



Effect van BiPolaire Plasma Ionisatie technologie van Faton op concentraties ammoniak en fijnstof in een vleesvarkensstal

Resultaten van een 'proof of concept'

Rapport 1461

Hans Groot Wassink, Annemieke Hol



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Effect van BiPolaire Plasma Ionisatie technologie van Faton op concentraties ammoniak en fijnstof in een vleesvarkensstal

Resultaten van een 'proof of concept'

Hans Groot Wassink; Annemieke Hol

Wageningen Livestock Research
Wageningen, november 2023

Rapport 1461

J.K. Groot Wassink, J.M.G. Hol, 2023. *Effect van BiPolaire Plasma Ionisatie technologie van Faton op concentraties ammoniak en fijnstof in een vleesvarkensstal. Resultaten van een 'proof of concept'*, Wageningen Livestock Research, Openbaar rapport 1461.

Samenvatting: BiPolaire Plasma Ionisatie van Faton B.V. is een technologie die wordt ingezet om de luchtkwaliteit in onder andere stallen te verbeteren. De toepassing van deze technologie in de veehouderij heeft als doel om onder meer de concentratie van ammoniak en fijnstof in de diervverblijven te verlagen. In dit rapport zijn de resultaten beschreven van metingen aan concentraties en emissies van ammoniak en fijnstof in een vleesvarkensstal. Doel van de metingen was het verkrijgen van inzicht in het vermogen van deze technologie om concentraties ammoniak en fijnstof in de afdeling te verlagen. Het onderzoek had het karakter van een 'proof of principle'. De metingen zijn uitgevoerd in twee bouwkundig gelijke afdelingen met vleesvarkens in dezelfde stal (case control meting), tussen 22 juli en 21 oktober 2023. In één van de afdelingen is BiPolaire Plasma Ionisatie technologie van Faton B.V. in het inlaatkanaal van de afdeling geplaatst.

In de meetperiode is geen effect waargenomen van de geïnstalleerde ionisatie systemen op de concentratie fijnstof en emissies van ammoniak.

Summary: BiPolar Plasma Ionisation from Faton B.V. is a technology used to improve air quality in livestock housing, among other things. The aim of using this technology in animal husbandry is to reduce the concentration of ammonia and particulate matter in animal housing, among other things. This report describes the results of measurements of concentrations and emissions of ammonia and particulate matter in a fattening pig barn. The aim of the measurements was to gain insight into the ability of this technology to reduce concentrations of ammonia and particulate matter in the room. The study had the character of a proof of principle. The measurements were carried out in two structurally equal rooms with fattening pigs in the same barn (case control measurement), between 22 July and 21 October 2023. In one of the rooms, BiPolar Plasma Ionisation technology from Faton B.V. was placed in the air inlet channel of the room. No effect of the installed ionisation systems on particulate matter concentrations or ammonia emissions was observed during the measurement period.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/643751> of op www.wur.nl/livestock-research (onder Wageningen Livestock Research publicaties).



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

© Wageningen Livestock Research, onderdeel van Stichting Wageningen Research, 2023

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

Wageningen Livestock Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Wageningen Livestock Research is NEN-EN-ISO 9001:2015 gecertificeerd.

Op al onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Animal Sciences Group van toepassing. Deze zijn gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Openbaar Wageningen Livestock Research Rapport 1461

Inhoud

1	Aanleiding en opzet	5
	1.1 Aanleiding en doel onderzoek	5
	1.2 Werkingsprincipe Bipolaire Plasma Ionisatie	5
	1.3 Toegepast ionisatiesysteem Faton	5
	1.4 Meetstrategie	5
	1.5 Meetlocatie	6
	1.6 Meetapparatuur	6
2	Uitvoering en resultaten	8
	2.1 Uitvoering proef	8
	2.2 Resultaten ammoniak	8
	2.3 Resultaten fijnstof	10
	2.4 Overige metingen en waarnemingen	11
	2.4.1 Ventilatie-debiet	11
	2.4.2 Dieren en hokken	11
	2.4.3 Meetresultaten CO ₂ , T en RV	12
3	Discussie en conclusie	13
	3.1 Discussie	13
	3.2 Conclusie	14
	Literatuur	15
	Bijlage 1 Proeflocatie	16
	Bijlage 2 Ionisatie apparatuur	23
	Bijlage 3 Meetapparatuur	25



1 Aanleiding en opzet

1.1 Aanleiding en doel onderzoek

In opdracht van Faton B.V. heeft Wageningen Livestock Research (WLR) metingen aan concentratie en emissie van ammoniak en fijnstof uitgevoerd op een vleesvarkenshouderij. Aanleiding voor het onderzoek was de verwachting dat door toepassing van de door Faton geleverde BiPolaire Plasma Ionisatie technologie de concentratie van ammoniak en fijnstof in dierverblijven kan worden verlaagd. Daarvoor zijn metingen uitgevoerd naar de concentratie van ammoniak en fijnstof in een vleesvarkensstal. Het doel van deze metingen was een indicatie te krijgen van het vermogen van BiPolaire Plasma Ionisatie technologie van Faton om concentraties ammoniak en fijnstof te verlagen in omstandigheden die gangbaar zijn in de (intensieve) veehouderij in Nederland. Het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat publiceert jaarlijks de [Lijst emissiefactoren fijn stof voor veehouderij](#). Op die lijst staan ook ionisatietechnieken die concentraties fijnstof verlagen.

De ionisatie-apparatuur is geleverd en geïnstalleerd door de opdrachtgever.

1.2 Werkingsprincipe Bipolaire Plasma Ionisatie

Het ionisatiesysteem dat Faton B.V. heeft geïnstalleerd is een systeem met bipolaire koude plasma ionisatie (BPP). De systemen produceren negatieve en positieve ionen. Het plasma bestaat uit geladen deeltjes zoals elektronen en ionen die een chemische reactie ondergaan met de lucht of het gasmengsel in de omgeving. De energie die vrijkomt bij deze reactie leidt tot de vorming van nieuwe ionen, voornamelijk negatieve ionen. Met BPP zijn meerdere stoffen te verwijderen, zoals allergenen, bacteriën, virussen, ammoniak (NH₃), lachgas (N₂O), stikstofoxiden (NO_x), fijnstof (PM₁₀ en PM_{2,5}), waterstofsulfide (H₂S), methaan (CH₄), schimmelsporen en vluchtige organische stoffen (VOS).

<https://faton-air.com/hoe-werkt-het/>

<https://faton-air.com/veehouders-lucht-ammoniak-oplossing/>

<https://faton-air.com/pluimveehouders/>

(geraadpleegd 25 november 2023)

En:

[TNO-2022-R11245](#)

1.3 Toegepast ionisatiesysteem Faton

In de proef is gestart met een opstelling van 5 apparaten: 3 FA-505T units in het begin van het luchtkanaal en 2 FA-504T-H units aan het einde. Deze units hebben een equivalent van 20 ionisatiebuizen zoals onderdeel van de FA-505T. In fase 3 – zie tabel in paragraaf 2.2 - zijn units bijgeplaatst aan het begin van het luchtkanaal. Het totaal equivalent buizen is dan 29 stuks.

Zie bijlage 2 voor aanvullende informatie over ionisatiesystemen en de plaatsing.

1.4 Meetstrategie

Het karakter van dit onderzoek betreft een 'proof of concept'. Daarom is voor de volgende meetstrategie gekozen:

- Een geplande meetperiode van 4 weken, ongeveer halverwege een groeicyclus (ronde) van de vleesvarkens. De emissie van ammoniak en fijnstof is dan zodanig dat effect van de geplaatste ionisatiesystemen goed zichtbaar moet zijn.
- Meting in 2 zoveel mogelijk gelijke afdelingen, zogenaamde 'case control metingen'. Een afdeling waar de proef plaats vind – ionisatiesystemen van Faton – en een afdeling als referentie. De proef- en referentie-afdeling zijn bouwkundig gelijk, de dieren zijn gelijktijdig opgelegd en het management (voerstrategie en – samenstelling, lichtregime, bezettingsgraad ed) is hetzelfde geweest.
- Continue metingen voor ammoniak (NH₃) en ventilatie in beide afdelingen
- Continue ondersteunende metingen voor CO₂, temperatuur (T) en relatieve luchtvochtigheid (RV)
- 2x 24-uurs meting fijnstof (PM₁₀) in beide afdelingen
- Controlemetingen voor ammoniak. Hiervoor is 2x met kitegawa-buisjes gemeten en is 3x de nat-chemische methode gebruikt volgens Mosquera e.a. (2019), met spectro-fotometrische bepaling in het laboratorium van Wageningen Livestock Research (WLR).

De dagen waarop handelingen aan het ionisatiesysteem hebben plaatsgevonden zijn weggelaten uit de berekeningen en resultaten. De concentraties zijn niet gecorrigeerd voor achtergrondwaarden; deze zijn gelijk verondersteld voor beide afdelingen. De achtergrondwaarden zijn niet gemeten maar als laag ingeschat omdat de luchtlaat/zijkant van de stal grenst aan open veld. Andere bronnen (stallen) van ammoniak of fijnstof bevinden zich op een afstand van orde grootte 100 meter of meer.

1.5 Meetlocatie

De metingen zijn uitgevoerd op een bedrijf met vleesvarkens. In een stal met 14 afdelingen zijn twee gelijke afdelingen gekozen. Deze proef- en referentie-afdeling liggen aan dezelfde zijde van de centrale gang, allebei ongeveer halverwege de stal. De afdeling waren bouwkundig gelijk en boden plaats aan 208 vleesvarkens. De afdelingen werden elk afzonderlijk geventileerd met 2 dezelfde ventilatoren, waarbij 1 ventilator voorzien was van een meetwaaier. Het ventilatieniveau werd automatisch geregeld om een ingestelde afdelingstemperatuur te behouden. De ventilatie is temperatuur-gestuurd en gericht op een realisatie van een zo stabiel mogelijke omgevingstemperatuur passend bij leeftijd en diergewicht, binnen de bandbreedtes van de ingeregelde min-max ventilatie per kg. aanwezig diergewicht.

De ventilatoren blazen de lucht in het centrale luchtkanaal dat in de lengte door de nok van de stal loopt. Het luchtkanaal is aangesloten op een luchtwasser.

Zie bijlage 1 voor verdere gegevens.

1.6 Meetapparatuur

Metingen zijn uitgevoerd met apparatuur van WLR. In onderstaande tabel is aangegeven welke apparatuur is gebruikt. Het analoge signaal van de sensoren voor continue metingen van de ammoniak- en kooldioxideconcentratie, temperatuur en luchtvochtigheid en het pulssignaal van de meetwaaier zijn aangesloten op een datalogger van Campbell Scientific (type CR1000X). Deze stuurt de gegevens dagelijks door naar een dataserver van WLR. In bijlage 3 zijn de meetinstrumenten en het meetprincipe kort beschreven.

Tabel 1 Overzicht gemeten parameters en meetapparatuur.

Parameter	Leverancier	Type
Ammoniakconcentratie - continu	Dräger	Polytron 8000 met FL-6813260 sensor
Ammoniakconcentratie - referentie	Meerdere – voor gaswasflessen, gasstroommeter en pomp	Zie bijlage 3
Fijnstof concentratie(PM ₁₀)	TSI	DustTrak™ II Aerosol Monitor 8530
Ventilatie-debiet	Stienen	Meetwaaier Ø 56 cm
CO ₂	Vaisala (NDIR-sensor)	CARBOCAP® GMP252 sensor
Temperatuur en luchtvochtigheid	Vaisala (T en RV sensor)	HMP60

De concentratiemeting van ammoniak kent een dubbele borging:

1. In het laboratorium is met de Drägers P8000 een kalibratie uitgevoerd met standaard kalibratiegassen (gouden standaard). Met behulp van een verdunningsapparaat zijn daarmee verschillende concentraties aangemaakt en aan de meetinstrumenten aangeboden. Deze methode is nader omschreven in Mosquera et al (2021).
2. In de praktijk is daarnaast een veldcorrectie uitgevoerd voor de NH₃-sensor met de nat-chemische methode volgens Mosquera e.a. (2019), met spectro-fotometrische bepaling van concentraties in het laboratorium van Wageningen Livestock Research (WLR). Op basis van deze veldmetingen worden gemeten concentraties van ammoniak en kooldioxide bijgesteld zoals beschreven in Mosquera et al, 2021.

De meetapparatuur voor fijnstof (PM₁₀) wordt voor ieder gebruik gecontroleerd met schone lucht. Daaruit volgt een offset die als correctiewaarde is toegepast bij het verwerken van de meetgegevens.

De CO₂ sensoren zijn op dezelfde manier gekalibreerd als beschreven bij punt 1 van de ammoniakmeting.

De T en RV sensor en de meetwaaier zijn door WLR gecontroleerd voor gebruik.

2 Uitvoering en resultaten

2.1 Uitvoering proef

De geplande meetduur was 4 weken, te starten enkele weken nadat de biggen opgelegd waren. De meetperiode is in de uitvoering uitgebreid tot ongeveer 2 maanden tussen 22 juli en 21 oktober 2023 en ingedeeld zoals weergegeven in tabel 2.

Tabel 2 Verloop meetperiode.

Datum	Gebeurtenis
22 juli	Biggen opgelegd in afdeling 38 (referentie) en 40 (proef); start continue metingen WLR
31 juli	Ionisatiesystemen (20 buizen) geplaatst en ingeschakeld in proefafdeling
30 aug	Referentiemeting ammoniak en fijnstof meting
4 sept	Ionisatiesystemen uitgezet
14 sept	Extra ionisatiesystemen geplaatst (9 buizen extra, +35% vermogen) en alle systemen weer ingeschakeld in proefafdeling
18 sept	Referentiemeting ammoniak en fijnstof meting
11 okt	Ionisatiesystemen uitgezet
16 okt	Referentiemeting ammoniak
21 okt	Einde continue metingen WLR

Deze uitvoering maakt het mogelijk om de resultaten op 2 manieren te beoordelen:

- Door vergelijk van proefafdeling met de referentie-afdeling; case-control in ruimte
- Door vergelijk van perioden in de proefafdeling waarop de ionisatiesystemen wel/niet ingeschakeld waren; case-control in tijd. Waarbij van belang is te beseffen dat de productie van ammoniak en fijnstof in de tijd toenemen door groei van de vleesvarkens.

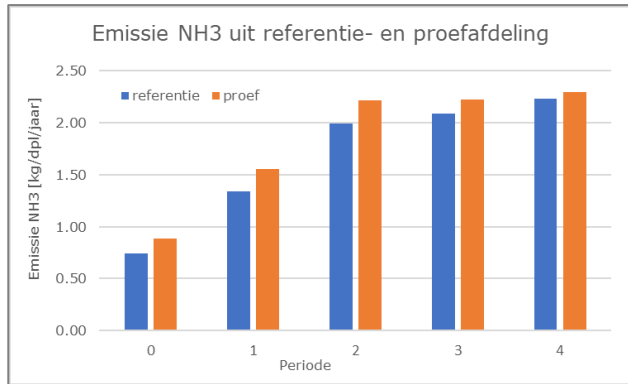
2.2 Resultaten ammoniak

De resultaten voor ammoniak zijn in tabel 3 en de figuren 3.1 tot en met 3.3 weergegeven. Het ventilatiedebiet is in figuur 3.6 getoond.

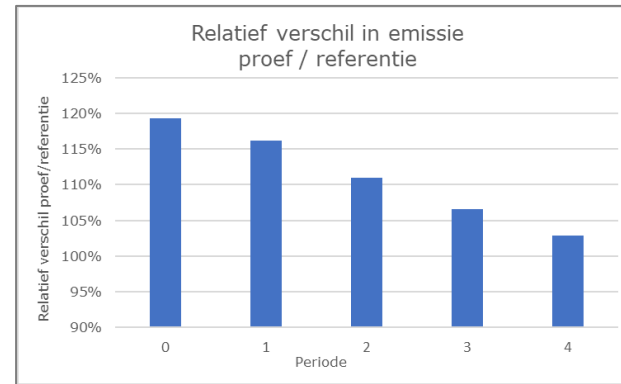
De emissie is bepaald door het uurgemiddelde van de concentratie te vermenigvuldigen met het uurgemiddelde van het ventilatiedebiet van de betreffende afdeling. Het betreft de emissie van de afdeling; de stal is uitgerust met een luchtwasser, waardoor de werkelijke emissie naar de buitenlucht vanuit die afdelingen lager zal zijn.

Tabel 3 Ammoniakconcentratie en -emissie van proef- en referentie-afdelingen in de onderscheiden perioden; dpl = dierplaats.

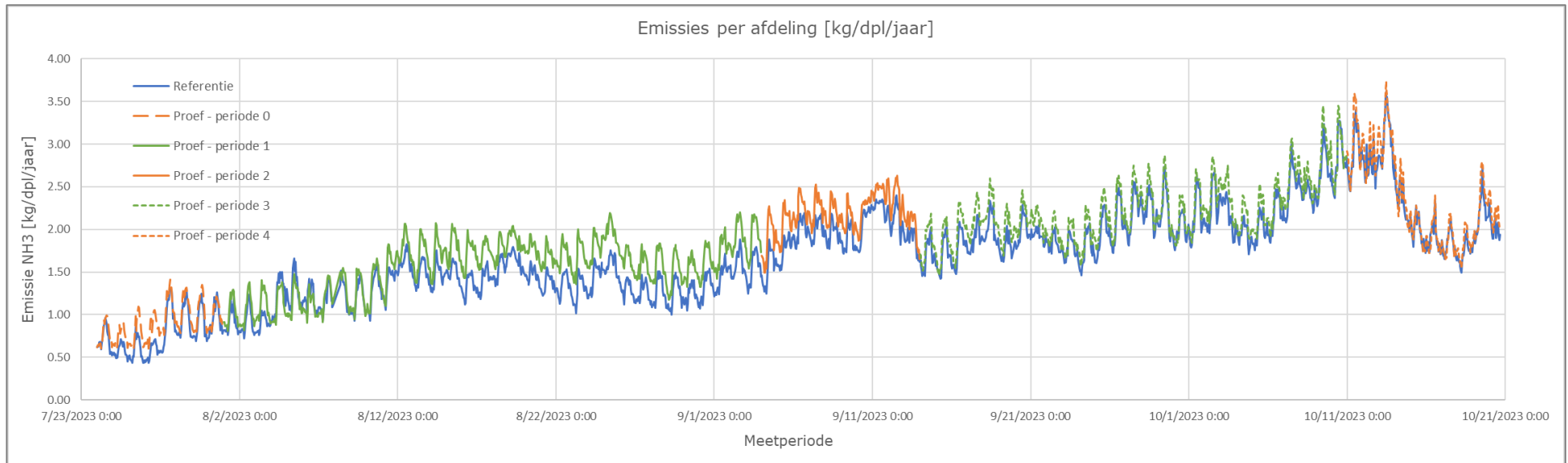
Periode		# buizen aan	Gemiddelde conc. NH ₃ [ppm]		Ventilatie [m ³ /dpl/uur]		Gemiddelde emissie NH ₃ [kg/dpl/jaar]	
nr.	tijdvak		Referentie	Proef	Referentie	Proef	Referentie	Proef
0	24 - 30 juli	0	8,14	8,08	7,30	8,84	0,74	0,89
1	1 aug - 3 sept	20	8,15	8,69	13,57	14,44	1,34	1,55
2	5 - 13 sept	0	8,09	8,82	19,93	20,27	1,99	2,21
3	15 sept - 10 okt	29	8,75	9,22	19,32	19,54	2,09	2,23
4	12 - 21 okt	0	10,63	10,79	16,98	17,15	2,23	2,29



Figuur 3.1 Gemiddelde emissies van ammoniak (NH₃) in kg per dierplaats per jaar per afdeling in de perioden genoemd in tabel 3.



Figuur 3.2 Relatief verschil (proef/referentie) in de gemiddelde emissies van ammoniak (NH₃) in kg per dierplaats per jaar tussen de afdelingen in de perioden genoemd in tabel 3.

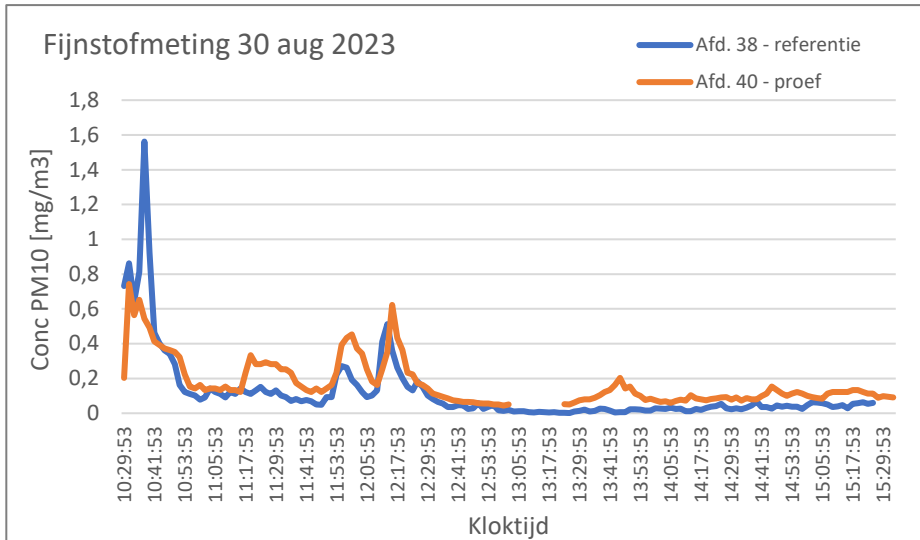


Figuur 3.3 Verloop van emissies van ammoniak in kg/dierplaats/jaar in de afdelingen 38 (referentie) en 40 (proef).

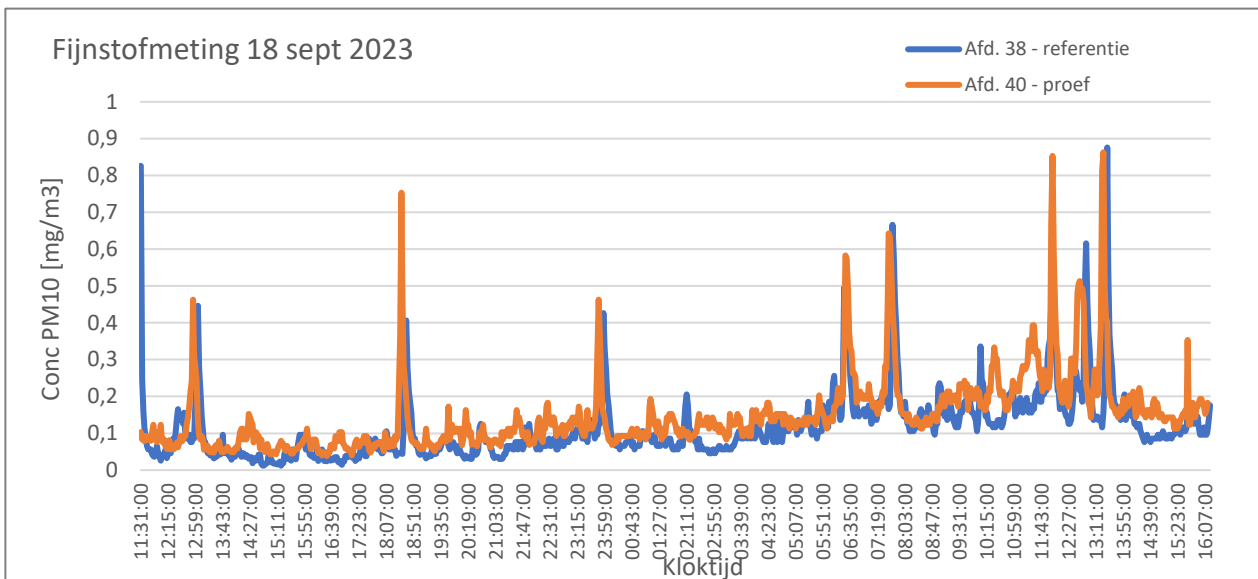
2.3 Resultaten fijnstof

De resultaten voor fijnstof zijn weergegeven in de figuren 3.4 en 3.5.

Op 30 augustus is de meting in de proefafdeling na 5 uur geëindigd ten gevolge van een stroomstoring; op 18 september is de beoogde 24 uur gemeten.



Figuur 3.4 Fijnstofconcentraties in mg/m^3 op 30 augustus, periode 1, in de referentie- en proefafdeling.

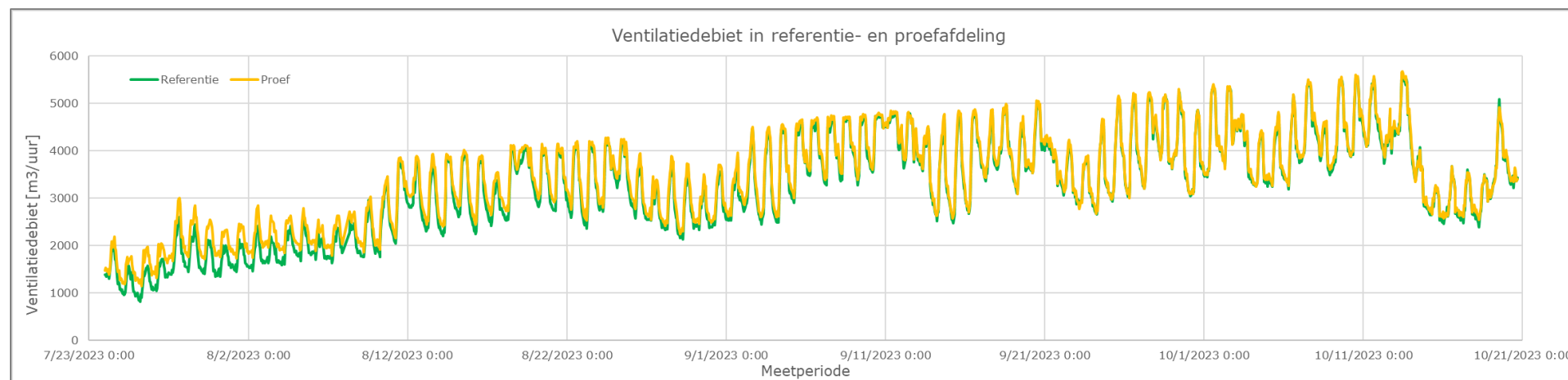


Figuur 3.5 Fijnstofconcentraties in mg/m^3 op 18 september, periode 3, in de referentie- en proefafdeling.

2.4 Overige metingen en waarnemingen

2.4.1 Ventilatie-debiet

De klimaatcomputer reguleert het ventilatie-debiet in de afdelingen op basis van o.a. de gemeten en gewenste afdelingstemperatuur. Het benodigde debiet wordt sterk beïnvloed door de buitentemperatuur. In figuur 3.6 is dat te zien aan dagelijkse fluctuaties in debiet.



Figuur 3.6 Ventilatie-debiet van de referentie- en proefafdeling in m³/uur tijdens de meetperiode.

2.4.2 Dieren en hokken

Op het oog beoordeeld door meettechnici van WLR tijdens bezoeken, waren de biggen in de referentie-afdeling bij opleg iets lichter. De hokbevuiling was – op het oog beoordeeld – in de referentie-afdeling de eerste weken minder dan in proefafdeling. Na verloop van tijd (half september) waren beide verschillen niet meer waarneembaar.

Bij de start van de ronde zijn in beide afdelingen 208 dieren opgelegd. Aan het eind van de meetperiode waren in de proefafdeling nog 203 dieren aanwezig en in de referentieafdeling nog 202 dieren. De uitval is in beide afdeling behoorlijk gelijkmatig in de tijd verlopen, zodat het aantal dieren in beide afdelingen altijd nagenoeg gelijk is geweest.

2.4.3 Meetresultaten CO₂, T en RV

De parameters concentratie CO₂, de temperatuur (T) en relatieve luchtvochtigheid (RV) zijn gemeten in de hele meetperiode in beide afdelingen gemeten. In periode 0 is de dataset van CO₂-waarden onvolledig en is het gemiddelde daarom weggelaten.

Tabel 4 Concentratie CO₂, temperatuur en relatieve luchtvochtigheid in de proef- en referentie-afdelingen in de onderscheiden perioden.

Periode		# buizen aan	Gemiddelde conc. CO ₂ [ppm]		Gemiddelde temperatuur [graden Celcius]		Gemiddelde luchtvochtigheid [%]	
nr.	tijdvak		Referentie	Proef	Referentie	Proef	Referentie	Proef
0	24 – 30 juli	0	n.b.	n.b.	27,2	27,7	54,4	50,9
1	1 aug - 3 sept	20	1563	1715	27,3	27,7	54,6	49,6
2	5 - 13 sept	0	1381	1573	28,0	28,3	56,6	50,8
3	15 sept - 10 okt	29	1606	1715	25,9	26,1	56,0	51,1
4	12 – 21 okt	0	1842	1934	24,4	24,7	54,8	51,4

3 Discussie en conclusie

3.1 Discussie

De emissie van ammoniak in de proefafdeling is over de hele meetperiode, behalve de eerste periode (periode 0), (iets) hoger dan in referentieafdeling. Dat is ook het geval als het ionisatiesysteem aan staat, zie figuren in paragraaf 2.2.

De emissies van ammoniak laten in de beide afdelingen een grotendeels gelijk (dag)patroon zien. Ook de concentraties fijnstof tonen een gelijk patroon in beide afdelingen. De pieken vallen samen met de 4 voermomenten op een dag. Uit het voer zelf komt fijnstof vrij en ook dieractiviteit veroorzaakt fijnstof (o.a. huidschilfers).

De opzet van de proef is een case-control in ruimte: 2 afdelingen die zoveel als mogelijk gelijk zijn. De bemeten afdelingen hebben een zelfde bouw en ligging in de stal. Ook het voer en het management zijn hetzelfde geweest en de biggen zijn gelijktijdig opgelegd.

Bij een case-controle opzet van een proef blijken er in de praktijk toch verschillen te kunnen optreden. In dit onderzoek is een blijvend verschil in luchtvochtigheid en een afnemend verschil in CO₂-concentratie en ventilatiedebiet gemeten naarmate de dieren ouder werden. De genoemde verschillen in gewicht (visueel beoordeeld) tussen beide afdelingen ondersteunen het gemeten verschil in ventilatie. De warmte- en CO₂-productie in de afdelingen is sterk gecorreleerd aan het totale gewicht van de dieren in de stal. Gegeven de gelijke opleg en aantal dieren is het verloop van het ventilatiedebiet een goede indicator voor het totale diergewicht in de afdeling en de onderlinge vergelijkbaarheid van de proef- en referentieafdeling.

De proef is opgezet als case control tussen 2 gelijke afdelingen. Daarnaast is in proefafdeling het ionisatiesysteem in periode 2 en 4 uitgeschakeld. Dat is een case control in de tijd. Een direct vergelijk van de perioden waarin het ionisatiesysteem wel resp. niet is ingeschakeld is niet mogelijk. Door de tijd heen neemt het gewicht van de dieren en de productie van ammoniak en fijnstof toe. Wel is het mogelijk om te beoordelen of het verschil in emissie tussen afdelingen anders is als het ionisatiesysteem wel resp. niet is ingeschakeld. Een verandering van dat verschil toont het effect van het ionisatiesysteem. De emissie van ammoniak uit de proefafdeling laat geen verschil of sprong zien in figuur 3.3 na het in- of uitschakelen van het ionisatiesysteem.

Het verwachte effect (zie paragraaf 1.1) van het ionisatiesysteem op de concentraties en emissies van ammoniak en fijnstof is niet waargenomen.

Oorzaken kunnen zijn:

- de geproduceerde ionen door het ionisatiesysteem hebben niet het gedachte effect op ammoniakmoleculen en fijnstofdeeltjes;
- de hoeveelheid ionen die de proefafdeling komt is in verhouding tot de hoeveelheid ammoniak en fijnstof te laag om tot meetbare verschillen in concentraties ammoniak en fijnstof te leiden.

Mogelijke redenen:

- o De productiecapaciteit van het ionisatiesysteem is relatief laag → te weinig ionen
- o De plaatsing van de systemen in het ventilatiesysteem is niet optimaal → ionen komen niet tijdig op leefniveau van de vleesvarkens of niet alle lucht wordt voorzien van beoogd aantal ionen

3.2 Conclusie

In een "proof of principle" studie op basis van een case-control opzet is het effect van het zogenaamde BiPolaire Plasma Ionisatie van Faton B.V. op emissies en concentratie van ammoniak en fijnstof in een vleesvarkensstal onderzocht.

Het geïnstalleerde ionisatiesysteem heeft, met het in deze studie gekozen vermogen en de gekozen positionering van het systeem in de luchtinlaat, geen waarneembaar effect gehad op de concentraties en emissies van ammoniak en fijnstof. De emissie uit de proefafdeling is niet lager dan die uit de referentieafdeling. Het verschil in concentratie en emissie tussen referentie- en proefafdeling wijzigt niet als het ionisatiesysteem wordt in- of uitgeschakeld.

De locatie en afdelingen bleken een goede case-control opzet te bieden. De concentratie, emissie en het ventilatiedebiet komen goed overeen in de perioden (2 en 4) waarin het ionisatiesysteem is uitgeschakeld.

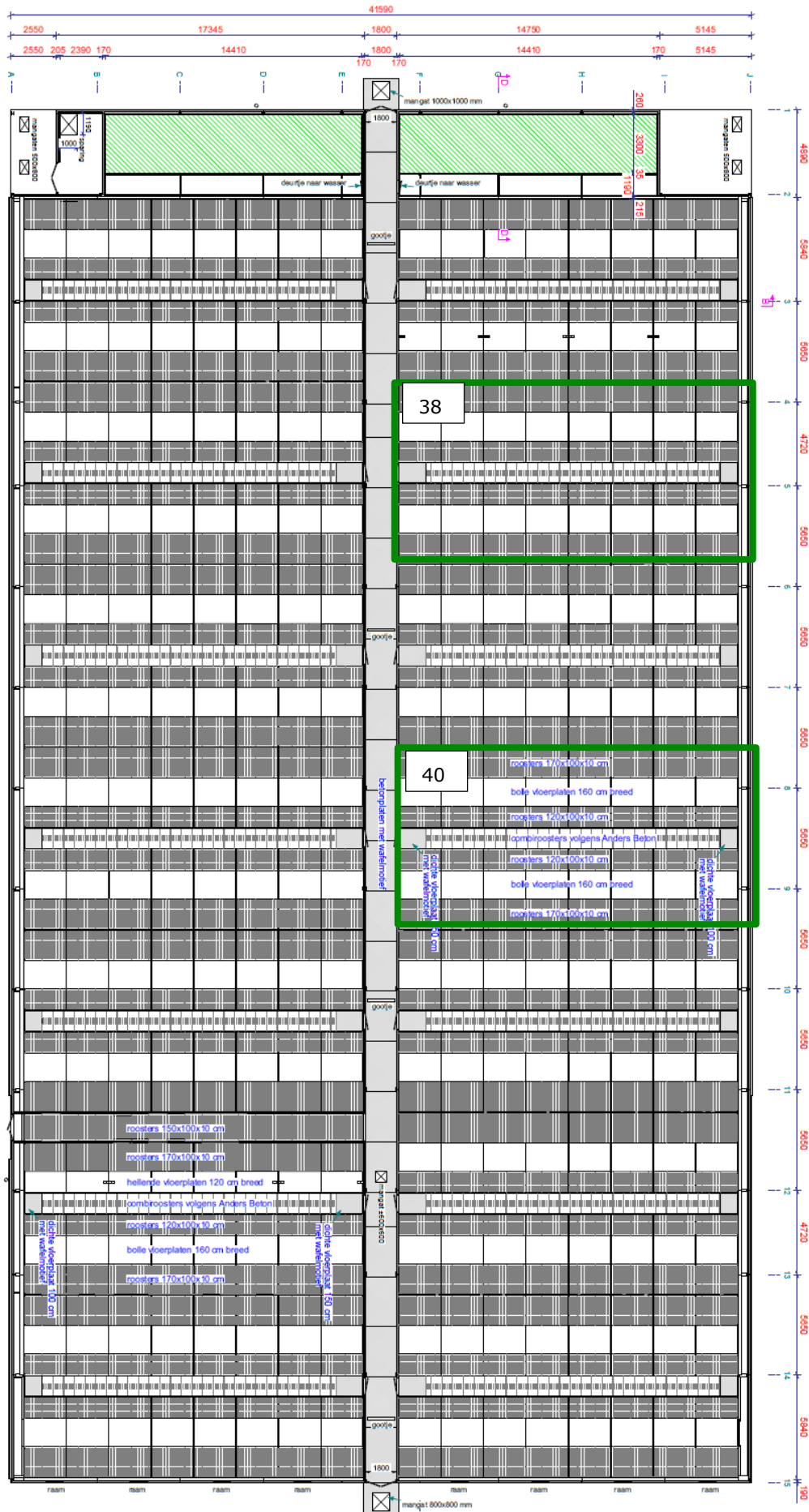
Literatuur

- Kompatscher, K., A.A.L. Traversari, 2022; Literatuurstudie naar de toepassing van verschillende luchtreinigingsmethoden voor inactivatie van microbiologische verontreinigingen, TNO-rapport 2022 R11245
- Melse, R.W., J.P.M. Ploegaert, N.W.M. Ogink. 2016. Laboratory tests of Draeger Polytron 8000 with FL-6813260 sensor for NH₃ measurement. Wageningen Livestock Research Report 972
- Mosquera, J., J.P.M. Ploegaert, en G.C.C. Kupers. 2019. Determination of ammonia concentrations in air from livestock housing systems. Reference method using gas washing as applied by Wageningen Livestock Research. Wageningen Livestock Research Rapport 1187.
- Mosquera, J., J.P.M. Ploegaert, G.M. Nijeboer, J.M.G. Hol, R.W. Melse, en N.W.M.Ogink. 2017. Onderzoek naar de nauwkeurigheid van een nieuw type sensor voor ammoniakconcentraties in stallucht.
- Mosquera, J., H.J.C. van Dooren, J.M.G. Hol, J.P.M. Ploegaert, N.W.M. Ogink, 2021; Monitoring van methaan-, ammoniak-, en lachgasemissies uit stallen voor biggen, dragende zeugen en vleesvarkens; Praktijkmetingen in de periode oktober 2018-oktober 2020, 2022. Wageningen Livestock Research, Openbaar Rapport 1377.

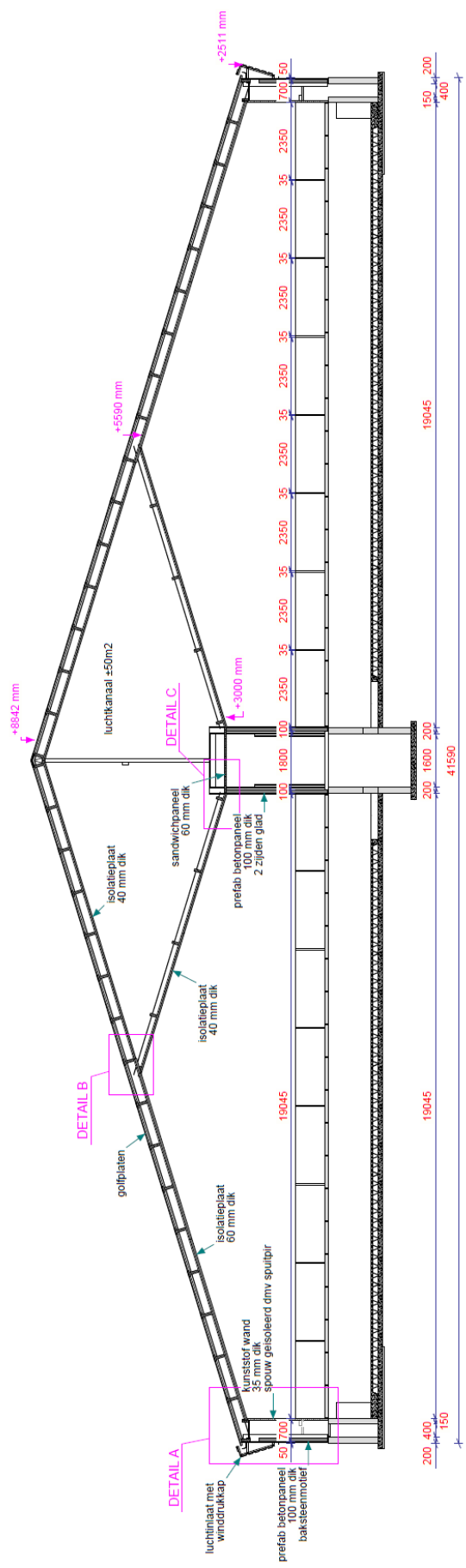
Bijlage 1 Proeflocatie

Parameter of variabele	Beschrijving of waarde
<i>Stal</i>	
Bouwjaar	2020
Rav code	Rav D 3.100 overige huisvestingssystemen. De stal is voorzien van een biologische combi luchtwasser. De metingen voor de proeven worden gedaan in de afdelingen en ventilatiekanalen voordat de lucht de luchtwasser is gepasseerd. Omstandigheden bij de metingen zijn daarom te zien als huisvestingssysteem Rav D 3.100. Voordat dat de lucht uit de afdeling de stal verlaat, passeren deze nog de luchtwasser, wat de emissie van NH ₃ en PM ₁₀ flink verlaagt.
Emissie factoren	Ammoniak: 3 kg/dierplaats per jaar Geur: 23 OUE/dierplaats per seconde PM ₁₀ : 153 g/dierplaats per jaar
Oriëntatie van de stal	Noordoost (voorzijde) – Zuidwest (achterzijde)
Aantal afdelingen	14 De stal heeft in een centrale gang (van voor naar achter; d.w.z. in de lengterichting lopend) met 7 afdelingen per kant van de centrale gang; 14 afdelingen in totaal. Eén afdeling (nummer 44) is een ziekenboeg en meet ongeveer 75% van de oppervlakte van de andere 13 volwaardige afdelingen.
Aantal hokken	224 Iedere afdeling heeft een centrale voergang (loodrecht op de centrale gang) met 8 hokken aan iedere kant, 16 in totaal
Aantal dierplaatsen	2856 - 13 afdelingen × 16 hokken per afdeling × 13 biggen per hok = 2704 - 1 afdeling × ((8 hokken × 13 biggen) + (8 hokken × 6 biggen)) = 152
<i>Afdelingen</i>	
Afmetingen	19.04 m lengte 10.22 m breedte 3.00 m hoogte (plafond hoogte bij centrale gang) 2.51 m hoogte (plafond hoogte bij buiten zijde) 5.59 m hoogte (plafond hoogte bij interne nok)
Aantal hokken	16 hokken per afdeling
Aantal dierplaatsen	208 per afdeling
<i>Hokken</i>	
Afmetingen	4.50 m lengte 2.35 m breedte
Oppervlakte van een hok	10.58 m ²
Aantal dieren per hok	13
Oppervlakte per dier	0.81 m ² per dierplaats
Vloerindeling	De lengte (van voergang tot achterwand; 4.50 m) van ieder hok is bestaat uit: 1.20 m betonnen roosters 1.60 m dichte betonnen vloer (bol) 1.70 m betonnen roosters De afmetingen komen overeen met 60% roostervloer 40% dichte vloer. De vloeren zijn gecoat voor extra hygiëne

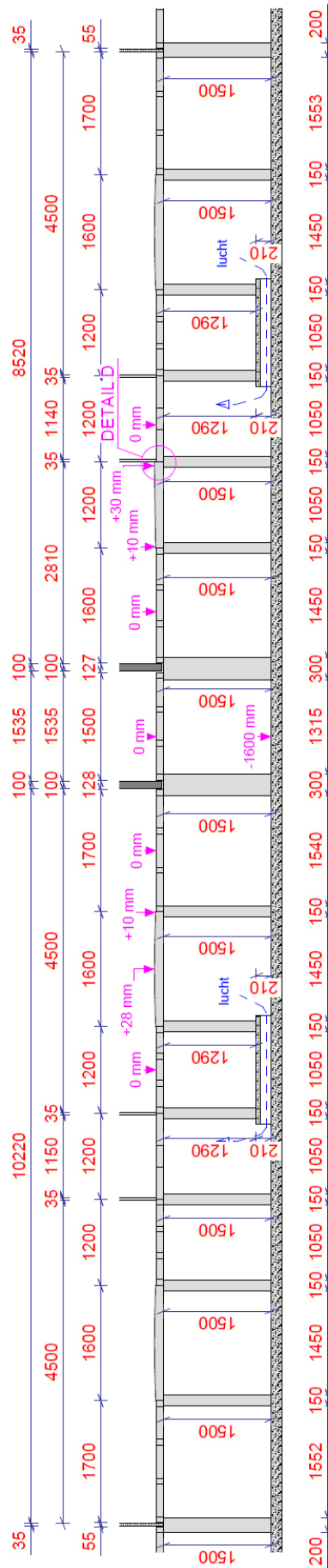
Parameter of variabele	Beschrijving of waarde
<i>Mest en putten</i>	
Locatie, diepte, type wand	- Onder de roostervloeren en onder een van de twee dichte vloeren per afdeling (1.50 m diep; verticale muren). De putruimte onder de andere dichte vloer is verbonden met de verse lucht kanaal, verbonden met het luchtkanaal onder de voergang. - Onder de centrale gang (2.50 m diep). Mest uit de putten in de afdelingen kan naar de put onder de centrale gang worden afgevoerd door middel van kleppen
Mest verwijdering	Ongeveer twee keer per jaar. Mest gaat naar een mestverwerkingsinstallatie of naar een akkerbouwer
<i>Ventilatie</i>	
Lucht inlaat	Inlaatopening in de buitenste muur van de spouwmuur -> verse lucht stroomt door de muurspouw naar beneden tot onder de stal -> verder door het luchtkanaal onder een van de vloeren van elke afdeling -> verder door buizen/openingen naar het luchtkanaal onder de voergang -> omhoog door de roostervloer van de voergang de afdeling in. In de spouwmuur is een watervernevelingssysteem aanwezig, dat op warme dagen de temperatuur van de binnenkomende lucht verlaagt.
Lucht afvoer	Twee ventilatiekokers in het plafond, uitgerust met kleppen en een anemometer/meetwaaier voor het regelen en meten van het luchtdebiet (Ø 80 cm; Stienen, Nederweert, Nederland; type: AQC Air control unit). In elke afdeling is één van de twee kokers uitgerust met een meetventilator.
Verwarming	Vloerverwarmingsbuizen in de dichte vloer van de hokken. Het water in het systeem circuleert door de stal, waardoor de warmte van oudere naar jongere varkens wordt overgedragen (er is dus geen externe warmtebron).
<i>Voer, water, licht</i>	
Voersysteem	Brijvoer in een trog aan de hokwand tussen elke twee aangrenzende hokken; één trog per twee hokken
Voertijden	Vier keer per dag (05:30, 11:00, 16:30, 21:30)
Voer	Brijvoer wordt geproduceerd in een voerkeuken op het bedrijf. Het voer is samengesteld uit zowel droge als natte ingrediënten, gekocht en gemengd door de boer zelf. Het voer wordt gemengd in een driefasensysteem
Drinksysteem	Water wordt geleverd door middel van het brijvoer en een drinknippel in een aparte drinkbak in elk hok.
Drinktijden	Vier keer per dag (06:00, 12:00, 18:00, 00:00)
Lichtstelsysteem	Kunstlicht via Led-lampen in een rij boven elk hok Geen toetreding van daglicht
Licht schema	Verlichting aan tijdens inspectie rondes
<i>Productiecyclus</i>	
Gewicht ontwikkeling	20-25 kg levend gewicht bij de start 95 kg levend gewicht bij aflevering In de stal zijn 2 oplegmomenten; opleg 2-3 weken na elkaar; biggen afkomstig van 1 fokker
Leegstand	3 dagen



Figuur B1.1 Plattegrond van de stal (maten in mm).



Figuur B1.2 Dwarsdoorsnede van de stal (maten in mm).



Figuur B1.3 Dwarsdoorsnede van de stal (maten in mm).



Figuur B1.4 Plafond van de afdeling met twee ventilatiekokers naar het centrale ventilatiekanaal.



Figuur B1.5 Voegang en hokken in een afdeling.

Noot: door de spleten in de voegang komt de frisse lucht de afdeling in.



Figuur B1.4 Brijvoer aanvoer door buis.



Figuur B1.5 Doorgang naar spouw.

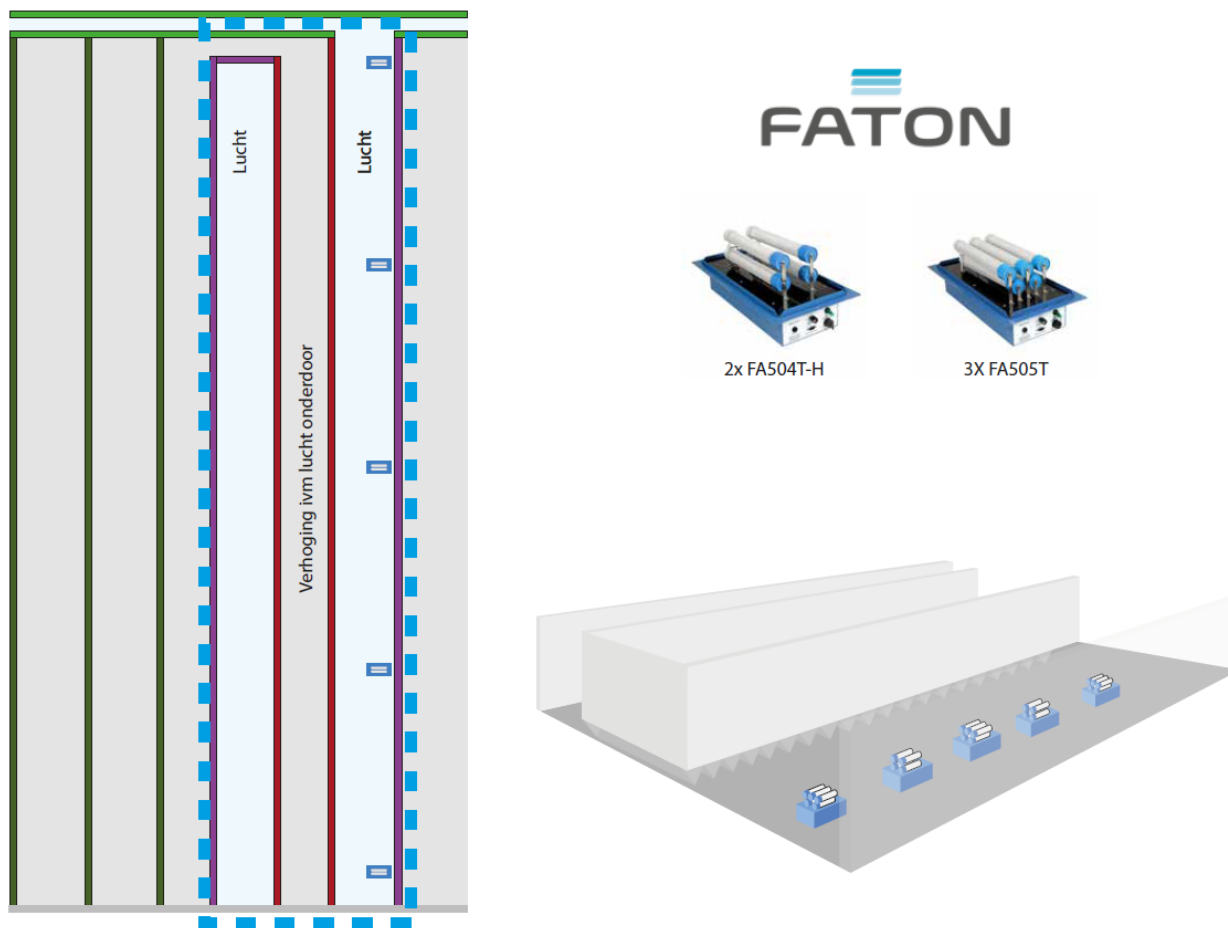
Links: luik in de binnenmuur van de spouwmuur dat toegang geeft tot de spouwmuur vanuit de voergang vanuit de afdeling. Via de spouw is de toegang naar het luchtkanaal waar het ionisatiesysteem is geplaatst. Rechts: foto genomen in de spouw. De linker muur is de buitenmuur, de rechter muur is de binnenmuur. De bruine bedekking is isolatiemateriaal dat op de muren is gespoten. Verse lucht komt de spouw binnen via de opening in de buitenmuur en stroomt naar beneden tot onder de afdelingen. Aan het plafond van de spouw zijn sproeiers zichtbaar die een watermist sproeien om de temperatuur van de binnenkomende lucht te verlagen door verdampingskoeling.

Bijlage 2 Ionisatie apparatuur

Overzicht van positie van de ionisatie apparatuur in het luchtinlaatkanaal van de proefafdeling.

De tekening en aangegeven apparatuur geeft de situatie weer van periode 1.

Voorafgaand aan periode 3 is bij de luchtinlaat vanuit de spouw (rechtsboven op de tekening) extra apparatuur geplaatst met 9 ionisatiebuizen. Het totaal ionisatiesysteem heeft dan in totaal 29 buizen van het formaat zoals op de FA505T gemonteerd.



Figuur B2.1 Plaatsing ionisatiesysteem (© Faton).



Figuur B2.2 Ionisatiesysteem in het luchtkanaal (© Faton).

PRODUCT SPECIFICATION


FA-504T-H

SPECIFICATIONS

Product Information	
Adaptive air volume	8500 CFM (11000 m³/h)
Application area	400 m²
Shell material	Metal material
Weight	8.0 kg
Product size	545*280*230 mm
Noise	≤20 dB

Electrical	
Rated Voltage	220V AC / 240V AC
Frequency	50 / 60 Hz
Power	20W

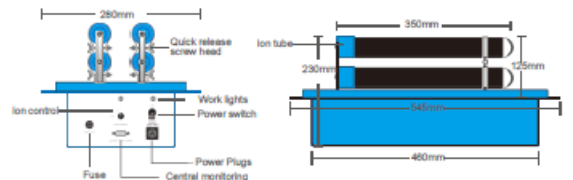
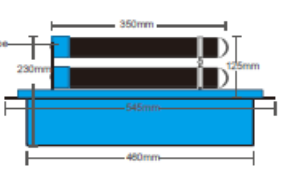
Ionization Tube	
Quantity	4 pcs
Size	350 mm
Estimated Tube Life	17000 Hours
Material	Various composite materials, stainless steel outer mesh




APPLICATION

FA-504T-H ionization system is designed to be mounted in the supply air duct or air handling system of a heating, cooling or ventilation system. Power to the unit can be controlled with an optional air pressure differential switch or interlocked with the HVAC fan operation, provided the power delivered to the unit does not exceed its rated voltage. Ionization intensity can be adjusted with a three-step knob on the unit. Power to the unit can be turned off at the unit or quick disconnect at the power cord.

Optional/Avilable:
 1)Air Pressure Switch
 2)Remote Monitoring Panel
 3)Intas Intensity Control



Figuur B2.3 Productspecificaties (© Faton).

Productspecificaties: zie:

[Faton In-Duct Series – Faton Air | Europe \(faton-air.com\)](https://www.faton-air.com)

Geraadpleegd op 13 november 2023

PRODUCT SPECIFICATION


FA-505T

SPECIFICATIONS

Product Information	
Adaptive air volume	7500 CFM (12750 m³/h)
Application area	500 m²
Shell material	Metal material
Weight	8.3 kg
Product size	545*280*220 mm
Noise	≤20 dB

Electrical	
Rated Voltage	220V AC / 240V AC
Frequency	50 / 60 Hz
Power	34W

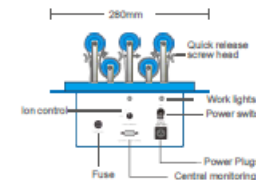
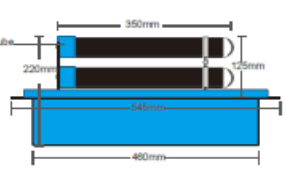
Ionization Tube	
Quantity	5 pcs
Size	350 mm
Estimated Tube Life	17000 Hours
Material	Various composite materials, stainless steel outer mesh




APPLICATION

FA-505T ionization system is designed to be mounted in the supply air duct or air handling system of a heating, cooling or ventilation system. Power to the unit can be controlled with an optional air pressure differential switch or interlocked with the HVAC fan operation, provided the power delivered to the unit does not exceed its rated voltage. Ionization intensity can be adjusted with a three-step knob on the unit. Power to the unit can be turned off at the unit or quick disconnect at the power cord.

Optional/Avilable:
 1)Air Pressure Switch
 2)Remote Monitoring Panel
 3)Intas Intensity Control



Bijlage 3 Meetapparatuur

Ammoniak – continue meting

Het instrument dat tijdens dit onderzoek door WLR is gebruikt om de NH_3 -concentraties in de afdelingen continue te monitoren (Figuur B3.1) is gebaseerd op de diffusie van lucht door een membraan in de vloeibare elektrolytoplossing van een elektrochemische sensor (Dräger Polytron 8000 met de FL-6813260 sensor). In deze elektrolytoplossing is een aantal elektroden geplaatst. In de elektrolytoplossing vindt een chemische omzetting plaats. De omvang van deze omzetting is een maatstaf voor de hoeveelheid aanwezig NH_3 in het luchtmonster. De prestatiekenmerken van dit instrument in het lab en onder praktijkomstandigheden zijn door respectievelijk Melse e.a. (2016) en Mosquera e.a. (2017b) beschreven



Figuur B3.1 Dräger Polytron 8000 met de FL-6813260 sensor voor NH_3 -concentratiemetingen.

Ammoniak – referentiemetingen natchemisch met wasflessen en impingers

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



Figuur B3.2 Meetopstelling WLR voor NH_3 -referentiemetingen. Links: wasflessen. Midden: Droge gasstroommeter (DryCal® Defender 510-m, Bios Int. Corp, VS). Rechts: pomp (Thomas Industries Inc., model 617CD32, Wabasha, Minnesota, VS), monsternamleiding (teflon of polyethyleen) en kritische openingen (borosilicaatglas (diameter: 8 mm; lengte: 80 mm), gehuisvest in a roestvrijstaal container voor bescherming).

Fijnstof (PM10)

De concentratie van fijnstof (PM₁₀; mg/m³) is gemeten met een DustTrak apparaat (DustTrak™ Aerosol Monitor, 8530, TSI Inc., Shoreview, USA). De PM₁₀-concentratie werd elke seconde gemeten en als tweeminutengemiddelden gelogd in het geheugen van de DustTraks.



Figuur B3.3 Dusttrack 8530.

Ventilatie

Het ventilatiedebiet in de bemeten afdelingen werd bepaald door het signaal van de al aanwezige meetwaaiers elke 5 minuten in een datalogsysteem (CR1000X; Campbell Scientific Inc., Logan, VS) op te slaan. Op basis van het opgeslagen signaal en de kalibratielijn voor de verschillende meetwaaiers is het ventilatiedebiet bepaald.



Figuur B3.4 Meetwaaier.

(© Stienen - <https://www.stienen.com/aqc/>)

CO₂

Voor het meten van de CO₂-concentraties in stallen is in dit onderzoek door WLR gebruik gemaakt van een passieve Non-dispersive infrared (NDIR)-sensor (Vaisala CARBOCAP® met GMP252 sensor; <https://www.vaisala.com/sites/default/files/documents/GMP252-User-Guide-in-English-M211897EN.pdf>). Het meetprincipe van dit instrument is gebaseerd op de absorptie van infrarood licht door gasmoleculen. Het instrument vergelijkt twee verschillende signalen: 1) door het luchtmonster bloot te stellen aan infrarood licht met een golflengte die door CO₂ wordt geabsorbeerd, en 2) door een golflengte te gebruiken die niet door CO₂ wordt geabsorbeerd. De verhouding tussen deze twee signalen wordt dan gebruikt om de CO₂-concentratie in het luchtmonster te bepalen.



Figuur B3.5 Vaisala CARBOCAP® met GMP252 sensor voor CO₂-concentratie metingen.

Temperatuur en luchtvochtigheid

Specificaties: <https://docs.vaisala.com/v/u/B210851EN-J/en-US>

Handleiding: <https://docs.vaisala.com/r/M211060EN-L/en-US>



Figuur B3.6 Vaisala INTERCAP® met HMP60 sensor voor temperatuur en luchtvochtigheid.

Datalogger

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



Figuur B3.7 Datalogger CR1000X.

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen Livestock Research
Postbus 338
6700 AH Wageningen
T 0317 48 39 53
E info.livestockresearch@wur.nl
www.wur.nl/livestock-research

Wageningen Livestock Research ontwikkelt kennis voor een zorgvuldige en renderende veehouderij, vertaalt deze naar praktijkgerichte oplossingen en innovaties, en zorgt voor doorstroming van deze kennis. Onze wetenschappelijke kennis op het gebied van veehouderijsystemen en van voeding, genetica, welzijn en milieu-impact van landbouwhuisdieren integreren we, samen met onze klanten, tot veehouderijconcepten voor de 21e eeuw.

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.500 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

