

# AFPRØVNING AF FAC COMBI-CLEANER PE LUFTRENSER FRA SKOV A/S I SLAGTEGRISESTALD MED 10 % PUNKTUDSUG (B-TEST)

Pernille Lund Kasper<sup>a</sup>, Simon Wilhelm Yde Granath<sup>b</sup> & Mai Britt Friis Nielsen<sup>a</sup>

<sup>a</sup> SEGES Gris, Den rullende Afprøvning

<sup>b</sup> Ansat ved SEGES Gris ved afprøvningens start

---

## Hovedkonklusion

Afprøvning af en FAC Combi-Cleaner PE luftrensere viste, at ammoniakkoncentrationen blev reduceret med gennemsnitligt 95 % og lugtkoncentrationen med gennemsnitligt 74 % i den del af luften, som blev ledt gennem luftrenseren fra punktudsugningsanlægget.

---

## Sammendrag

SKOV A/S og INNO+ har udviklet en kombineret kemisk og biologisk luftrensere med et syretrin til fjernelse af ammoniak og et biologisk trin til fjernelse af lugt fra punktudsugningsluft. Formålet med denne afprøvning var at teste effekten af luftrenseren på punktudsugningsluft fra en besætning med slagtegrise, samt dokumentere forbrug, stabilitet og omkostninger forbundet med driften af luftrenseren.

Resultaterne viste, at luftrenseren reducerede ammoniakkoncentrationen med 94,6 % og lugtemissionen med 73,9 % i den luft, der blev ledt ud via punktudsugningen. En tidligere test af samme luftrensningsystem viste tilsvarende effekt med 96,8 % reduktion i ammoniak og 79,3 % i lugt [1].

Forbrugsomkostningerne til drift af luftrenseren blev beregnet til 3,3 DKK pr. produceret gris ved rensning af cirka 10 % af den maksimale ventilationskapacitet via punktudsugningen. Heraf er værdien af ekstra kvælstof i gyllen fratrukket. Forbrugsomkostningerne fordeltes til vand, opbevaring og udbringning af lænsevand, syre, skumreducerende middel og el. Vandforbruget pr. produceret gris var 27 liter vand, hvoraf 12 liter blev lænset fra luftrenseren til gylleopbevaring. Syreforbruget udgjorde 1,0 kg svovlsyre pr. produceret gris. Der blev derudover tilsat skumreducerende middel svarende til 0,001 liter pr. produceret gris. Energiforbruget udgjorde 2,2 kWh pr. produceret gris til renseren og 2,2 kWh til ventilation via luftrenseren. Hvis stalden skulle ventileres uden punktudsug og uden luftrensere, ville der skulle ventileres cirka 10 m<sup>3</sup> gris<sup>-1</sup> time<sup>-1</sup> ekstra fra stalddrummet, hvilket vil koste cirka 0,7 kWh pr. produceret gris. Fratrækkes dette elforbrug til ventilation fås det ekstra elforbrug, det kræver at lede luften gennem punktudsug og luftrenseren svarende til 1,5 kWh pr. produceret gris.

Den samlede nedetid for luftrenseren var 408 timer, svarende til 4,7 % af den samlede driftstid.

## Baggrund

Krav til griseproducenter om reduktion af både ammoniakbelastning af omkringliggende natur, lugtemission til nærliggende bebyggelse samt udledning af støv, nødvendiggør effektive miljøteknologier, som kan behandle alle tre områder, mens der samtidig tages hensyn til økonomi og driftssikkerhed.

Luftrensning af ventilationsluften fra svinebesætninger med biologiske og kemiske luftrensere er en veletableret miljøteknologi. Blandt andet har Bioflex 2- og 3-trins biologiske luftrensere fra SKOV A/S været optaget på Miljøstyrelsens Teknologiliste siden 2015. Disse har været optaget med en renseseffekt på 88 % for ammoniak og 74 % for lugt [2] ved enten fuld eller delvis rensning af ventilationsluften. Indtil 2017 har disse teknologier ligeledes været godkendt til rensning af punktudsugningsluft, ledt ud via kanaler under dyrenes opholdszone. I 2017 blev denne kombination dog revideret, da forsøg har vist, at renseseffekten reduceres ved rensning af luft fra punktudsug [2].

Punktudsugning i forbindelse med luftrensning har en række fordele. Ved at opsamle luft direkte ved gylleoverfladen kan den mest forurenede luft opsamles i en relativt lille luftmængde. Man kan derved opnå høje rensningseffekter ved behandling af betydeligt mindre luftmængder, typisk kun 10 % af staldens maksimale ventilationsbehov. Samtidig vil luftmængde og belastning af luftrenseren ikke variere betydeligt imellem årstiderne. Dette forenkler dimensionering samt øger energi- og omkostningseffektiviteten. Dog skal der tages højde for en anderledes luftsammensætning, hvor koncentrationen af både ammoniak og lugtstoffer er betydeligt højere end i den luft, der opsamles ved fuld- eller delventilation.

FAC Combi-Cleaner PE luftrenseren (FarmAirClean Combi-Cleaner Point Extraction) er udviklet af SKOV A/S og INNO+ til behandling af luft fra punktudsug. Luftrenseren består af tre trin. Et syretrin, et neutraliseringstrin samt et biologisk trin, som tilsammen reducerer både ammoniak, lugt og støv. Effektivitet, økonomi og driftssikkerheden af denne luftrenser blev i denne afprøvning testet, som et led i at få luftrenseren optaget på Miljøstyrelsens Teknologiliste. En tilsvarende luftrenser er testet i en tidligere afprøvning [1]. Tilsammen udgør disse tests en fuld test i henhold til VERA-protokollen for luftrensningsteknologier, hvor denne afprøvning fungerer som B-lokationstest.

## Materialer og metoder

Afprøvningen blev foretaget i henhold til VERA-protokollen [3] og gennemført fra 6. august 2020 til 6. august 2021.

### Besætning

Besætningen bestod af en slagtegrisestald etableret i 2020 med 9.504 stipladser til slagtegrise. Stipladserne var fordelt på 12 sektioner med hver 792 stipladser. Stierne var indrettet med 1/3 fast gulv og 2/3 spaltegulv. Stierne målte 5,6 m x 2,3 m.

Staldene fyldtes sektionvist og grisene blev indsat ved cirka 30 kg. Grisene blev leveret til slagtning ved cirka 110 kg. Der var restriktiv vådfodring i stalden og der blev anvendt fasefodring, hvor fodersammensætningen i måleperioden gennemsnitligt var 17,2 % råprotein pr. FEsv fra 20-30 kg, 16,4 % råprotein pr. FEsv fra 30-55 kg, 15,3 % råprotein pr. FEsv fra 55-75 kg og 14,4 % råprotein pr. FEsv fra 75-105 kg. Alle værdier lå indenfor VERA-protokollens grænser.

Stalden var etableret med diffus ventilation og supplerende luftindtag via loftsventiler.

Udsugningskapaciteten bestod dels af punktudsugning via punktudsugningskanal placeret under det faste gulv, og den resterende del via loftsudsugninger. Punktudsugningsluften fra de 12 sektioner blev samlet i en hovedkanal under midtergangen. To FAC Combi-Cleaner PE luftrensere, hver med en maksimal kapacitet på  $53.175 \text{ m}^3/\text{t}$ , var tilkoblet punktudsugningskanalen i hver ende af stalden. Punktudsugningen var indstillet til at lede 10 % af den maksimale ventilation igennem luftrenseren. Brugen af 10 % punktudsugning er en teknologi/metode, der er optaget på Miljøstyrelsens Teknologiliste [2]. Der var desuden gyllekøling i stalden.

## Luftrensere

FAC Combi-Cleaner PE luftrenseren består af tre filterelementer med tværgående flow. Det første element består af et pakkemateriale af plastik, som overrisles med svovlsyreholdigt vand. Dette trin er primært til frarensning af ammoniak, som ved lavt pH omdannes til ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) og dermed forbliver i væskefasen. Det andet trin består ligeledes af et filterelement i plastik. Her neutraliseres eventuelt medrevne syreholdige vanddråber, som udvaskes med rent vand. Det sidste trin er et biologisk aktivt filterelement bestående af et lag rodflis, som overrisles med vand. I dette trin overføres forskellige stoffer fra luften til en biofilm på rodtræet og nedbrydes. Dette tredje trin er primært til frarensning af lugtstoffer.

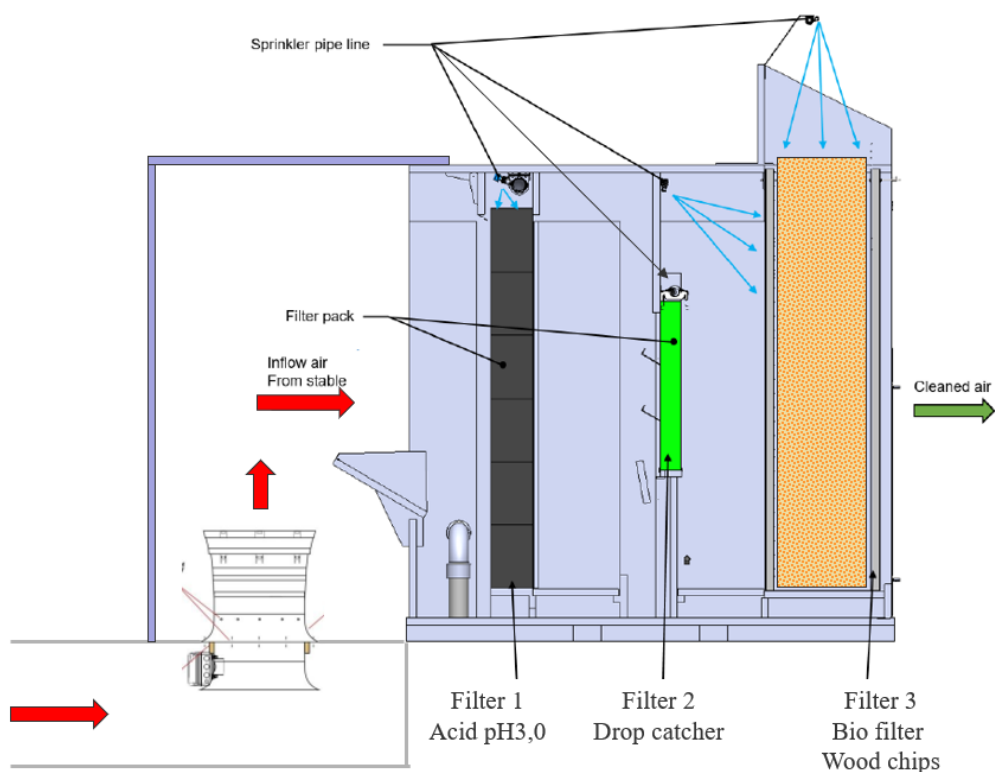
Der er to kar til recirkulering og lænsning af væske fra renseren. Kar 1 er placeret under syrefilteret og herfra recirkuleres væske til første filterelement. Svovlsyre tilføres kar 1 ud fra pH-regulering med et set-punkt på 3,0. Kar 2 er placeret under neutraliseringstrinet (filterelement 2) og forsyner overrislingsvand til neutraliseringstrin og biologisk filter. Der er overløb fra kar 2 til kar 1. Lænsning reguleres ud fra ledningsevne med et set-punkt på 180 mS/cm og påfyldning af vand reguleres med niveaumålere.

I denne afprøvning var filterelementerne 1, 2 og 3 dimensioneret med en dybde på henholdsvis 30, 13 og 70 cm. Luftrenseren var dimensioneret til en maksimal luftydelse på  $53.175 \text{ m}^3 \text{ time}^{-1}$ , svarende til en minimumopholdstid på 2,5 s (EBRT). Belastningen i filter 1 var maksimalt  $5.470 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3} \text{ time}^{-1}$ . Filter 1 har et specifikt overfladeareal på  $80 \text{ m}^2 \text{ m}^{-3}$  og belastningen pr.  $\text{m}^2$  bliver derved  $68,4 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ time}^{-1}$ . Belastningen i filter 2 var maksimalt  $29.641 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3} \text{ time}^{-1}$ . Filter 2 har et specifikt overfladeareal på  $270 \text{ m}^2 \text{ m}^{-3}$  og belastningen pr.  $\text{m}^2$  er  $109,8 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2}$ . Den maksimale belastning af filter 3 var  $2.124 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3} \text{ time}^{-1}$ . Da det specifikke areal af filtermaterialet i filter 3 var ukendt, kan arealbelastningen for filter 3 ikke bestemmes. Luftrenseren er designet til at matche belastningsgraden på den tidligere testede luftrensere [1]. Designspecifikationer findes i Appendiks A1.

I forbindelse med luftrenseren var der et teknikrum, hvori styring, pumper, logbog, sikkerhedsudstyr m.v. var placeret. Der var opsat en tank til svovlsyre. Begge renserne blev tilført syre fra denne tank.



**Figur 1.** Billede af FAC Combi-Cleaner PE luftrener. Billede taget af SKOV A/S / Inno+ [4]



**Figur 2.** Skematisk tegning af FAC Combi-Cleaner PE luftrener. Tegning lavet af Inno+ [4]

## Gennemførelse

Besætningen blev i afprøvningsperioden (august 2020 - august 2021) besøgt af en tekniker fra SEGES hver 14. dag, hvor der blev foretaget registreringer samt kontrolmålinger. Derudover blev der gennemført to 8-ugers målekampagner i henholdsvis sommer- og vinterperioden, hvor ammoniak og lugt blev målt kontinuerligt. Sommerkampagnen blev udført i perioden 6. august 2020 til 9. oktober

2020 (efter aftale med MELT-udvalget blev sommerperioden udvidet til 10 uger på grund af instrumentnedbrud, hvorfor nogle uger midt i perioden er udeladt). Vinterkampagnen blev gennemført i perioden 19. januar til 17. marts 2021.

## Målinger og registreringer

Målinger blev udført før og efter luftrenseren. Målepunkter var opsat med PTFE-slanger forsynet med et PTFE-filter (Whatman Polyvent 16, porrestørrelse 0,2  $\mu\text{m}$ ,  $\text{\O}$  50 mm) i sugepunktet. Luften blev trukket med PTFE-belagte membranpumper (Charles Austen Capex L2) til en målevogn placeret ved siden af luftrenseren. Målepunktet efter luftrenseren blev trukket tre steder midt på filteret (figur 3) forsynet med tragte, som forhindrede interferens fra eventuel opblanding med udeluft. Alle slanger mellem målepunkt og målevogn var opvarmet med varmekabler for at forhindre kondensering.



## Ammoniak

Ammoniak blev målt kontinuerligt i de to 8-ugers måleperioder med en fotoakustisk gasmåler (INNOVA 1412i) forsynet med en 1309E multipoint-sampler (LumaSense Technologies A/S). Der blev foretaget fem gentagne målinger på hver kanal, hvoraf den sidst loggede værdi i hver målerunde blev anvendt.

I vinterperioden blev ammoniak desuden bestemt med Cavity Ring Down Spectroscopy (Picarro G2103). Luften til Picarro-instrumentet blev tildelt via en VICI 10-vejs ventil. Der blev målt 7 minutter på hvert målepunkt, og koncentrationen blev bestemt, som et gennemsnit af det 2. sidste halve minuts målinger.

Ved teknikerbesøg blev koncentrationen af ammoniak kontrolmålt med sporgasrør (Kitagawa 105 SD).

## Lugt

Lugt og svovlbrinte blev bestemt med et PTR-TOF-MS 1000-instrument (Proton-Transfer-Reaction-Time-of-Flight-Mass-Spectrometry, Ionicon Analytik G.m.b.H). PTR-MS-instrumentet var tilkøbt en opvarmet ventilboks (40 °C) og hvert målepunkt blev målt med ventilskifte hvert 10. minut. Derudover blev der i hver målerunde målt på et filter med aktivt kul (Supelpure hydrocarbon trap) til bestemmelse af den instrumentelle baggrund. Transmission og svovlbrintekorrektion er bestemt hver 14. dag i forsøgsperioden. Indstillinger for instrumentet i måleperioden samt resultater fra seneste kvalitetsvurdering er vedlagt i Appendiks A3. Detektions- og kvantifikationsgrænsen blev defineret som henholdsvis 3 og 10 gange standardafvigelsen på en blindprøve.

Lugtreduktionen over filteret blev bestemt med "OAV-metoden". I denne metode antages det, at lugtbidragene fra de enkelte lugtstoffer er additive [5] og et samlet lugttal (SOAV) kan angives ved summen af OAV (Odor Activity Values) for hvert enkelt stof. OAV er givet ved lugtstoffernes koncentration divideret med lugtærskelværdien, som bestemmes med dynamisk olfaktometri.

Metoden er godkendt af Miljøstyrelsen til dokumentation af lugtreducerende miljøteknologier til Teknologilisten [6] og den dertilhørende protokol blev fulgt i denne test [7].

Svovlbrintekonzentrationen blev kontrolmålt ved teknikerbesøg med Jerome 631 XE. Der blev foretaget fire registreringer efter hinanden i hvert målepunkt, hvoraf den første måling blev kasseret. Der blev regnet et gennemsnit af de resterende tre målinger.

## Støvmålinger

Der er ikke udtaget støvmålinger i denne afprøvning. Støvmålinger er tidligere blevet udført ved en tilsvarende luftrenser [1].

## Luftydelse og tryktab

Luftskifte gennem luftrenseren blev registreret via Veng-system med Fancom AM-63 målevinger. Der blev målt tryk over luftrenseren med Testo 435-4-måleinstrumenter.

## Kuldioxid og lattergas

Kuldioxid og lattergas blev målt med fotoakustisk gasmåler (INNOVA 1412i) i forbindelse med sommer- og vinterkampagnen sammen med ammoniakmålingerne. Fremgangsmåden var den samme som for ammoniak. Ved teknikerbesøg blev koncentrationen af kuldioxid kontrolmålt med sporgasrør (Kitagawa 126 SF).

## Temperatur og relativ luftfugtighed

Temperatur og relativ luftfugtighed blev registreret via Veng-system og kontrolmålt ved teknikerbesøg ved hjælp af Testo 435-4-multiinstrument.

## Forbrug

Der var opsat en elmåler til registrering af elforbrug for henholdsvis luftrenser og ventilation. Syreforbrug blev registreret ved måling af niveau i opbevaringstanken. Vandtilførslen blev aflæst via vandure.

## Læense- og procesvand

Mængden af lænevæske blev aflæst via vandur. Der blev udtaget prøver af procesvandet fra både kar 1 og kar 2 i forbindelse med sommer- og vinterkampagnen. Prøverne blev analyseret for pH, ledningsevne,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  og Total S hos Eurofins Agro Testing Denmark A/S.

## Antal grise og vægt

Antal grise og vægt blev registreret via besætningsdata, samt visuel inspektion ved alle teknikerbesøg.

## Gylle og svineri

Gylleniveau og svineri blev målt på alle besøgsdage. Svineri blev vurderet ud fra, om der var søle på det faste gulv. Gylleniveau blev målt med tommestok.

## Løbende forsøgsmonitorering

Der blev løbende ført logbog over alle hændelser og besøg. Ligeledes blev driftstiden af luftrenseren registreret. Måleusikkerheder for instrumenter og analyser er vist i Appendiks A2.

## Resultater og diskussion

Dataopgørelsen i det følgende indeholder alle måledage, som opfylder ventilationskravene angivet i VERA-protokollen. Det vil sige, at der for sommerperioden er 50 % af måledagene, hvor ventilationsydelsen (inkl. punktudsug) er minimum 80 % af maksimumventilationen i minimum tre timer pr. døgn og for vinterperioden er der 50 % af måledagene, hvor ventilationsydelsen (inkl. punktudsug) er maksimum 30 % af maksimumventilationen i minimum 3 timer pr. døgn.

### Ammoniak

Resultaterne fra målingerne af ammoniak i de to 8-ugers målekampagner er angivet i tabel 1. Resultaterne viser, at der blev opnået en gennemsnitlig ammoniakreduktion på 93,0 % i vinterperioden og 96,2 % i sommerperioden. Den samlede gennemsnitlige ammoniakreduktion lå på 94,6 %.

Ammoniakbelastningen er en anelse lavere i sommerperioden, hvilket kan skyldes en højere ventilationsydelse i stalden. Der er dog ikke signifikant forskel på koncentrationerne før og efter filteret sommer og vinter. Gennemsnit af døgnmiddelkoncentrationen før og efter luftrenseren i de to perioder er angivet i Appendiks A4.

**Tabel 1.** Ammoniakkoncentration målt i sommer- og vinterperiode med Innova. Data er angivet med 95 % konfidensinterval

| Beskrivelse      | Ammoniakkoncentration, ppm |             |
|------------------|----------------------------|-------------|
|                  | Vinter**                   | Sommer***   |
| N                | 30                         | 27          |
| Før luftrenser   | 13,0 ± 1,0                 | 12,0 ± 1,1  |
| Efter luftrenser | 0,9 ± 0,4                  | 0,46 ± 0,04 |
| Reduktion, %     | 93,0                       | 96,2        |
| P-værdi*         | <0,0001                    | <0,0001     |

\*P-værdi er for sammenligningen af koncentration før og efter luftrenseren

\*\* LOQ: 0,298

\*\*\* LOQ: 0,328

Til validering af koncentrationsmålinger med Innova er der i vinterperioden desuden målt med Picarro G2103 [8]. De målte koncentrationer er vist i tabel 2.

**Tabel 2.** Ammoniakkoncentration målt i vinterperiode med Picarro. Data er angivet med 95 % konfidensinterval

| Beskrivelse      | Ammoniakkoncentration, ppm |        |
|------------------|----------------------------|--------|
|                  | Vinter                     | Sommer |
| N                | 30                         | -      |
| Før luftrenser   | (11.1 ± 0,2)*              | -      |
| Efter luftrenser | 1.27 ± 0,4                 | -      |

\*Måleområde overskredet

Det skal bemærkes, at koncentrationen målt før renseren overskrider måleområdet for Picarro-instrumentet (>10 ppm), hvorfor koncentrationen målt før luftrenseren samt beregning af procentvis reduktion er usikker. Der registreres dog ingen signifikant forskel på målinger med Picarro og Innova efter renseren.

### Lugt

Tabel 3 viser reduktionen i SOAV. Den gennemsnitlige reduktion i lugt - beregnet som SOAV - er 73,9 %.

**Tabel 3.** SOAV og reduktion i SOAV i sommer- og vinterperiode. Data er angivet med 95 % konfidensinterval

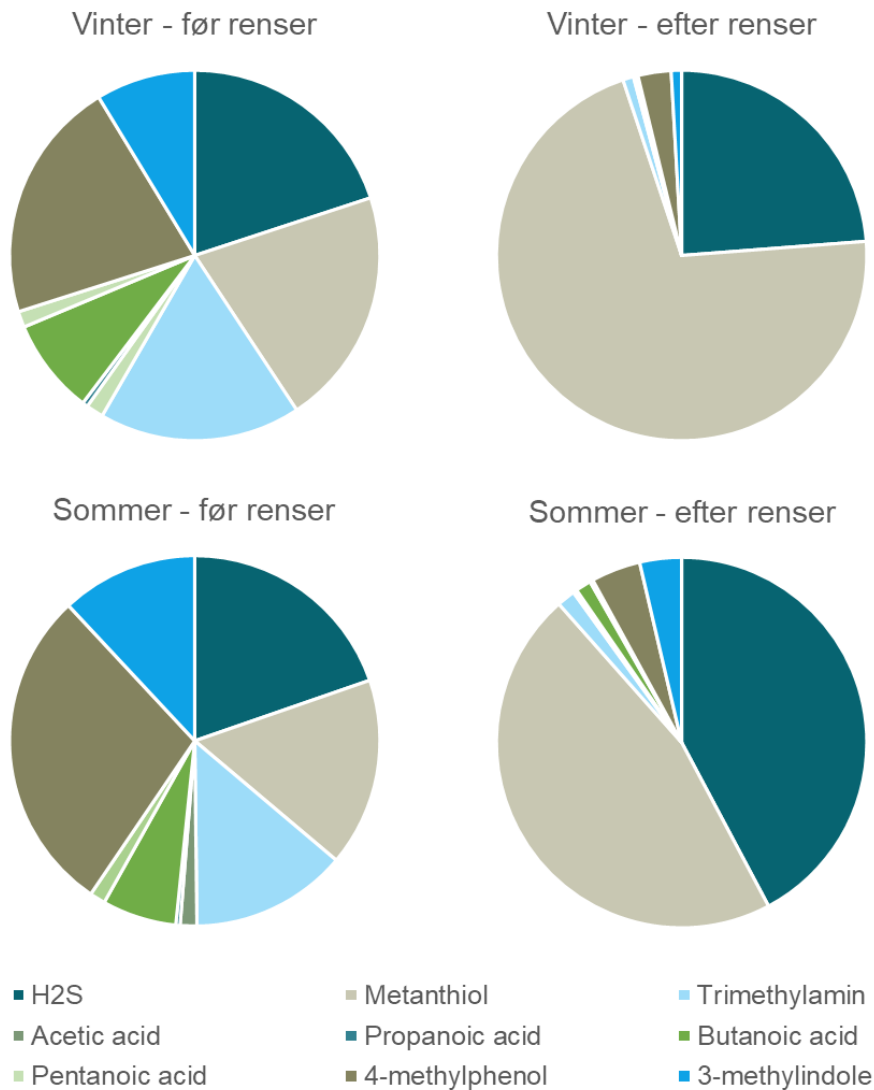
|        | N  | SOAV<br>før renser<br>(-) | SOAV<br>efter renser<br>(-) | Reduktion i SOAV<br>efter renser<br>% |
|--------|----|---------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|
| Vinter | 39 | 3044,3 ± 71,6             | 743,5 ± 18,2                | 75,6 ± 0,5                            |
| Sommer | 27 | 3648,3 ± 76,1             | 1012,7 ± 22,5               | 72,2 ± 0,5                            |

Tabel 4 viser den gennemsnitlige reduktion i OAV for hvert enkelt lugtstof medtaget i beregningen af lugt, mens figur 3 viser de dominerende lugtstoffer i den beregnede SOAV-værdi før renser og efter renser. Koncentrationen af hvert enkelt lugtstof er angivet i Appendiks A5.

**Tabel 4.** Reduktion i OAV angivet i procent for hvert enkelt lugtstof inkluderet i SOAV. Data er angivet med 95 % konfidensinterval

|                                  | Svovlbrinte   | Metanthiol    | Trimethylamin | Eddikesyre    | Smørsyre      | Pentansyre    | Propansyre    | 4-metylphenol | Skatol        |
|----------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Vinter -<br>Reduktion i OAV<br>% | 72,0<br>± 0,5 | 15,3<br>± 0,5 | 98,4<br>± 0,5 | 99,7<br>± 1,2 | 99,3<br>± 1,4 | 98,9<br>± 1,7 | 98,4<br>± 1,3 | 98,5<br>± 0,4 | 99,5<br>± 0,8 |
| Sommer -<br>Reduktion i OAV<br>% | 36,0<br>± 1,8 | 12,4<br>± 1,2 | 99,3<br>± 0,7 | 96,9<br>± 0,9 | 96,0<br>± 1,0 | 94,6<br>± 1,0 | 93,3<br>± 0,9 | 97,3<br>± 0,7 | 96,8<br>± 0,4 |





**Figur 4.** Proportional fordeling af bidraget fra enkeltlugtstoffer inkluderet i SOAV før og efter luftrensning

Den noget højere fjernelse af svovlbriente i vinterperioden kan til en vis grad formentlig tillægges den højere pH-værdi i kar 2 i vinterperioden (Tabel 6 og 7). I Appendix A6 ses en oversigt over de registrerede pH-værdier i kar 1 og 2. Derudover kan den tilstedeværende biologi i filter 3 i den givne periode spille ind.

I tabel 4 og figur 4 ses det, hvordan svovlforbindelserne dominerer SOAV efter luftrensningen og udgør henholdsvis 94,9 % og 88,5 % af lugtemissionen vinter og sommer. En eventuel optimering af lugtreduktionen bør derfor tilsigtes disse stoffer.

Der blev ikke detekteret nogen betydelige biprodukter under målingerne.

## Lattergas

Tabel 5 viser de registrerede koncentrationer af lattergas før og efter luftrensningen. Disse indikerer, at der kan være en lille stigning i lattergas gennem filteret. Målingerne bør dog bekræftes med en anden målemetode, da Innova-målinger ved forskellig temperatur og fugtighed kan være behæftet med usikkerheder [8-11].

**Tabel 5.** Lattergaskoncentration målt i sommer- og vinterperiode med Innova. Data er angivet med 95 % konfidensinterval

| Beskrivelse       | Lattergaskoncentration, ppm |             |
|-------------------|-----------------------------|-------------|
|                   | Vinter                      | Sommer      |
| N                 | 30                          | 27          |
| Før luftrensere   | 0,25 ± 0,01                 | 0,31 ± 0,01 |
| Efter luftrensere | 0,31 ± 0,02                 | 0,48 ± 0,02 |
| Reduktion, %      | -23,9                       | -52,4       |
| P-værdi*          | <0,0001                     | <0,0001     |

\*P-værdi er for sammenligningen af koncentration før og efter luftrenseren

## Procesvand

Tabel 6 og 7 viser resultatet af analyserne af procesvandet fra kar 1 og kar 2. Disse er foretaget af Eurofins Agro Testing Denmark A/S.

**Tabel 6.** Analyse af procesvand fra henholdsvis kar 1 under syrefilter og kar 2 under neutraliserings- og biologisk filter udtaget i vinterperioden. Data er angivet med 95 % konfidensinterval

|   | Kar 1         | Kar 2        |
|---|---------------|--------------|
| Antal målinger (N)  | 7             | 7            |
| pH  | 2,7 ± 0,1     | 6,6 ± 0,3    |
| Ledningsevne [mS cm <sup>-1</sup> ]                                   | 97,7 ± 21,3   | 21,0 ± 7,9   |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -NH <sub>3</sub> -N [g L <sup>-1</sup> ] | 15,2 ± 4,1    | 3,0 ± 1,1    |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N [mg L <sup>-1</sup> ]                 | 375,3 ± 189,3 | 136,0 ± 69,0 |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N [mg L <sup>-1</sup> ]                 | <0,015        | 0,5 ± 0,5    |
| Total svovl [g L <sup>-1</sup> ]                                      | 21,4 ± 4,9    | 3,6 ± 1,6    |

**Tabel 7.** Analyse af procesvand fra henholdsvis kar 1 under syrefilter og kar 2 under neutraliserings- og biologisk filter udtaget i sommerperioden. Data er angivet med 95 % konfidensinterval

|   | Kar 1         | Kar 2        |
|---|---------------|--------------|
| Antal målinger (N)  | 6             | 6            |
| pH  | 2,7 ± 0,1     | 5,6 ± 0,3    |
| Ledningsevne [mS cm <sup>-1</sup> ]                                   | 136,7 ± 17,6  | 19,8 ± 6,5   |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -NH <sub>3</sub> -N [g L <sup>-1</sup> ] | 22,5 ± 3,8    | 2,7 ± 0,8    |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N [mg L <sup>-1</sup> ]                 | 675,0 ± 166,8 | 216,7 ± 68,1 |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N [mg L <sup>-1</sup> ]                 | <0,015        | <0,015       |
| Total svovl [g L <sup>-1</sup> ]                                      | 32,5 ± 4,6    | 3,2 ± 1,3    |

## Luftydelse og tryktab

I tabel 8 er den gennemsnitlige luftydelse og tryktab for henholdsvis vinter- og sommerperioden angivet.

**Tabel 8.** Gennemsnitlig luftydelse i sommer- og vinterperiode. Data er angivet med 95 % konfidensinterval

|        | Luftydelse (m <sup>3</sup> /time) | Tryktab (Pa) |
|--------|-----------------------------------|--------------|
| Vinter | 43.025 ± 1.216                    | 46,0 ± 4,5   |
| Sommer | 42.746 ± 1.049                    | 47,9 ± 18,1  |

Der var en gennemsnitlig belægning på 773 og 791 grise pr. sektion i henholdsvis vinter- og sommerperioden. Den gennemsnitlige ventilationsydelse gennem luftrenseren pr. gris har dermed været  $9,0 \text{ m}^3 \text{ time}^{-1}$ . Luftrenseren var dimensioneret til at rense luften fra punktudsugningen, svarende til  $53.175 \text{ m}^3 \text{ time}^{-1}$ . Luftrenseren har i afprøvningsperioden gennemsnitligt kørt med en luftydelse på  $42.886 \text{ m}^3 \text{ time}^{-1}$ , det vil sige cirka 19 % under det dimensionerede. Dette svarer til en minimumopholdstid på 3-3,1 s. Der findes ikke data for luftydelsen til luftrenseren i den anden ende af stalden. Døgnmiddel for ventilationsydelsen gennem den testede luftrenser i afprøvningsperioderne fremgår af Appendiks A7.

## Temperatur og relativ luftfugtighed

Tabel 9 viser den gennemsnitlige temperatur og relative luftfugtighed i afprøvningsperioden.

**Tabel 9.** Gennemsnitlig temperatur og relativ luftfugtighed i sommer- og vinterperiode. Data er angivet med 95 % konfidensinterval

|                                       | Vinter         | Sommer         |
|---------------------------------------|----------------|----------------|
| Temperatur ude, °C                    | $2,7 \pm 1,1$  | $16,9 \pm 1,0$ |
| Temperatur før renser, °C             | $16,6 \pm 0,2$ | $20,9 \pm 0,4$ |
| Temperatur efter renser, °C           | $13,9 \pm 0,3$ | $18,7 \pm 0,5$ |
| Relativ luftfugtighed ude, %          | $89,5 \pm 1,5$ | $78,7 \pm 2,9$ |
| Relativ luftfugtighed før filter, %   | $79,4 \pm 0,3$ | $76,5 \pm 2,4$ |
| Relativ luftfugtighed efter filter, % | $99,1 \pm 0,2$ | $94,4 \pm 3,9$ |

## Forbrug

Tabel 10 viser forbruget for luftrenseren gennem hele afprøvningsperioden. Forbrug pr. produceret gris er beregnet ud fra en produktion på 17.207 grise. Dette indbefatter de seks sektioner, som var placeret i den ende af stalden, der var tilkoblet den renser, som indgik i testen.

**Tabel 10.** Gennemsnitligt forbrug igennem afprøvningsperioden (6. august 2020 - 6. august 2021)

|                                | Forbrug gennem afprøvningsperioden | Forbrug pr. produceret gris |
|--------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|
| Vandforbrug, $\text{m}^3$      | 467                                | 0,03                        |
| Vand, drænet, $\text{m}^3$     | 203                                | 0,01                        |
| Syreforbrug, kg                | 17.883                             | 1,0                         |
| Elforbrug – renser, kWh        | 38.156                             | 2,2                         |
| Elforbrug – ventilation, kWh   | 26.174**                           | 1,5                         |
| Skumreducerende middel, liter* | 25                                 | 0,001                       |

\*Fatty alcohol alcoxylate (Brenntag N.V./B.V)

\*\* Fratrullet 0,7 kWh pr. produceret gris til normal ventilation

Ved beregning af forbrug er forudsat en pris på vand på  $5,0 \text{ DKK/m}^3$ , en pris på svovlsyre på  $1,0 \text{ DKK/kg}$  og en el-pris på  $0,75 \text{ DKK/kWh}$  samt en pris på opbevaring og udbringning af lænsevand på  $26,50 \text{ DKK/m}^3$ . Herved udgjorde de samlede forbrugsomkostninger  $3,3 \text{ DKK/produceret gris}$ . Denne pris er fratrukket værdien af ekstra kvælstof i gyllen, svarende til  $7,00 \text{ DKK/kg N}$ . Denne er estimeret til  $1,1 \text{ DKK}$  pr. produceret gris ud fra den beregnede reduktion i ammoniak og ventilationsydelsen.

## Service og drift

I tabel 11 er logbogen for drift og service af luftrenseren i afprøvningsperioden angivet.

**Tabel 11.** Servicebeskrivelse for afprøvningsperioden

| Dato       | Hændelse                    | Tid<br>[Timer] | Nedetid<br>[Timer] |
|------------|-----------------------------|----------------|--------------------|
| 05-07-2021 | Service                     | 1.25           |                    |
| 02-07-2021 | Service                     | 1              |                    |
| 01-07-2021 | Service                     | 1              |                    |
| 29-06-2021 | Service                     | 1.75           |                    |
| 25-06-2021 | Service + rengøring/vask    | 3.75           |                    |
| 24-06-2021 | Service + rengøring/vask    | 4.25           | 72                 |
| 23-06-2021 | Service + rengøring/vask    | 4.75           |                    |
| 22-06-2021 | Service                     | 1              |                    |
| 16-06-2021 | Service                     | 2.25           |                    |
| 27.05-2021 | Service                     | 1              |                    |
| 19-05-2021 | Service                     | 1.5            |                    |
| 11-05-2021 | Service + rengøring/vask    | 2.75           |                    |
| 16-04-2021 | Service                     | 2.25           |                    |
| 15-04-2021 | Service                     | 2.25           |                    |
| 30-03-2021 | Service                     | 0.25           |                    |
| 26-03-2021 | Service + rengøring/vask    | 2.25           |                    |
| 19-03-2021 | Service                     | 0              |                    |
| 12-03-2021 | Service                     | 2.25           |                    |
| 11-03-2021 | Service                     | 3              |                    |
| 09-03-2021 | Service                     | 3              |                    |
| 02-03-2021 | Service                     | 1.75           |                    |
| 01-03-2021 | Service                     | 3              |                    |
| 26-02-2021 | Service                     | 1              |                    |
| 12-02-2021 | Service- frostsprængninger  | 2.25           |                    |
| 11-02-2021 | Service- frostsprængninger  | 3              |                    |
| 10-02-2021 | Service- frostsprængninger  | 0.5            | 96                 |
| 08-02-2021 | Service – frostsprængninger | 0.5            |                    |
| 04-02-2021 | Service                     | 0.5            |                    |
| 01.02.2021 | Service                     | 3.25           |                    |
| 29.01.2021 | Service + rengøring/vask    | 2.75           |                    |
| 28-01-2021 | Service + rengøring/vask    | 4.25           | 72                 |
| 27-01-2021 | Service + rengøring/vask    | 2.5            |                    |
| 21-01-2021 | Service + rengøring/vask    | 1.75           |                    |
| 13-01-2021 | Service                     | 2.25           |                    |
| 07-01-2021 | Service                     | 2.25           |                    |
| 22-12-2020 | Service + rengøring/vask    | 5              |                    |
| 21-12-2020 | Service                     | 4              |                    |
| 18-12-2020 | Service + rengøring/vask    | 3.5            |                    |
| 17-12-2020 | Service + rengøring/vask    | 4.25           |                    |
| 11-12-2020 | Service                     | 1.5            |                    |
| 30-11-2020 | Service                     | 2              |                    |
| 17-11-2020 | Service                     | 0.75           |                    |
| 16-11-2020 | Service                     | 3              |                    |
| 13-11-2020 | Service                     | 1.75           |                    |
| 10-11-2020 | Service                     | 0.5            |                    |
| 09-11-2020 | Service                     | 0.5            |                    |

|            |                          |      |     |
|------------|--------------------------|------|-----|
| 06-11-2020 | Service                  | 1.75 |     |
| 29-10-2020 | Service                  | 1.5  |     |
| 23-10-2020 | Service                  | 2.5  |     |
| 22-10-2020 | Service + rengøring/vask | 3.75 |     |
| 21-10-2020 | Service                  | 4    |     |
| 20-10-2020 | Service                  | 3.75 |     |
| 09-10-2020 | Service                  | 1.5  |     |
| 02-10-2020 | Service                  | 2.25 |     |
| 01-10-2020 | Service                  | 2.25 |     |
| 25-09-2020 | Service                  | 1    |     |
| 16-09-2020 | Service                  | 1.25 |     |
| 15-09-2020 | Service                  | 2    |     |
| 07-09-2020 | Service                  | 2.75 |     |
| 01-09-2020 | Service                  | 3.25 |     |
| 31-08-2020 | Service                  | 2.5  |     |
| 25-08-2020 | Fejl på sensorer         | 2.75 | 168 |
| 10-08-2020 | Service                  | 1.75 |     |
| 07-08-2020 | Service                  | 0.5  |     |

Den samlede tid til tilsyn og service udgjorde i gennemsnit 1,42 timer om ugen i afprøvningsperioden. Den samlede nedetid for luftrenseren var 408 timer, svarende til 4,7 % af den samlede driftstid. Nedetid var hovedsageligt udgjort af driftsstop grundet frostsprængninger og fejl på sensorer.

## Konklusion

FAC Combi-Cleaner PE luftrenseren fra SKOV A/S / Inno+ blev afprøvet igennem en 1-årig periode i henhold til VERA-protokollen, hvor denne afprøvning udgjorde lokation B i den samlede test [3]. Afprøvningen blev gennemført i en slagtegrisestald med 9.504 stipladser, hvor punktudsugningen var dimensioneret, efter at cirka 10 % af den maksimale ventilationsydelse blev ledt igennem luftrenseren.

Luftrenseren reducerede gennemsnitligt ammoniakkoncentrationen med 94,6 % i den del af luften, der blev ledt igennem luftrenseren. Lugtkoncentrationen - bestemt som SOAV - blev reduceret med 73,9 %.

Luftrenseren var dimensioneret til en luftydelse på  $53.175 \text{ m}^3 \text{ time}^{-1}$ . Gennem afprøvningsperioden var luftydelsen gennemsnitligt  $42.886 \text{ m}^3 \text{ time}^{-1}$ . Luftrenseren har dermed i afprøvningsperioden gennemsnitligt kørt med en luftydelse 19 % under det dimensionerede, svarende til  $9 \text{ m}^3 \text{ gris}^{-1} \text{ time}^{-1}$ .

Forbrugsomkostningerne til drift af luftrenseren blev beregnet til 3,3 DKK pr. produceret gris ved rensning af 9 % af den maksimale ventilationskapacitet via punktudsugningen. Heraf er værdien af ekstra kvælstof i gyllen fratrukket. Forbrugsomkostningerne fordeltes til vand, opbevaring og udbringning af lænsevand, syre, skumreducerende middel og el. Omkostningerne er uden arbejdstid, serviceomkostninger, vedligehold og landmandstilsyn. Nedetiden udgjorde cirka 4,7 % af driftstiden.

## Referencer

- [1] Pernille Lund Kasper, Anders Legaard Riis, Julie Krogsdahl Bache (2021): Afprøvning af FAC Combi-Cleaner PE luftrensere i slagtesvinestald med 10 % punktudsug (A-test). Meddelelse nr. 1237, SEGES Gris.
- [2] Miljøstyrelsens teknologiliste, 2021.
- [3] VERA Test Protocol for Air Cleaning Technologies, Version 2:2018-09.
- [4] <https://inno-plussystems.com/en/viking-adventures/>
- [5] Hansen, M.J.; Adamsen, A.P.S.; Wu, C.; Feilberg, A. (2021): Additivity between Key Odorants in Pig House Air. *Atmosphere* 2021, 12, 1008.  
<https://doi.org/10.3390/atmos12081008>
- [6] <http://mst.dk/service/nyheder/nyhedsarkiv/2019/arp/lugtreduktion-fra-husdyr-bestemt-med-kemiske-maalinger>
- [7] Hansen, M.J. & Feilberg, A. (2019): A Protocol for Chemical Measurements of Odour in Relation to Abatement Technologies for Animal Production, Version 1.0.
- [8] Anders Peter Adamsen (2018): Måling af klimagasser fra stalde med infrarød fotoakustisk spektrometri. Intern rapport, SEGES.
- [9] Liu m.fl. (2020): Photoacoustic measurement with infrared band-pass filters significantly overestimates NH<sub>3</sub> emissions from cattle houses due to volatile organic compound (VOC) interferences, *Atmospheric Measurement Techniques*, 13, 259-272.
- [10] Rosenstock m.fl., (2013): Accuracy and precision of photoacoustic spectroscopy not guaranteed, *LETTER, Global Change Biology*, doi: 10.1111/gcb.12332.
- [11] Zhao m. fl. (2012): Estimation of the interference in Multi-Gas Measurements using infrared photoacoustic analyzers, *Atmosphere* 2012, 3, 246-265; doi:10.3390/atmos3020246.

## Deltagere

**Tekniker:** Thomas Lund Sørensen

Afprøvning nr. 1693

NAV nr.: 1388

//MIHO//

Dyregruppe: Slagtegrise

Fagområde: Miljøteknologi

Nøgleord: Luftrensere, punktudsug, ammoniak, lugt

# Appendiks

## A1. Designparametre

**Tabel A1.1:** Designparametre for FAC Combi-Cleaner PE luftrensere

| Parameter   |                        |
|---|------------------------|
| Dyregruppe  | Slagtegrise            |
| Vægt, kg  | 30-110                 |
| Maksimalt antal stipladser                            | 9.504                  |
| Maksimalt luftflow, m <sup>3</sup> time <sup>-1</sup> | 53.175                 |
| Opholdstid, minimum, s                                | 2,5                    |
| Vandforbrug, liter                                    | Koncentrationsafhængig |
| Lænevand, liter                                       | Koncentrationsafhængig |
| Maksimalt tryktab, Pa                                 | 70                     |
| Syreforbrug, kg                                       | Koncentrationsafhængig |

**Tabel A1.2:** Designparametre for FAC Combi-Cleaner PE luftrensere

| Filter  | 1. trin        | 2. trin          | 3. trin         |
|---|----------------|------------------|-----------------|
| Længde/bredde/højde, m  | 12 / 0,3 / 2,7 | 12 / 0,13 / 1,15 | 12 / 0,7 / 2,98 |
| Overfladeareal, m <sup>2</sup> m <sup>-3</sup>                              | 80             | 270              | -               |
| Belastning – frontareal, m <sup>3</sup> m <sup>-2</sup> time <sup>-1</sup>  | 1.641          | 3.853            | 1.487           |
| Belastning – filterareal, m <sup>3</sup> m <sup>-2</sup> time <sup>-1</sup> | 68,4           | 109,8            |                 |
| Belastning – volumen, m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> time <sup>-1</sup>     | 5.471          | 29.640           | 2124,3          |
| Overrisling, m <sup>3</sup> t <sup>-1</sup>                                 | 11             | 6                | 20,7            |
| Overrisling densitet, m <sup>3</sup> m <sup>-2</sup> time <sup>-1</sup>     | 1,72           | 2,22             |                 |
| pH interval   | <3,0           | 7,0              | 6,0 - 7,0       |
| Maksimal konduktivitet, mS/cm   | 180            |                  |                 |

# Appendiks

## A2. Måleusikkerhed

**Tablet A2.1:** Usikkerhed for måleudstyr brugt under afprøvningen

| Målemetode                                      | Usikkerhed |
|---|------------|
| NH <sub>3</sub> – Kitagawa gas detektorer 105SD | 5 %        |
| NH <sub>3</sub> – INNOVA 1 LOQ                  | 0,42       |
| NH <sub>3</sub> – INNOVA 3 LOQ                  | 0,38       |
| NH <sub>3</sub> – INNOVA 4 LOQ                  | 0,33       |
| Picarro   | 5 %        |
| CO <sub>2</sub> – Kitagawa gas detektorer 126SF | 10 %       |
| H <sub>2</sub> S – Jerome 631-XE                | 5 %        |
| Støv – 24 timers måling                         | 0,01 mg    |
| Støv – 1 times måling                           | 10 %       |
| Luftflow – Fancor målevinge                     | <10 %      |
| Temperatur – Testo 435-4                        | 0,3 °C     |
| RH % - Testo 435-4                              | 2 %        |
| Tryktab – Testo 435-4                           | 2 Pa       |
| pH -  | -          |
| Konduktivitet – DS/EN 27888                     | 15 %       |
| Amoniak+ammonium-N - SM 17. ver. 4500           | 15 %       |
| Nitrit-N - SM 17. ver. 4500                     | 15 %       |
| Nitrat-N – SM 17. ver. 4500                     | 15 %       |
| Total S – DS 259:2003, SM 3120/ICP-OES          | 30 %       |



# Appendiks

## A3. PTR-MS

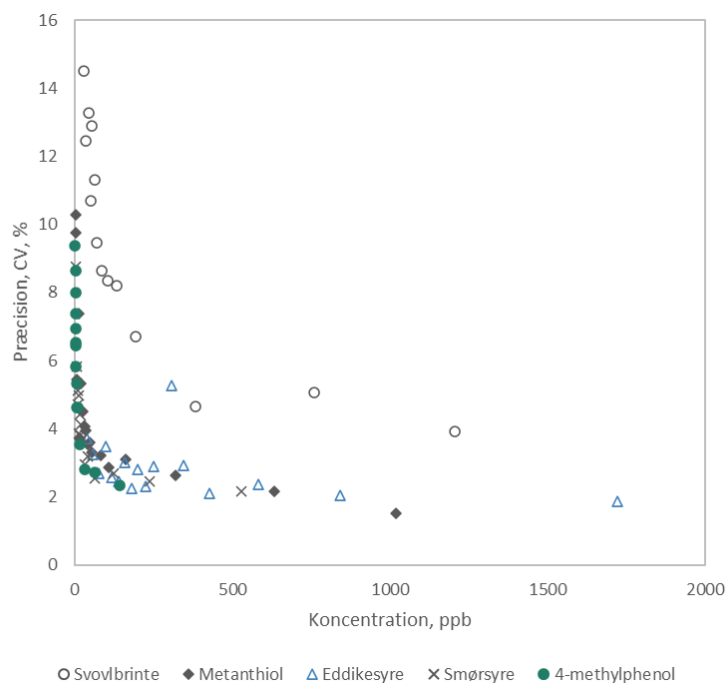
**Table A3.1:** Systemindstillinger for PTR-MS

| Parameter     | Indstilling |
|---------------|-------------|
| U drift       | 600         |
| U dx          | 0,2         |
| T drift, °C   | 80          |
| P drift, mbar | 2,3         |
| E/N           | 136         |

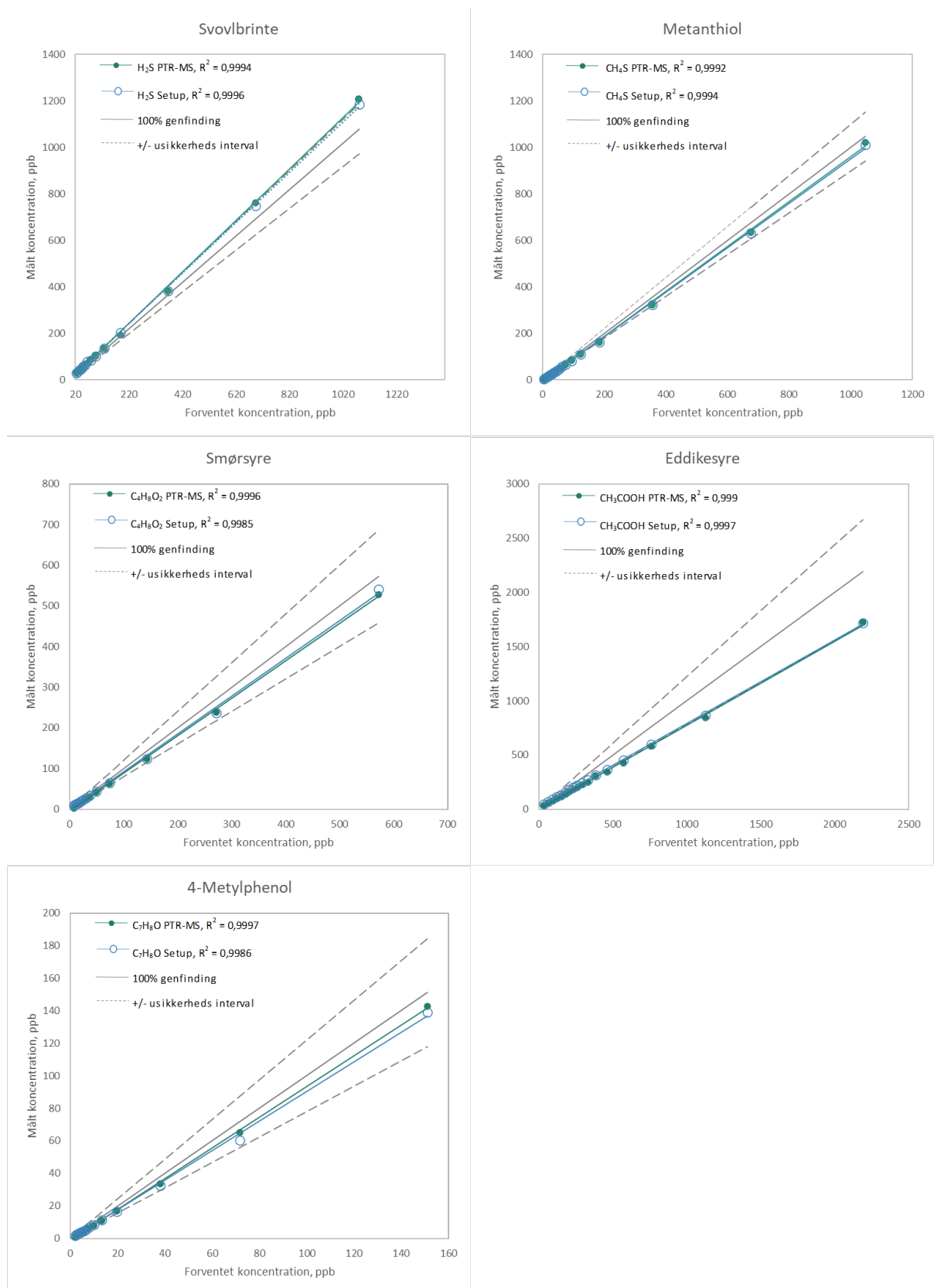
**Table A3.2:** Detektions- og kvantifikationsgrænse for PTR-TOF-MS

|                              | Svovlbriente | Metanthiol | Trimethylamin | Eddikesyre | Smørsyre | Pentansyre | Propansyre | 4-methylphenol | Skatol |
|------------------------------|--------------|------------|---------------|------------|----------|------------|------------|----------------|--------|
| Detektionsgrænse, (ppb)      | 7,0          | 0,18       | 1,8           | 9,9        | 1,7      | 0,4        | 2,1        | 0,86           | 0,12   |
| Kvantifikationsgrænse (ppb)  | 23,5         | 0,61       | 5,9           | 33,2       | 5,7      | 1,4        | 7,1        | 2,9            | 0,41   |
| Gennemsnitlig præcision* (%) | 9,9          | 4,4        | -             | 2,8        | 4,1      | -          | -          | 5,7            | -      |

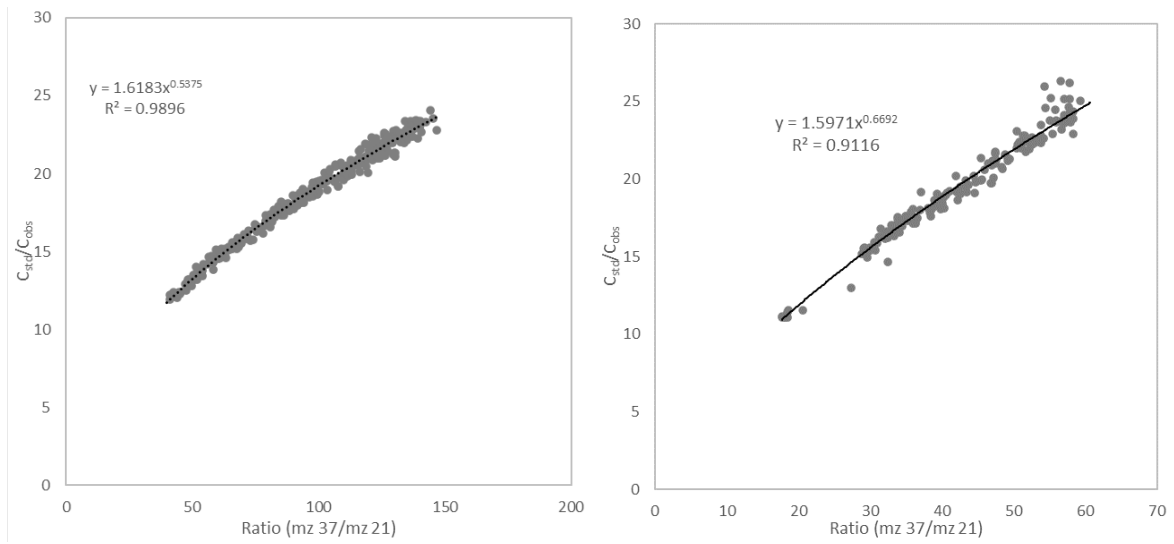
\* Bestemt ved kvalitetsmålinger, oktober 2020



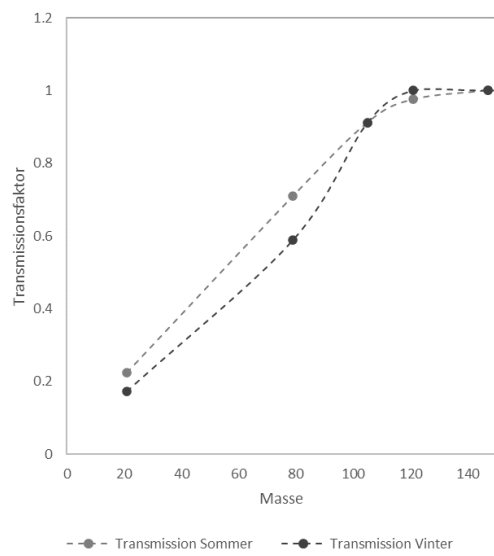
**Figur A3.1** Præcision bestemt ved kvalitetsmålinger, oktober 2020



**Figur A3.2** Nøjagtighed bestemt ved kvalitetsmålinger, oktober 2020. Test af genfinding direkte med PTR-MS og gennem set-up (bestående af pumpe og opvarmet ventilboks)



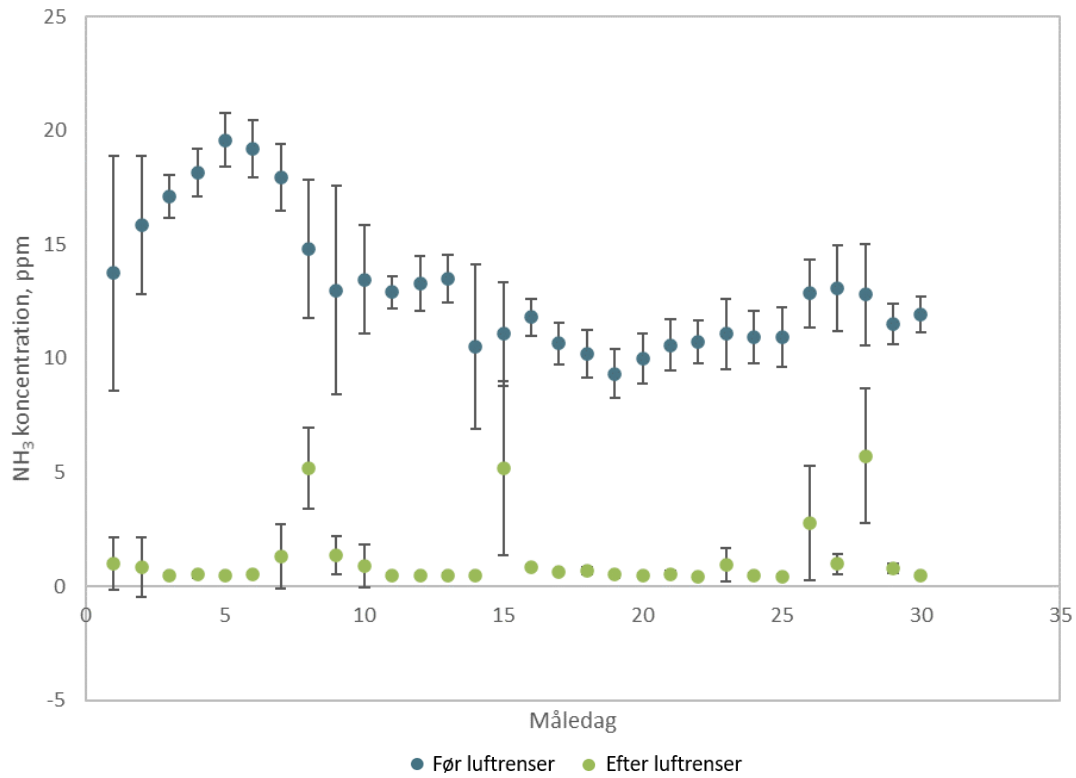
**Figur A3.3** Svovlbrintekalibrering



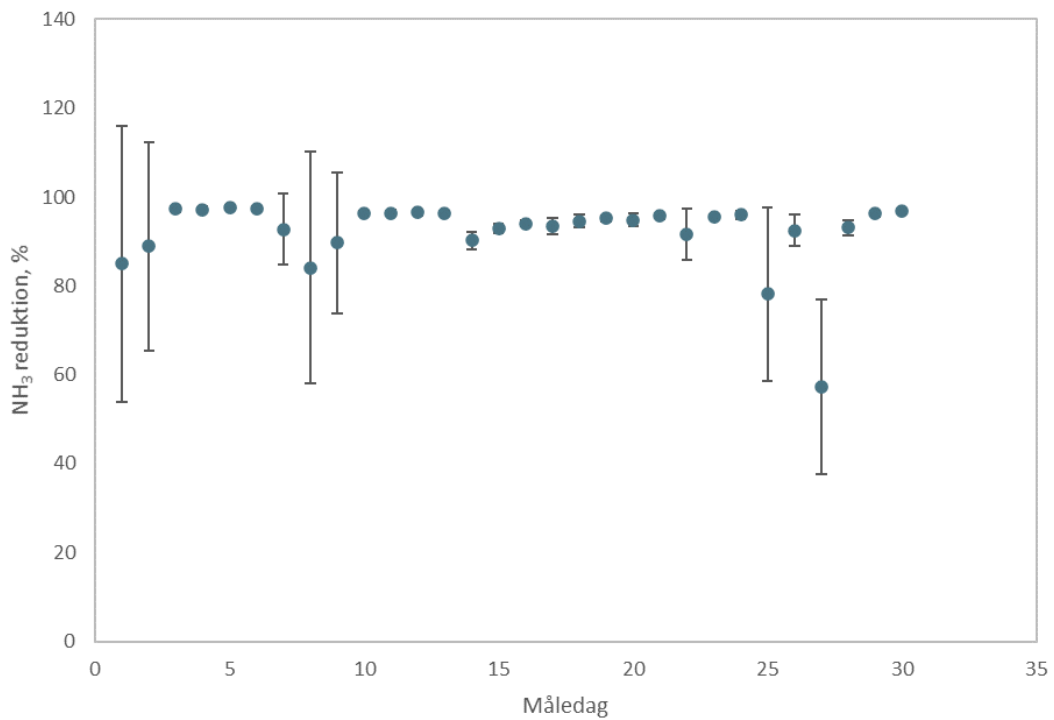
**Figur A3.4** Transmission

# Appendiks

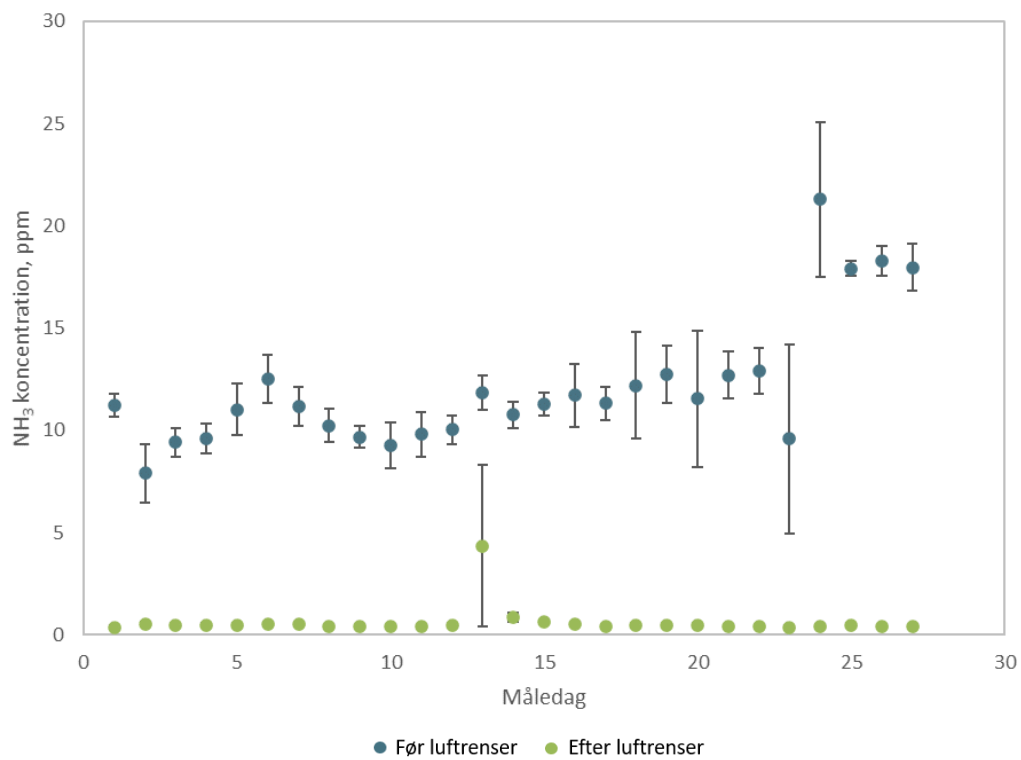
## A4. Ammoniak



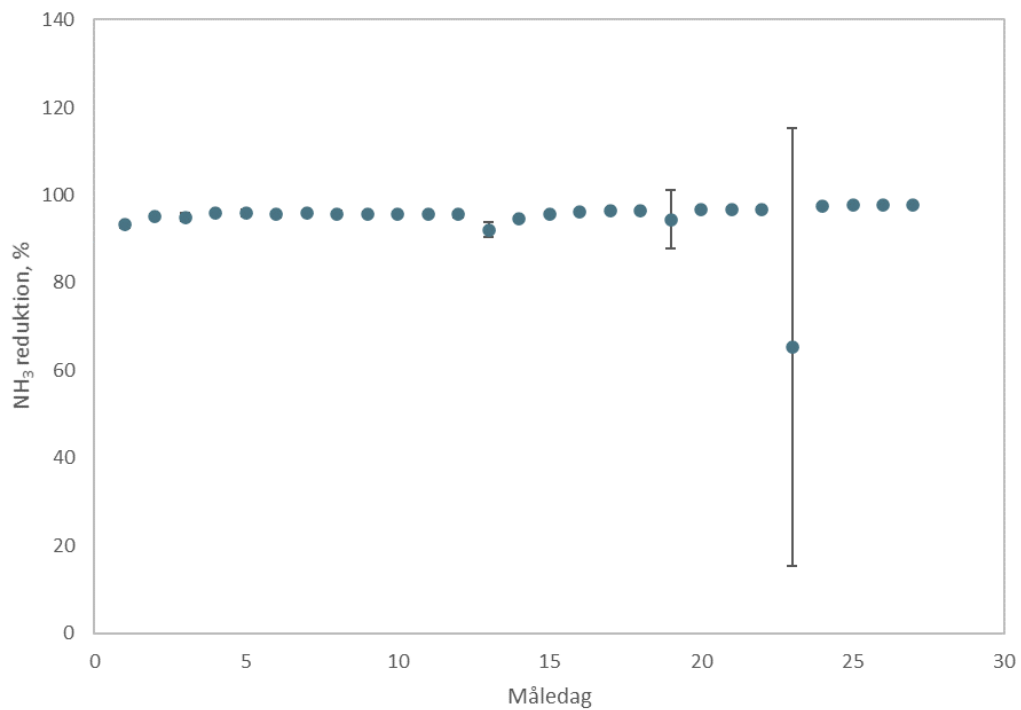
Figur A4.1 Døgnmiddel af ammoniakkoncentration før og efter luftrensere i vinterperiode



Figur A4.2 Døgnmiddel af ammoniakreduktion i vinterperiode



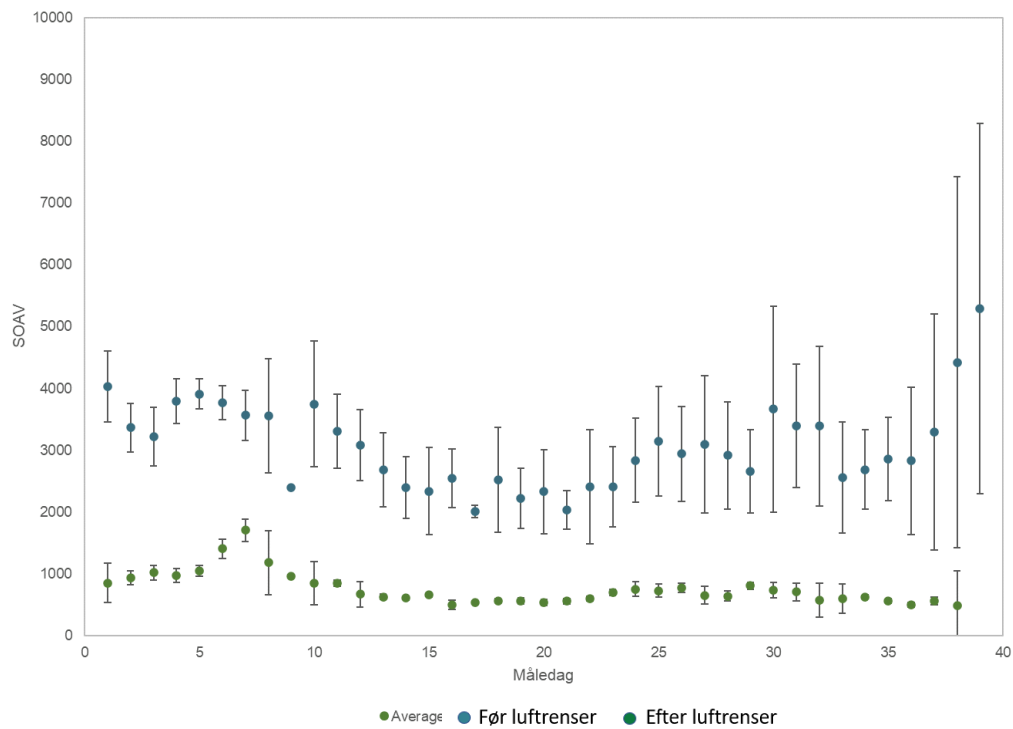
**Figur A4.3** Døgnmiddel af ammoniakkoncentration før og efter luftrener i sommerperiode



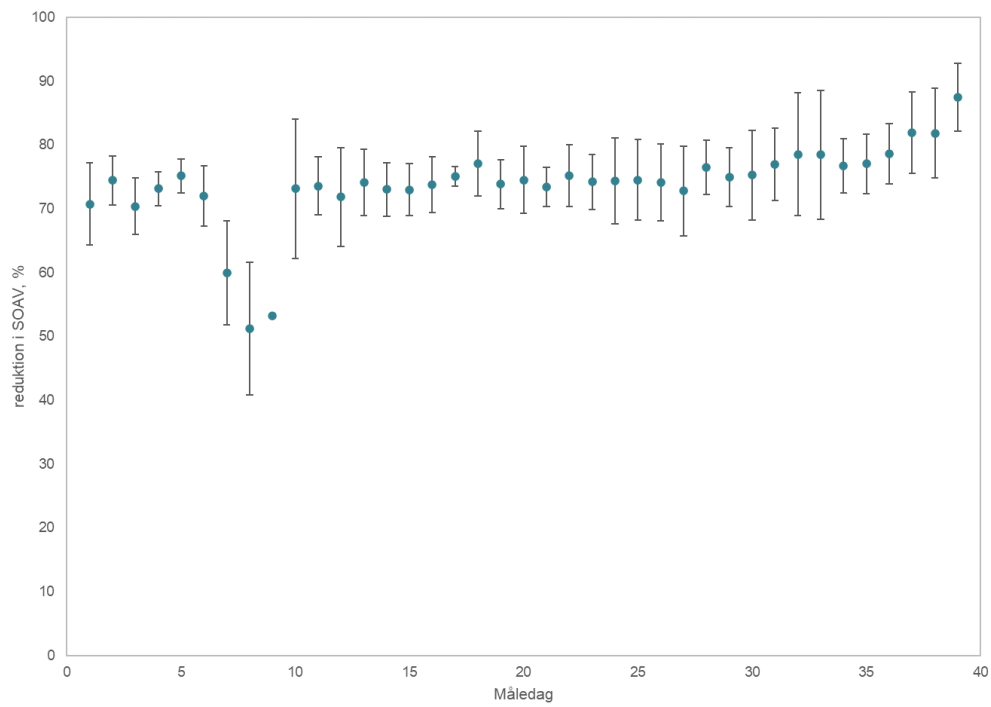
**Figur A4.4** Døgnmiddel af ammoniakreduktion i sommerperiode

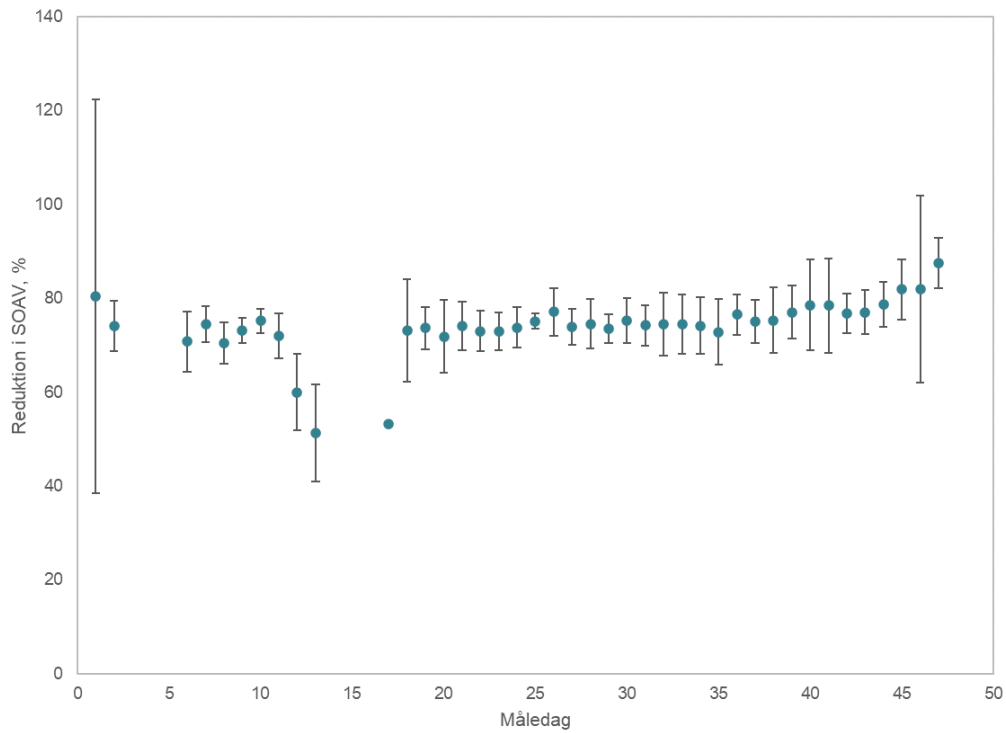
# Appendiks

## A5. Lugt

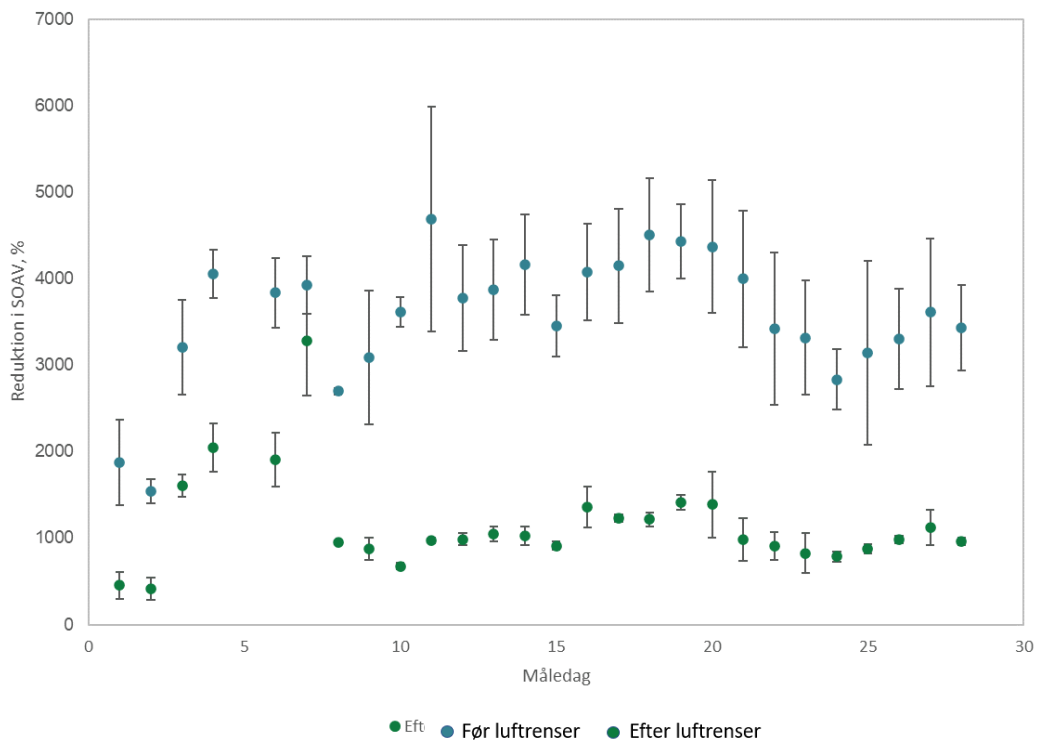


Figur A5.1 Døgnmiddel af SOAV før og efter luftrenser i vinterperiode

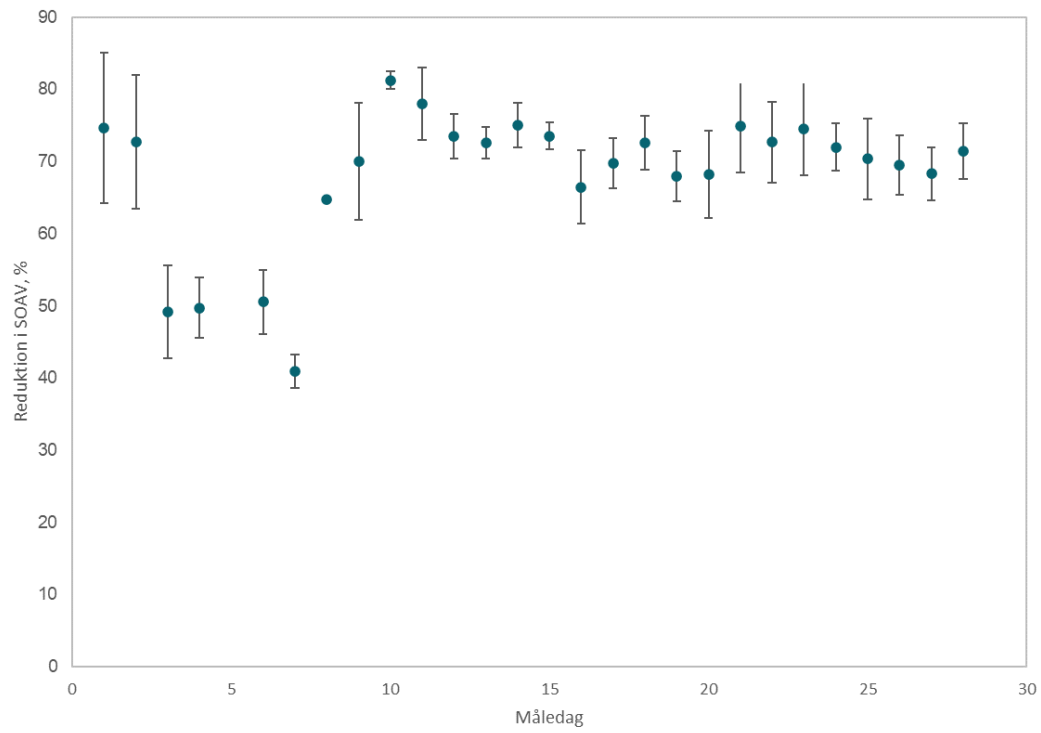




**Figur A5.2** Døgnmiddel af reduktion i SOAV i vinterperiode



**Figur A5.3** Døgnmiddel af SOAV før og efter luftrenser i sommerperiode



**Figur A5.4** Døgnmiddel af reduktion i SOAV i sommerperiode

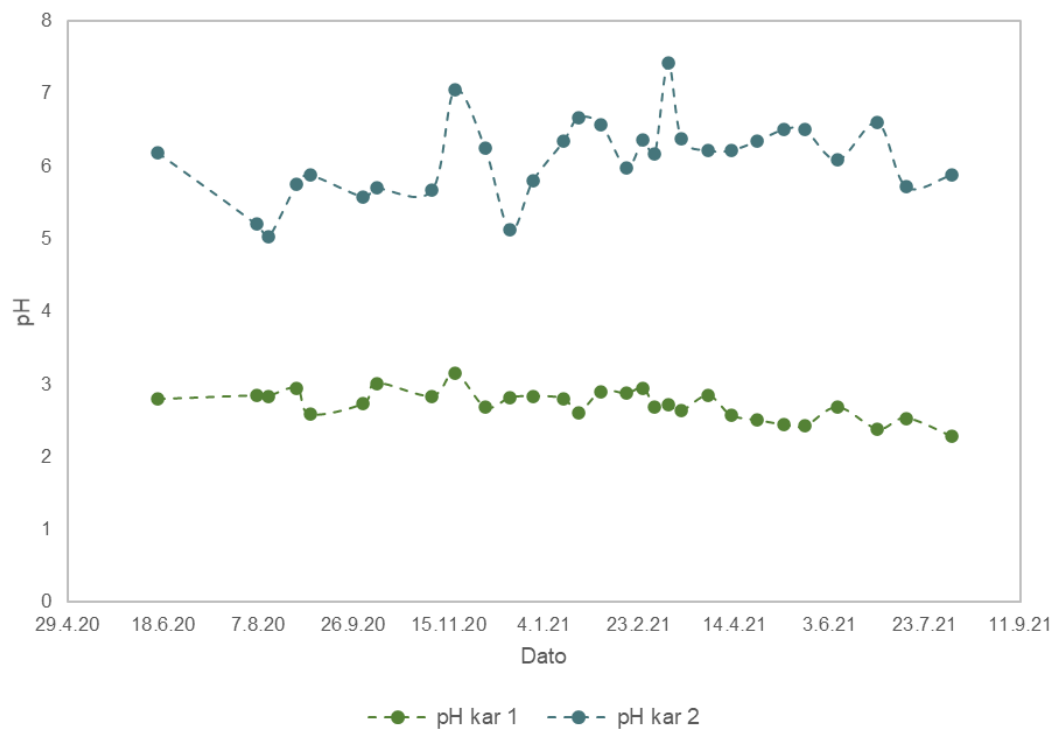


**Table A5.1:** Målte Koncentrationer af enkeltstoffer

|                                 | Svovlbrinte     | Metantriol    | Trimethylamin | Eddikesyre      | Smørsyre      | Pentansyre    | Propansyre    | 4-metylphenol | Skatol         |
|---------------------------------|-----------------|---------------|---------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| Vinter<br>Før filter<br>(ppb)   | 486,1<br>± 13,5 | 19,0<br>± 0,2 | 42,9<br>± 2,7 | 382,4<br>± 41,0 | 58,5<br>± 6,0 | 8,5<br>± 1,0  | 81,9<br>± 8,9 | 12,9<br>± 0,4 | 0,8<br>± 0,03  |
| Vinter<br>Efter filter<br>(ppb) | 144,5<br>± 5,8  | 16,2<br>± 0,2 | 0,7<br>± 0,4  | 3,2<br>± 12,7   | 0,46<br>± 1,6 | 0,1<br>± 0,3  | 1,0<br>± 3,0  | 0,44<br>± 0,1 | 0,02<br>± 0,01 |
| Sommer<br>Før filter<br>(ppb)   | 578,4<br>± 12,4 | 18,1<br>± 0,3 | 40,1<br>± 1,2 | 444,1<br>± 44,1 | 54,8<br>± 5,6 | 10,0<br>± 1,2 | 78,6<br>± 8,1 | 21,0<br>± 1,0 | 1,3<br>± 0,1   |
| Sommer<br>Efter filter<br>(ppb) | 401,9<br>± 14,4 | 16,5<br>± 0,3 | 1,5<br>± 0,5  | 25,6<br>± 6,9   | 3,7<br>± 1,0  | 0,7<br>± 0,2  | 5,5<br>± 1,3  | 1,0<br>± 0,2  | 0,1<br>± 0,02  |

# Appendiks

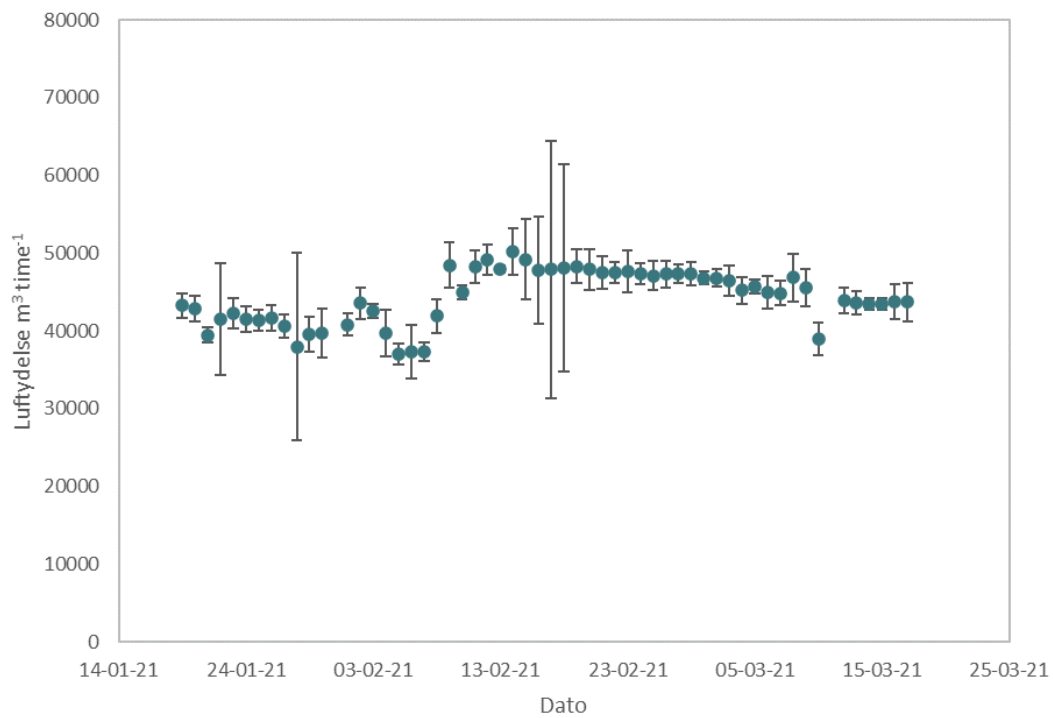
## A6. pH



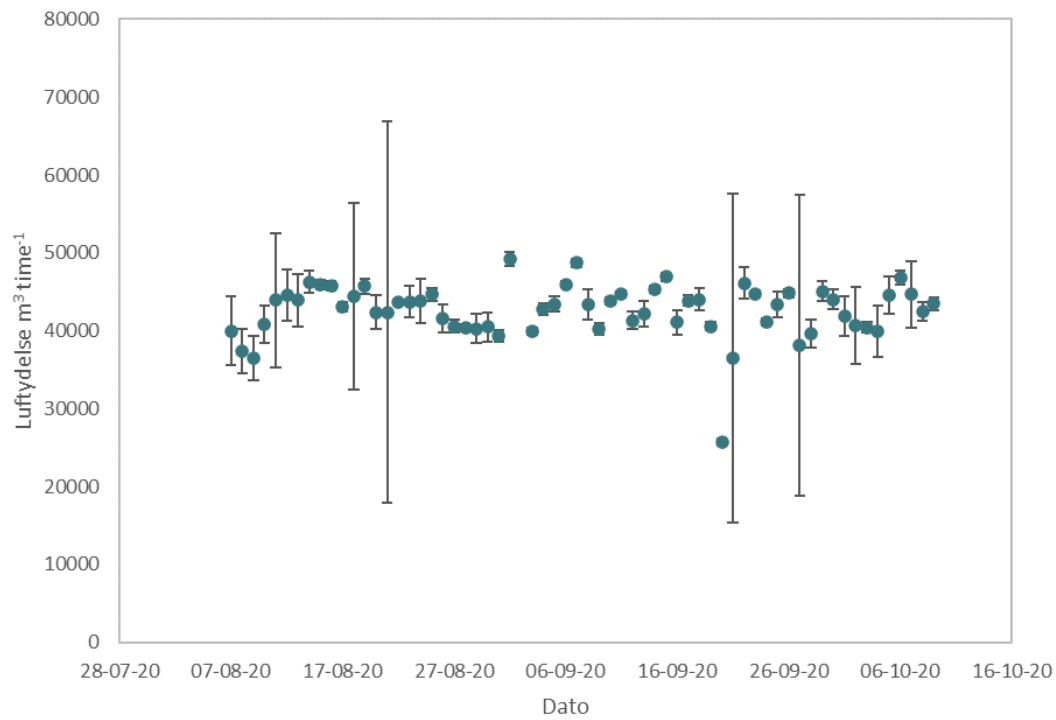
**Figur A6.1** Døgnmiddel af pH i kar 1 og 2 i afprøvningsperiode

# Appendiks

## A7. Luftydelse



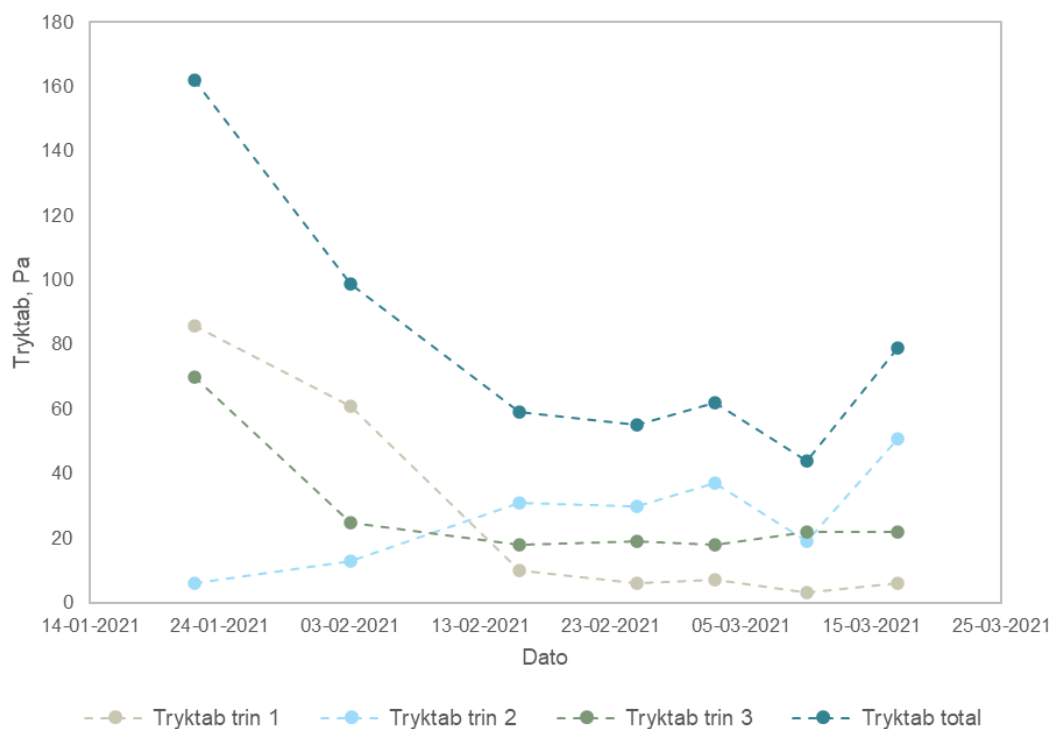
Figur A7.1 Døgnmiddel af luftydelse vinterperiode



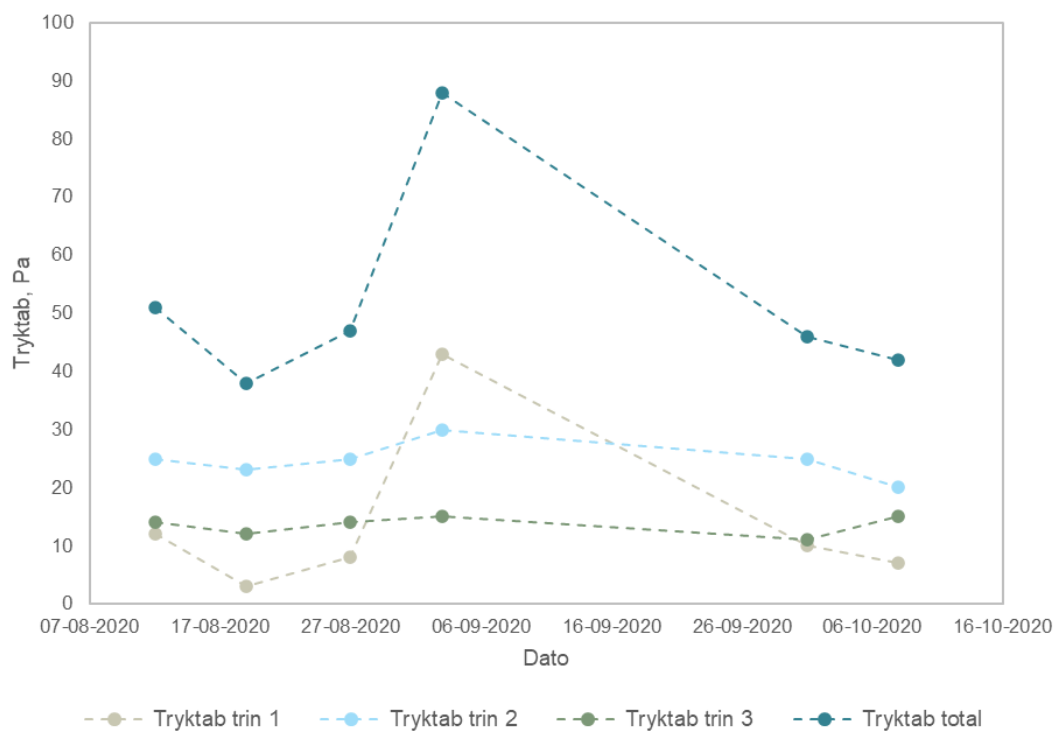
Figur A7.2 Døgnmiddel af luftydelse sommerperiode

# Appendiks

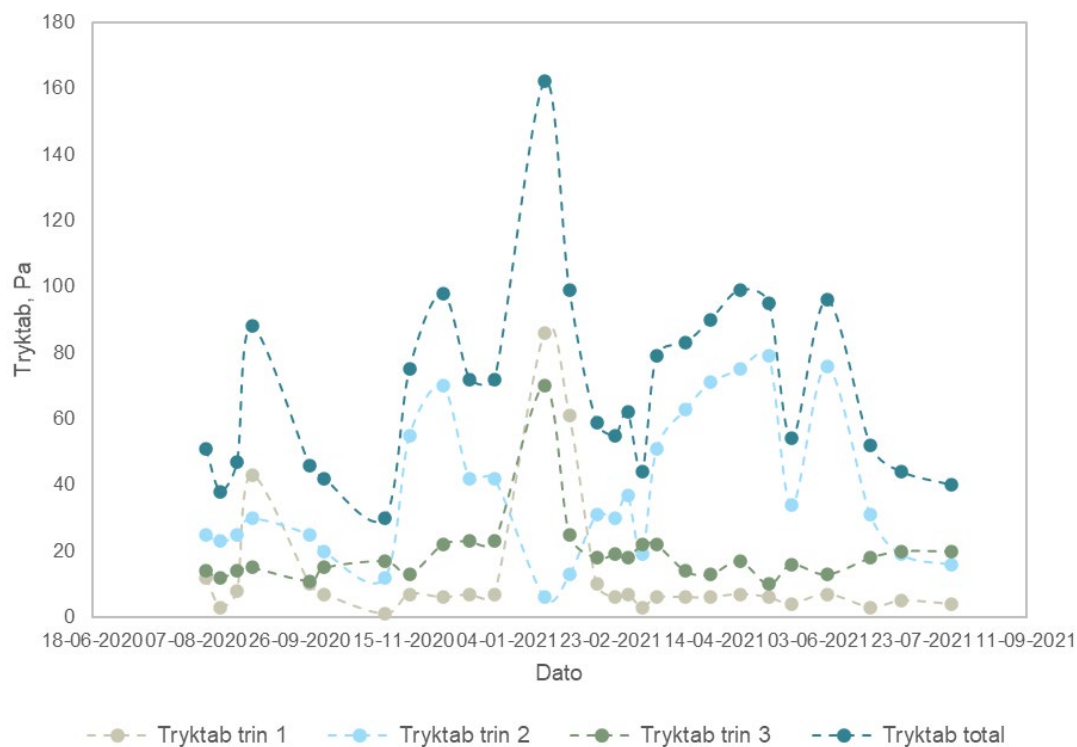
## A8. Tryktab



Figur A8.1 Døgnmiddel af tryktab over filtre i vinterperiode



Figur A8.2 Døgnmiddel af tryktab over filtre i sommerperiode



**Figur A8.2** Døgnmiddel af tryktab over filtre i hele afprøvningsperioden



Tlf.: 33 39 45 00

[svineproduktion@seges.dk](mailto:svineproduktion@seges.dk)

Ophavsretten tilhører SEGES. Informationerne fra denne hjemmeside må anvendes i anden sammenhæng med kildeangivelse.

Ansvar: Informationerne på denne side er af generel karakter og søger ikke at løse individuelle eller konkrete rådgivningsbehov.

SEGES er således i intet tilfælde ansvarlig for tab, direkte såvel som indirekte, som brugere måtte lide ved at anvende de indlagte informationer.