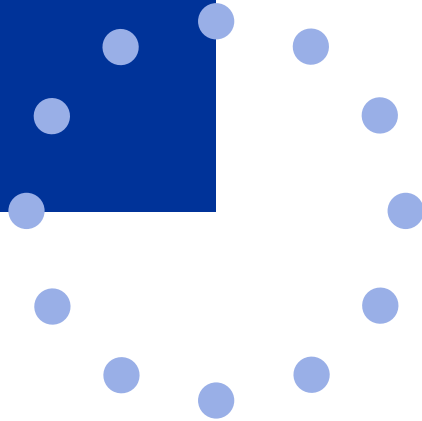


hoogste NH_3 -concentraties (en -emissie). Uit deze observaties blijkt geen duidelijk positief of negatief effect van de gebruik van zeolieten in het voeder op productie of dierenwelzijn.

De toevoeging van zeolieten aan het voeder is wel een eenvoudig toepasbare maatregel die op veel verschillende stallen gebruikt kan worden. De zeolieten kunnen ingemengd worden door de voederfabrikant en vervolgens kan het voeder gebruikt worden zoals elk ander voeder. Dit verhoogt ook de mogelijkheid tot borging van de toepassing van de maatregel. Doordat het inmengingspercentage van de zeolieten redelijk hoog ligt (2%), is mogelijks een kleine herformulering van de voedersamenstelling nodig. Daarnaast is er ook de kost van de zeolieten zelf, wat zal leiden tot een lichte stijging van de voederprijs met enkele percenten. Daar staat tegenover dat er geen wijzigingen nodig zijn in de stalinfrastructuur en er dus geen investeringskost of arbeidskost is voor deze voedermaatregel.



4. Conclusies



4.1 Conclusies

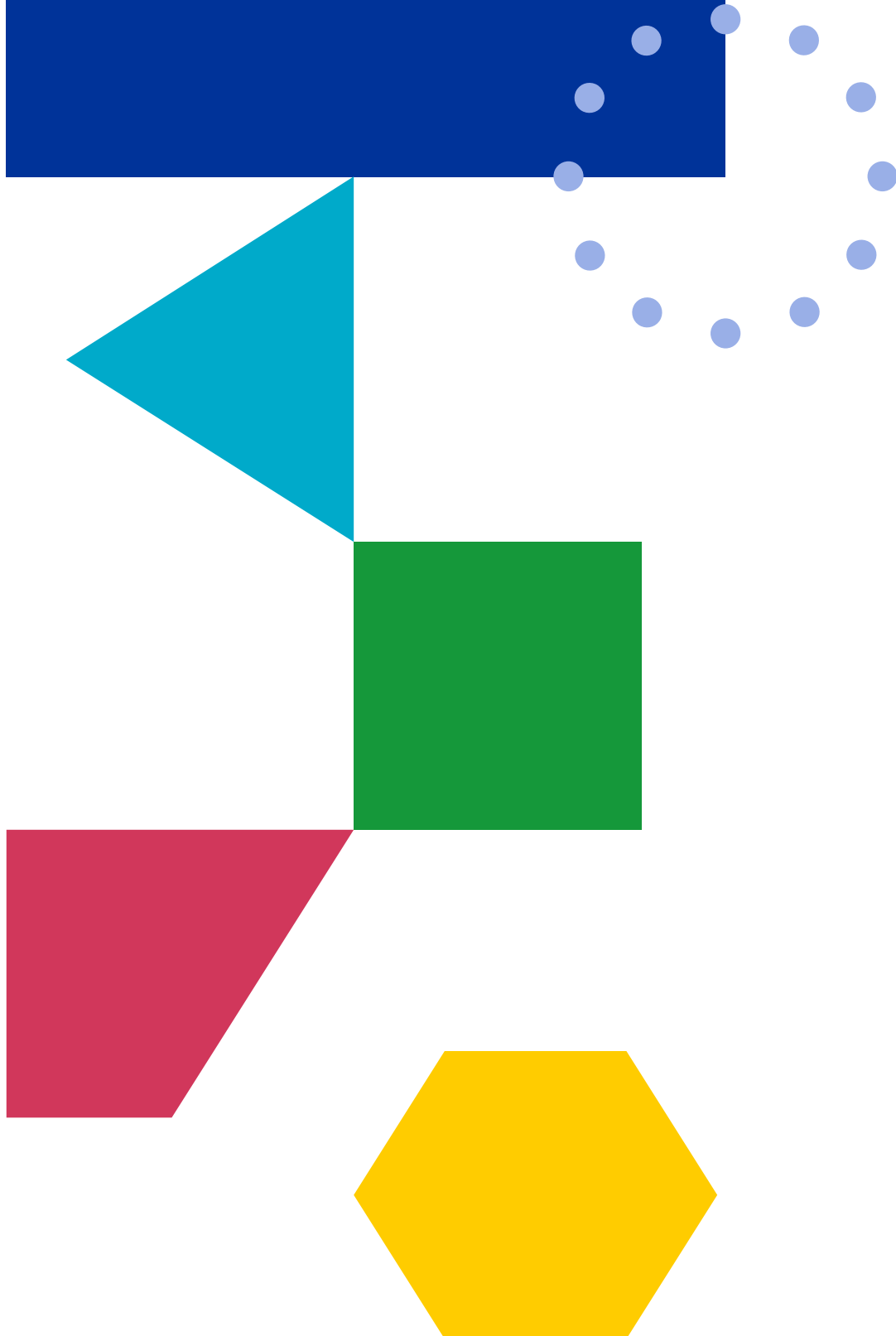
Op basis van de uitgevoerde proeven kan geen eenduidige conclusie worden getrokken over het emissiereductiepotentieel van zeolieten (actionine) als voederadditief bij vleesvarkens. De resultaten voor zowel NH_3 - als CH_4 -emissies vertonen tegenstrijdige patronen tussen de twee proefrondes, waardoor een consistent effect van de maatregel niet kan worden vastgesteld. Een belangrijke versturende factor in deze studie is het verschil in waterverbruik tussen de afdelingen. Variaties in de afstelling van drinknippels hebben vermoedelijk geleid tot significante verschillen in mestverdunding, wat op zijn beurt een substantiële invloed heeft op de NH_3 -emissies. Dit effect kan de eventuele invloed van zeolieten gemaskeerd of overschaduwd hebben. Voor CH_4 -emissies werd eveneens geen consistent effect vastgesteld. De waargenomen verschillen lijken eerder gerelateerd aan afdelingsspecifieke factoren, zoals microbiële activiteit in de mestput, dan aan de toepassing van zeolieten. De bekomen resultaten wijken af van een eerdere studie met een ander type zeolieten (clinoptiloliet), waar wel duidelijke emissiereducties werden vastgesteld. Dit suggereert dat het type zeoliet een cruciale rol kan spelen in de effectiviteit.

Hoewel analyses van de mest aantonen dat zeolieten effectief functioneren als kationenuitwisselaars – met duidelijke reducties in K^+ , Na^+ en in iets mindere mate NH_4^+ – vertaalde dit zich niet consistent in lagere NH_3 -emissies in de praktijk. Dit wijst erop dat het verband tussen mestchemie en emissies complex is en sterk beïnvloed wordt door omgevings- en managementfactoren. Op vlak van dierprestaties en welzijn werden geen consistente positieve of negatieve effecten vastgesteld van het gebruik van zeolieten in het voeder.

Samenvattend kan gesteld worden dat, hoewel zeolieten technisch eenvoudig toepasbaar zijn en een effect hebben op de samenstelling van de mest, hun impact op emissiereductie onder praktijkomstandigheden onzeker blijft. De grootteorde van de potentiële emissiereducties voor het geteste zeoliet worden eerder laag ingeschat. Verdere gecontroleerde proeven, met striktere beheersing van beïnvloedende factoren en meer herhalingen, zijn noodzakelijk om het werkelijke potentieel van deze maatregel duidelijker te bepalen.



5. Referenties



5.1 Referenties

Aguilar-Armenta, G., Patiño-Iglesias, M.E & Leyva-Ramos, R. (2003). Adsorption Kinetic Behaviour of Pure CO₂, N₂ and CH₄ in Natural Clinoptilolite at Different Temperatures. *Adsorption Science & Technology*, 21(1).

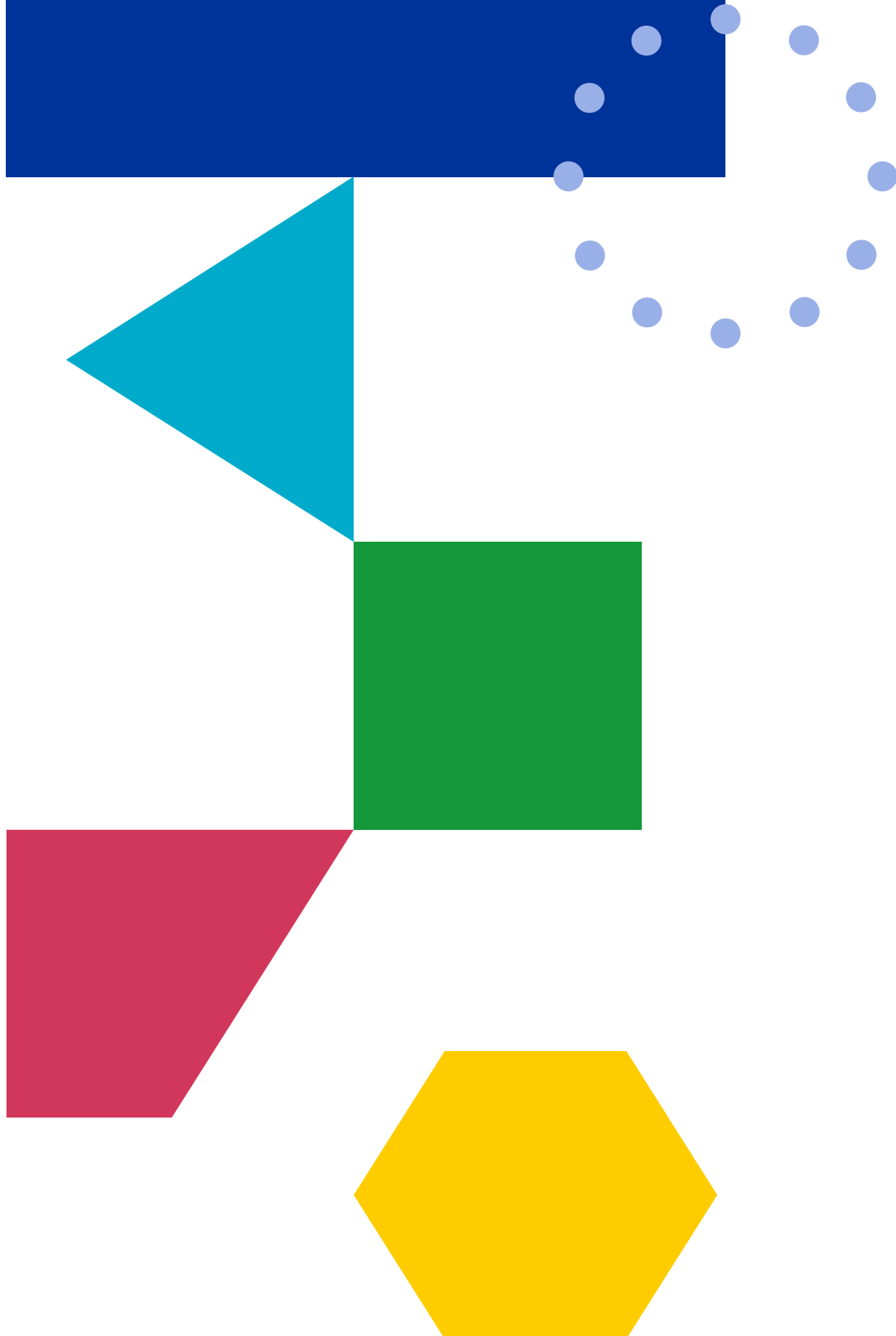
Dinuccio, E., Maffia, J., Lazzaroni, C., Airolidi, G., Balsari, P. & Biagini, D. (2022). Clinoptilolite (E567), a Natural Zeolite, Inclusion in Heavy-Pig Diets: Effect on the Productive Performance and Gaseous Emissions During Fattening and Manure Storage. *Journal of Agricultural Engineering*, 53(1). <https://doi.org/10.4081/jae.2022.1290>.

Hoeksma, P., Verdoes, N., Oosthoek, J., & Voermans, J. A. M. (1992). Reduction of ammonia volatilization from pig houses using aerated slurry as recirculation liquid. *Livestock Production Science*, 31(1), 121-132. [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(92\)90060-H](https://doi.org/10.1016/0301-6226(92)90060-H)

Ni, J., Heber, A. J., Sutton, A. L., Kelly, D. T., Patterson, J. A. & Kim, S. (2010). Effect of swine manure dilution on ammonia, hydrogen sulfide, carbon dioxide, and sulfur dioxide releases. *Science of The Total Environment*, 408(23), 5917-5923. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.08.031>.



6. Bijlages



6.1 Bijlage 1: voedersamenstellingen

6.1.1 Proef 2024

Fase 1	Controle		Zeolieten	
	Formulering	Analyse	Formulering	Analyse
Netto energie (kcal/kg)	2300	NA	2300	NA
Vocht (%)	12,3	12,9	12,01	12,6
Ruw eiwit (%)	16	15,3	16	15,5
Ruw vet (%)	5	4,4	5,9	5,3
Zetmeel (%)	40,4	37,3	37,8	33,8
Suiker (%)	3,9	5	3,9	5,3
Ruwe celstof (%)	4,6	4,7	4,5	5,0
Ruwe as (%)	4,6	4,2	6,3	6,2
Calcium (%)	0,6	0,58	0,6	0,65
Fosfor (%)	0,42	0,39	0,41	0,39
Natrium (%)	0,21	0,19	0,2	0,19
Kalium (%)	NA	0,71	NA	0,79
Chloor (%)	0,19	0,19	0,19	0,20
Elektrolytenbalans [Na]+[K]-[Cl] (meq)	240	212	240	228
Vit E (mg/kg)	150	NA	150	NA
Selenium (mg/kg)	0,4	NA	0,4	NA
Lysine (%)	1,05	NA	1,06	NA
SID met + cys/SID lysine	0,6	NA	0,6	NA
SID thr/SID lys	0,66	NA	0,66	NA
SID trp/SID lys	0,18	NA	0,18	NA
SID val/SID lys	0,66	NA	0,66	NA
SID ile/SID lys	0,54	NA	0,54	NA
SID leu/SID lys	1,03	NA	1,04	NA
SID his/SID lys	0,35	NA	0,35	NA



Actionine (%)	0	NA	2,00	NA
---------------	---	----	------	----

Fase 2	Controle		Zeolieten	
	Formulering	Analyse	Formulering	Analyse
Netto energie (kcal/kg)	2275	NA	2275	NA
Vocht (%)	12,3	12,50	12,1	12,10
Ruw eiwit (%)	15,7	14,80	15,7	15,50
Ruw vet (%)	4,46	4,60	5,49	5,60
Zetmeel (%)	41,3	38,30	38,7	34,60
Suiker (%)	3,9	4,50	3,88	5,10
Ruwe celstof (%)	4,54	4,60	4,64	5,20
Ruwe as (%)	4,54	1,30	6,29	5,40
Calcium (%)	0,60	0,54	0,60	0,57
Fosfor (%)	0,42	0,40	0,42	0,41
Natrium (%)	0,21	0,18	0,20	0,19
Kalium (%)	NA	0,75	NA	0,79
Chloor (%)	0,18	0,19	0,18	0,16
Elektrolytenbalans [Na]+[K]-[Cl] (meq)	240	222	240	242
Vit E (mg/kg)	150	NA	150	NA
Selenium (mg/kg)	0,40	NA	0,40	NA
Lysine (%)	0,96	NA	0,96	NA
SID met + cys/SID lysine	0,61	NA	0,60	NA
SID thr/SID lys	0,66	NA	0,66	NA
SID trp/SID lys	0,19	NA	0,19	NA
SID val/SID lys	0,73	NA	0,73	NA
SID ile/SID lys	0,59	NA	0,59	NA
SID leu/SID lys	1,12	NA	1,12	NA
SID his/SID lys	0,38	NA	0,38	NA
Actionine (%)	0	NA	2,00	NA



Fase 3	Controle		Zeolieten	
	Formulering	Analyse	Formulering	Analyse
Netto energie (kcal/kg)	2250	NA	2250	NA
Vocht (%)	12,26	12,20	12,15	12,10
Ruw eiwit (%)	14,5	14,00	14,50	14,20
Ruw vet (%)	4,03	4,00	4,76	4,70
Zetmeel (%)	42,3	38,80	40,8	36,00
Suiker (%)	3,66	4,90	3,68	5,20
Ruwe celstof (%)	4,76	5,40	4,51	5,20
Ruwe as (%)	4,4	4,90	6,15	6,50
Calcium (%)	0,6	0,57	0,6	0,62
Fosfor (%)	0,41	0,43	0,40	0,41
Natrium (%)	0,2	0,20	0,2	0,21
Kalium (%)	NA	0,73	NA	0,76
Chloor (%)	0,19	0,19	0,17	0,22
Elektrolytenbalans [Na]+[K]-[Cl] (meq)	220	219	220	223
Vit E (mg/kg)	150	NA	150	NA
Selenium (mg/kg)	0,4	NA	0,4	NA
Lysine (%)	0,85	NA	0,86	NA
SID met + cys/SID lysine	0,62	NA	0,62	NA
SID thr/SID lys	0,66	NA	0,66	NA
SID trp/SID lys	0,2	NA	0,2	NA
SID val/SID lys	0,75	NA	0,76	NA
SID ile/SID lys	0,59	NA	0,60	NA
SID leu/SID lys	1,16	NA	1,17	NA
SID his/SID lys	0,39	NA	0,39	NA
Actionine (%)	0	NA	2,00	NA



6.1.2 Proef 2025

Fase 1	Controle		Zeolieten	
	Formulering	Analyse	Formulering	Analyse
Netto energie (kcal/kg)	2300	NA	2300	
Vocht (%)	12,3	11,3	12,01	10,8
Ruw eiwit (%)	16	15,9	16	15,6
Ruw vet (%)	5	4,5	5,9	5,4
Zetmeel (%)	40,4	37,2	37,8	33,7
Suiker (%)	3,9	5,1	3,9	5,4
Ruwe celstof (%)	4,6	4,3	4,5	4,4
Ruwe as (%)	4,6	5,9	6,3	8,2
Calcium (%)	0,6	0,65	0,6	0,63
Fosfor (%)	0,42	0,45	0,41	0,41
Natrium (%)	0,21	0,20	0,2	0,23
Kalium (%)	NA	0,81	NA	0,84
Chloor (%)	0,19	0,20	0,19	0,24
Elektrolytenbalans [Na]+[K]-[Cl] (meq)	240	240	240	247
Vit E (mg/kg)	150	NA	150	NA
Selenium (mg/kg)	0,4	NA	0,4	NA
Lysine (%)	1,05	NA	1,06	NA
SID met + cys/SID lysine	0,6	NA	0,6	NA
SID thr/SID lys	0,66	NA	0,66	NA
SID trp/SID lys	0,18	NA	0,18	NA
SID val/SID lys	0,66	NA	0,66	NA
SID ile/SID lys	0,54	NA	0,54	NA
SID leu/SID lys	1,03	NA	1,04	NA
SID his/SID lys	0,35	NA	0,35	NA
Actionine (%)	0	NA	2,00	NA



Fase 2	Controle		Zeolieten	
	Formulering	Analyse	Formulering	Analyse
Netto energie (kcal/kg)	2275	NA	2275	NA
Vocht (%)	12,3	11,0	12,1	10,8
Ruw eiwit (%)	15,7	15,3	15,7	15,5
Ruw vet (%)	4,46	4,20	5,49	5,1
Zetmeel (%)	41,3	38,4	38,7	35,50
Suiker (%)	3,9	4,6	3,88	5,1
Ruwe celstof (%)	4,54	4,8	4,64	4,8
Ruwe as (%)	4,54	4,8	6,29	6,6
Calcium (%)	0,60	0,60	0,60	0,67
Fosfor (%)	0,42	0,43	0,42	0,42
Natrium (%)	0,21	0,24	0,20	0,21
Kalium (%)	NA	0,77	NA	0,83
Chloor (%)	0,18	0,21	0,18	0,19
Elektrolytenbalans [Na]+[K]-[Cl] (meq)	240	240	240	252
Vit E (mg/kg)	150	NA	150	NA
Selenium (mg/kg)	0,40	NA	0,40	NA
Lysine (%)	0,96	NA	0,96	NA
SID met + cys/SID lysine	0,61	NA	0,60	NA
SID thr/SID lys	0,66	NA	0,66	NA
SID trp/SID lys	0,19	NA	0,19	NA
SID val/SID lys	0,73	NA	0,73	NA
SID ile/SID lys	0,59	NA	0,59	NA
SID leu/SID lys	1,12	NA	1,12	NA
SID his/SID lys	0,38	NA	0,38	NA
Actionine (%)	0	NA	2,00	NA



Fase 3	Controle		Zeolieten	
	Formulering	Analyse	Formulering	Analyse
Netto energie (kcal/kg)	2250	NA	2250	NA
Vocht (%)	12,26	11,30	12,15	11,20
Ruw eiwit (%)	14,5	13,60	14,50	14,10
Ruw vet (%)	4,03	3,80	4,76	4,70
Zetmeel (%)	42,3	39,30	40,8	36,10
Suiker (%)	3,66	4,60	3,68	4,60
Ruwe celstof (%)	4,76	5,10	4,51	5,30
Ruwe as (%)	4,4	4,50	6,15	6,80
Calcium (%)	0,6	0,63	0,6	0,67
Fosfor (%)	0,41	0,43	0,40	0,40
Natrium (%)	0,2	0,20	0,2	0,20
Kalium (%)	NA	0,73	NA	0,78
Chloor (%)	0,19	0,20	0,17	0,20
Elektrolytenbalans [Na]+[K]-[Cl] (meq)	220	219	220	231
vit E (mg/kg)	150	NA	150	NA
selenium (mg/kg)	0,4	NA	0,4	NA
Lysine (%)	0,85	NA	0,86	NA
SID met + cys/SID lysine	0,62	NA	0,62	NA
SID thr/SID lys	0,66	NA	0,66	NA
SID trp/SID lys	0,2	NA	0,2	NA
SID val/SID lys	0,75	NA	0,76	NA
SID ile/SID lys	0,59	NA	0,60	NA
SID leu/SID lys	1,16	NA	1,17	NA
SID his/SID lys	0,39	NA	0,39	NA
Actionine (%)	0	NA	2,00	NA

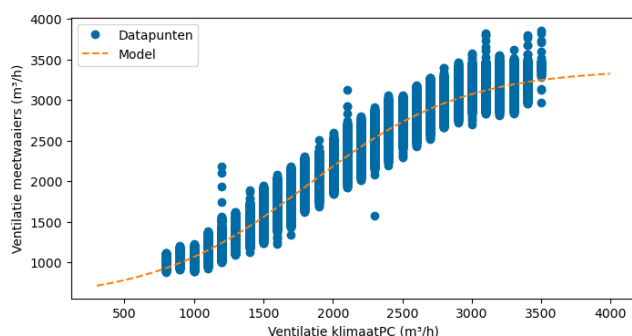


6.2 Bijlage 2: Gebruikte modellen

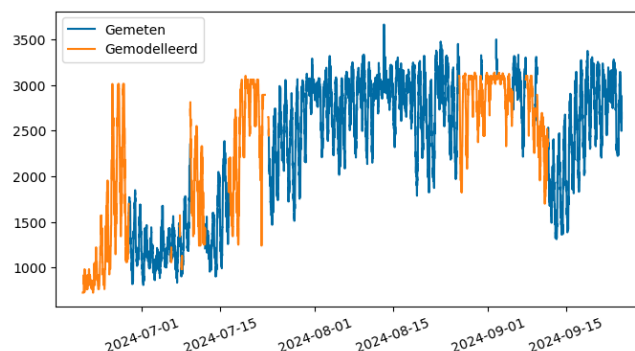
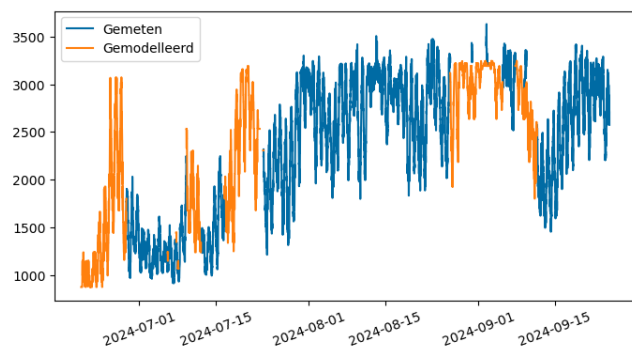
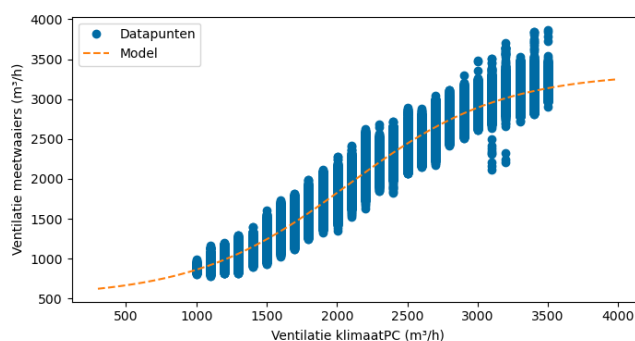
6.2.1 Proef 2024: Modelleren ventilatie

Om ontbrekende gegevens voor de meetwaaiersdata op te vullen werden modellen gemaakt om de gegevens van de ventilatie van de klimaatcomputer om te zetten naar effectieve ventilaties. De gegevens van de klimaatcomputer kunnen niet rechtstreeks gebruikt worden om de ventilaties aan te vullen omdat in het verleden al bleek dat zeer kleine variaties in de afstelling van de regelkleppen ervoor zorgen dat de ventilatie volgens de klimaatcomputer niet exact overeenkwam met de werkelijke ventilatie. Bovendien verschilt deze variatie per afdeling, waardoor vaste afdelingseffecten kunnen ontstaan. Daarom werd de data van de klimaatcomputer uitgezet ten opzichte van de ventilaties die gemeten werden door de meetwaaiers en werd hier een (sigmoïde) functie op gefit. De vergelijking tussen de ventilaties bepaald door beide systemen, het gefitte model en de uiteindelijke invulling worden hieronder weergegeven.

Afdeling 13



Afdeling 15



In samenwerking met/ met steun van:



Gefinancierd door
de Europese Unie

RAMBO



Proefbedrijf
Pluimveehouderij
Provincie Antwerpen



Provincie
Antwerpen



Provincie Noord-Brabant

