Støttet af:

Svineafgiftsfonden

AFPRØVNING AF AGRI AIRCLEAN LUFTRENSER I SLAGTESVINESTALD MED PUNKTUDSUGNING

MEDDELELSE NR. 1171

Afprøvning af Agri AirClean viste at ammoniakkoncentrationen blev reduceret med gennemsnitligt 91 procent og lugtkoncentration med gennemsnitligt 83 procent, i den del af luften, som blev ledt gennem luftrenseren fra punktudsugningsanlægget.

INSTITUTION: SEGES SVINEPRODUKTION, DEN RULLENDE AFPRØVNING

FORFATTER: SIMON WILHELM YDE GRANATH, ANDERS PETER ADAMSEN[1]

[1] ansat i SEGES Svineproduktion, da afprøvningen blev gennemført

UDGIVET: 24. JULI 2019

Dyregruppe: Slagtesvin

Fagområde: Miljøteknologi

Sammendrag

Agrifarm A/S har udviklet en kemisk luftrenser, kaldet Agri AirClean, med et syretrin til fjernelse af ammoniak, og et basetrin til fjernelse af lugt fra husdyrproduktion. Afprøvningen blev gennemført i to besætninger, lokalitet A og B. Resultaterne viste, at luftrenseren reducerede ammoniakkoncentration med 91 procent og reducerede lugtemissionen med 83 procent i den luft, der blev ledt ud via punktudsugningen.

Forbrugsomkostningerne til drift af luftrenseren blev beregnet til 10,70 DKK/produceret gris, efter værdien af ekstra kvælstof i gyllen var fratrukket, og fordelte sig på omkostninger til vand, opbevaring og udbringning af lænsevand, syre, base og el.
Luftrenseren er opbygget som et tårn, med syretrinnet nederst og basetrinnet øverst. Hvert trin har et filter, der oversprøjtes med henholdsvis syre- og baseholdig væske, der bliver recirkuleret. Formålet med testen var, at dokumentere luftrenserens effekt på ammoniak- og lugtfjernelse samt systemets driftsstabilitet og forbrugsomkostninger, når luftrenseren rensede på punktudsugningsluft.
Den samlede nedetid for luftrenseren ved lokation A var 93 timer svarende til én procent af den samlede driftstid. Den samlede nedetid for luftrenseren ved lokation B var 376 timer svarende til fire procent af den samlede driftstid.

Baggrund

Kemisk luftrensning med syre er en almenkendt miljøteknologi til frarensning af ammoniak fra husdyrproduktion såvel som andre industrier. Teknologien er ofte brugt ved projektering af nye staldanlæg, hvor der er krav om reduktion af ammoniakemissionen, men hvor der ikke er behov for reduktion af lugtemissionen. Da reduktion af lugtemissionen ofte er et krav ved både nybyggeri og udvidelse af eksisterende stalde, kan kemisk luftrensning med syre ikke bruges alene. I sådanne tilfælde vil der enten skulle bruges separate teknologier til reduktion af henholdsvis ammoniak- og lugtemission, alternativt skal landmanden finde en anden teknologi, der både frarenser ammoniak og lugt.

Agrifarm A/S har udviklet en to-trins kemisk luftrenser til at frarense både ammoniak og lugt fra husdyrproduktion. Systemet er udviklet til at fungere sammen med Agrifarms Intellifarm stald, men kan også bruges som en stand-alone luftrenser. Luftrenserens effektivitet er ikke tidligere dokumenteret på luft fra svinestalde. I denne test blev luftrenseren installeret til at rense på punktudsugningsluft fra en Agrifarm Intellifarm slagtesvinestald, hvor naturlig ventilation i rumudsugningen er kombineret med mekanisk punktudsugning. Ventilationsprincippet er benævnt hybridventilation.

Formålet med afprøvningen var at dokumentere luftrenserens renseeffektivitet for lugt og ammoniak samt forbrugsomkostninger ved rensning af punktudsugningsluft fra svinestalde med henblik på optagelse på Miljøstyrelsens Teknologiliste.

Materiale og metode

Afprøvningen blev gennemført i to besætninger. Ved begge lokationer var luftrenseren tilkoblet Agrifarms Intellifarm stald. Besætningerne havde begge 5.440 stipladser til slagtesvin fordelt på fire sektioner. Afprøvningen blev foretaget i forhold til VERA protokollen [1]. Stalden ved lokation A havde desuden et ekstra staldrum med én række stier, svarende til 170 stipladser, der blev brugt som buffersektion.

Lokation A

Afprøvningen blev fortaget i perioden 1. januar 2017 til 19. februar 2018 med to intensive målekampagner: En sommerkampagne i perioden 10. juli 2017 til 3. september 2017 og en vinterkampagne i perioden 8. januar 2018 til 25. februar 2018.

Lokation B

Afprøvningen blev foretaget i perioden 14. september 2017 til 18. september 2018, med intensive målekampagner fra den 31. oktober 2017 til 21. december 2017 og 23. maj 2018 til 11. juli 2018.

Besætningsbeskrivelser

Stierne var indrettet med 1/3 fast gulv med overdækning og 2/3 spaltegulv samt vådfodring i langkrybbe. Der blev brugt 2-fasefodring ved begge lokationer. Grisene blev indsat sektionsvist ved ca. 32 kg og leveret til slagtning, når de havde opnået optimal slagtevægt. Indsættelse foregik over ca. fire uger, med indsættelse i én halvsektion ad gangen. Gyllesystemet var med automatisk udslusning ved brug af spadeventiler. Stalden var udformet med hybridventilation, hvor op til 16 m^3 staldluft/time/gris blev ventileret mekanisk via en punktudsugningskanal placeret under det faste gulv i hver stirække og resten som naturlig ventilation via vinduesventiler i siderne af stalden, midt på tagfladerne og i kippen. Punktudsugningen var indstillet således, at luftydelsen blev øget fra 0 til 16 m^3 staldluft/time/gris over de første 20 dage efter indsættelse. Punktudsugningsluften fra hver sidekanal blev samlet i en hovedkanal under den centrale fordelingsgang i staldsystemet, hvor luftrensersystemet var tilkoblet. Luftrensersystemet bestod af fire Agri AirClean luftrensere, to i syd og to i nord. Vinduesventilerne var styret via aktuatorer, baseret på realtidsmålinger af temperatur, relativ fugtighed og CO_2 i stalden samt klimatiske faktorer i form af vind, regn og temperatur udenfor stalden, via software udviklet af Agrifarm.

Luftrensere der indgik i testen

Luftrenserne var koblet sammen i par, to stk. i henholdsvis syd og nord. Luftrenserne i henholdsvis syd og nord delte en pumpe til syretrinnet, men havde hver en separat pumpe til basetrinnet. I afprøvningen indgik én af de fire luftrensere på hver lokation.

Agri AirClean er opbygget på et dobbelt scrubber system, der er målt til at kunne behandle op til 21.250 m^3 luft/time, svarende til en maksimumkapacitet på 3.450 m^3 luft/m^2 fladeareal/time.

Luftrenseren var 11 meter høj med et tværsnit på 2,8 meter. Det var en vertikal renser, hvor luften blev tilført i bunden. Renserens forskellige trin var placeret oven på hinanden og var isoleret fra hinanden, dog så luften frit kunne passere op gennem renseren. En ventilator var placeret i bunden af renseren. Luften blev ledt ind fra luftkanalerne i stalden via undertryk, og luften blev trykket igennem filterets forskellige trin.

Første trin var en syrescrubber primært til frarensning af ammoniak. Filtermaterialet udgjorde 3,7 m^3 (0,6 m højt). Filtermaterialet blev overrislet ved hjælp af dyser. En pumpe recirkulerede væske fra en sump placeret i bunden af rensetrinnet. Syretilsætningen til sumpen blev reguleret af en syredoseringspumpe, der med en PID-styring (Proportional, Integral, Differentiale) sikrede, at pH niveauet blev holdt på det ønskede niveau (pH = 2,2) via en pH-sensor. Syren (96 procent koncentreret svovlsyre) blev tilført fra en tank ved siden af luftrenseren. Væsken i sumpen blev fornyet regelmæssigt, så mætningsgraden blev holdt nede. Dette foregik ved lænsning af væske til fortanken, efterfulgt af tilsætning af rent vand til erstatning af fordampet og fralænset væske. Lænsning var styret af væskens konduktivitet. En niveaumåler sikrede, at væskestanden i sumpen altid blev holdt inden for et forud fastsat interval.

Andet trin var en basescrubber, primært til frarensning af lugtstoffer (svovlbrinte med flere). Trinnet fungerede på samme måde som det første trin med et filtermateriale, der blev overrislet med recirkuleret væske. I basetrinnet udgjorde filtermaterialet 9,2 m^3 (1,5 m højt). Her var sumpen placeret i en tank i kælderen under renseren. Basetilsætningen til sumpen blev reguleret af en pumpe, der med en PID-styring sikrede, at pH niveauet blev holdt på det ønskede niveau (pH = 9,6) via en pH sensor. Basen (27 procent koncentreret natronlud) blev tilført fra en tank. Væsken i sumpen blev fornyet på samme vis som det første trin.
Der var et dråbefang mellem de to trin samt efter trin 2, der begrænsede opblanding af syre/base samt afkast af natronlud ud af luftrenseren. Al data fra luftrenseren blev registreret via et SRO-system (Styring, Regulering, Overvågning).

Luftrenserne indgik som en del af Intellifarm staldkonceptet, der ligeledes blev afprøvet i begge besætninger.

Gennemførelse

Hver 14. dag blev besætningen besøgt af en tekniker fra SEGES, Den Rullende Afprøvning, hvor der blev foretaget registreringer på driften af luftrenseren samt kontrolmålinger. Dertil blev der ved begge lokationer udført 2 x otte ugers målekampagne i henholdsvis sommer og vinter, hvor ammoniak og lugt blev registreret ugentligt.

Ammoniak, kuldioxid og lugtmålinger (PTR-MS)

Ammoniak, kuldioxid og lugtstoffer blev alle opsamlet før og efter luftrenseren, via PTFE slanger, og ført til målevognen placeret på siden af staldbygningen. PTFE slanger til måling af baggrundskoncentrationen var placeret på hver side af stalden. Luften fra målepunkterne blev trukket ind i målevognen via membranpumper. Fra pumperne blev luften fordelt til en fotoakustisk gasmåler (INNOVA 1412i fra Lumasense Technologies) og et PTR-MS spektroskop (Ionicon PTR-TOF 1000).

For at skifte mellem individuelle sugepunkter var INNOVA systemet suppleret med to stk. 1309E multipoint samplers (Lumasense Technologies). For INNOVA målinger blev der lavet fem gentagne

målinger ved hvert målepunkt, hvoraf den sidste måling blev registreret. I perioden fra den 15. august 2017 til den 29. august 2017 blev INNOVA systemet udskiftet med et Picarro system.

PTR-MS systemet målte på udvalgte lugtstoffer jf. måleprotokol [4]. Luften til PTR-MS målingerne blev tildelt via en ventilboks. Systemet var indstillet til at måle ti gange fra hvert sugepunkt, én måling i minuttet. Herefter skiftede ventilboksen til næste sugepunkt. Kun den sidste af de ti målinger blev brugt til beregningerne.

Olfaktometriske målinger

Prøver til olfaktometriske målinger blev indsamlet i henhold til DS/EN 13725:2003 [3]. Disse blev ligeledes indsamlet i de to førnævnte målekampagner. jf. VERA protokollen [1]. Prøverne blev sendt til Teknologisk Institut, DMRI (Taastrup) for analyse. Der blev udtaget to sæt prøver én dag om ugen (ét sæt = lugtprøve før og efter luftrenser). Første prøve blev taget kl. 11:00, og anden prøve kl. 13:00. Prøverne blev taget ved at indføre en PTFE slange i en 30 liter nalophan pose placeret i en lufttæt container. Ved hjælp af en pumpe blev der skabt et vakuum i containeren, og posen fyldtes over ca. 30 minutter. Luftens temperatur og relative fugtighed blev målt i målepunkterne efter opsamling af hver luftprøve ved hjælp af henholdsvis Veng VE10 (temperaturføler) og Veng VE14 tilkoblet en DOL sensor. Temperatur og relativ fugtighed i udeluften blev målt før opsamling af første luftprøve og efter opsamling af sidste luftprøve. Der blev ydermere foretaget håndholdte målinger af temperatur og relativ fugtighed med TSI VelociCalc 8347 måler eller Testo 435-4.
Under udtagning af hver lugtprøve blev der målt ammoniak-, kuldioxid- og svovlbrintekoncentration i samme målepunkt som lugtprøven. Ammoniak og kuldioxid blev målt med pumpe (Kitagawa) og sporgasrør 105SD (ammoniak) og 126SF (kuldioxid).

Svovlbrinte

Svovlbrintekoncentration blev målt med en svovlbrintemåler (Jerome 631-XE) umiddelbart efter hver lugtprøveudtagning. Der blev foretaget fire målinger, hvoraf den første blev kasseret. Der blev udregnet et gennemsnit af de resterende tre målinger.

Luftskifte og tryktab

Luftskiftet i luftrenseren blev registreret via Veng systemet. Der blev opsat en STIENEN AQC-92G målevinge for at registrere luftskiftet. I måleperioden blev luftrenserne i syd opprioriteret, og systemet blev indreguleret, så luftydelsen primært gik gennem de to luftrensere i syd. Denne indregulering blev først foretaget efter sommermålingerne ved lokation A, hvorved luftydelsen for denne sommerkampagne var lavere end i de resterende kampagner. Der blev målt tryk over luftrenseren med TSI 9555-P eller Testo 435 måleinstrumenter.

Forbrug

Der var opsat en elmåler, der dækkede det samlede energiforbrug for de to luftrensere i syd samt en elmåler, der dækkede ventilatorerne i syd. Forbruget af syre og base blev registreret ved opmåling af svind i opbevaringstankene. Vandtilførslen til henholdsvis syre- og basekar blev aflæst via vandure.

Lænsevæske

Mængden af lænsevæske fra henholdsvis syre- og basekar blev aflæst via vandure. Der blev udtaget prøver af lænsevæsken (fra både syre- og basekar) én gang om ugen i de otte uger med henholdsvis sommer- og vintertest. Ud over den samlede mængde lænsevæske, blev prøverne analyseret for pH, ledningsevne, ammonium, nitrit/nitrat, totalt svovl og natrium. Prøverne fra lokation A blev analyseret hos Eurofins, mens prøverne fra lokation B blev analyseret hos AnalyTech Miljølaboratorium A/S.

Statistik

Parametre målt med INNOVA (ammoniak, kuldioxid) blev beregnet ved et døgngennemsnit og analyseret i en generaliseret lineær model, hvor dag var tilfældig og autoregressiv, mens sted (før/efter) var systematisk, og udetemperaturen indgik som kovariat. Konvertering af PTR-MS data til lugtreduktion foregik ved beregning af udvalgte lugtstoffers Odour Activity Value (OAV), ved at dividere det enkelte lugtstofs lugttærskelværdi med den målte koncentration. OAV værdier af alle relevante lugtstoffer blev derefter adderet, hvorved SOAV beregnes [2]. SOAV blev samlet til et døgngennemsnit. SOAV blev analyseret i en generaliseret lineær model, hvor dag var en tilfældig variabel. Den beregnede lugtreduktion er den procentuelle forskel mellem SOAV før og efter luftrenseren. Lugtkoncentrationerne, målt olfaktometrisk, blev log-transformeret, før de blev analyseret i en generaliseret lineær model med systematisk effekt af sted og udetemperatur, mens dag var tilfældig.

Resultater og diskussion

Ammoniak

Tabel 1 viser den målte ammoniakkoncentration for begge lokationer for henholdsvis vinter- og sommerkampagnen for luftrenseren. Ved at lede luften fra punktudsugningen gennem luftrenseren blev ammoniakkoncentrationen gennemsnitlig reduceret med 91 procent. Der var ingen signifikant forskel på ammoniakreduktionen mellem de to lokationer ($p = 0,16$).

Tabel 1. Ammoniakkoncentration før og efter luftrenserne for vinter- og sommermålekampagne for lokation A og B.

Lokation	Beskrivelse	Vinter		Sommer	
		Før luftrenser	Efter luftrenser	Før luftrenser	Efter luftrenser
A	Måledage	47	47	40	40
	Gennemsnit, ppm	14,9	1,3***	12,1	0,8***
	95 %-konfidensinterval, ppm	12,6 – 17,3	0,4 – 2,1	8,2 – 15,9	~0 – 1,8
B	Måledage	23	23	35	35
	Gennemsnit, ppm	25,1	4,1***	16,0	0,7***
	95 %-konfidensinterval, ppm	24,1 - 26,2	2,4 – 5,8	15,1 - 17,0	0,7 - 0,8

*** Statistisk signifikant forskel, p<0,001 på koncentrationen før og efter luftrenser.

Ved lokation A blev ammoniakkoncentrationen gennemsnitlig reduceret med 92 procent. I sommerkampagnen (10. juli 2017 til 3. september 2017) blev ammoniak reduceret med 93 procent. I vinterkampagnen (8. januar 2018 til 25. februar 2018) blev ammoniak reduceret med 91 procent. Figur A1 og A2 i appendiks viser dagsmiddel før og efter luftrenseren på samtlige måledage for henholdsvis sommer- og vinterkampagnen.

Ved lokation B blev ammoniakkoncentrationen gennemsnitlig reduceret med 90 procent. I vinterkampagnen (31. oktober 2017 til 21. december 2017) blev ammoniak reduceret med 84 procent. I sommerkampagnen (23. maj 2018 til 11. juli 2018) blev ammoniak reduceret med 96 procent. Figur A3 og A4 i appendiks viser dagsmiddel før og efter luftrenseren på samtlige måledage for henholdsvis sommer- og vinterkampagnen. Udfordringer med måleudstyret gjorde, at målinger foretaget den 7. november 2017 og den 16. november 2017 ikke var brugbare. Der blev disse to dage registreret en stor forskel på kuldioxidkoncentrationen før og efter luftrenseren, hvilket tyder på, at slangerne var tilstoppet. Reduktionerne og værdierne i tabel 1 er beregnet uden de to måledage.

Lugt

Tabel 2 og 3 viser henholdsvis PTR-MS målinger og olfaktometriske målinger af lugtkoncentrationen før og efter luftrenseren ved begge lokationer, for henholdsvis vinter- og sommerkampagnen. PTR-målingerne viste en gennemsnitlig lugtreduktion på 83 procent. Lugtreduktion målt med olfaktometri viste en lugtreduktion på 69 procent. Der var ikke signifikant forskel mellem lokation A og B mht. lugtreduktion målt med PTR-MS (p = 0,26) eller olfaktometri (p = 0,13).

Tabel 2. SOAV beregnet fra PTR-MS data fra henholdsvis sommer- og vinterkampagne ved lokation A og B.

Lokation	Beskrivelse	Vinter		Sommer	
		Før luftrenser	Efter luftrenser	Før luftrenser	Efter luftrenser
A	Antal målinger	6	6	4	4
	SOAV	2691	564***	3590	576***
	95 %-konfidensinterval	2.262 – 3.120	414 – 714	1.590 – 5.591	527 – 625
B	Antal målinger	6	6	8	8
	SOAV	3.444	722***	3.414	465***
	95 %-konfidensinterval	2.782 – 4.106	586 – 857	3.039 – 3.788	430 – 499

*** Statistisk signifikant forskel, p<0,001 på koncentrationen før og efter luftrenser.

Tabel 3. Lugtkoncentrationer målt med olfaktometri før og efter luftrenser for vinter- og sommerkampagne for lokation A og B.

Lokation	Beskrivelse	Vinter		Sommer	
		Før luftrenser	Efter luftrenser	Før luftrenser	Efter luftrenser
A	Antal målinger	14	14	16	16
	Gennemsnit, OU_E/m^3	1.125	343***	1.423	363***
	95 %-konfidensinterval, OU_E/m^3	689 - 1836	290 - 405	1.087 – 1.862	300 – 441
B	Antal målinger	16	16	16	16
	Gennemsnit, OU_E/m^3	1.279	417***	1.264	428***
	95 %-konfidensinterval, OU_E/m^3	829 – 1.973	298 - 584	958 - 1669	375 – 489

*** Statistisk signifikant forskel, p<0,001 på koncentrationen før og efter luftrenser.

Målingerne foretaget med PTR-MS ved lokation A viste, at luftrenseren gennemsnitligt reducerede lugtkoncentrationen med 82 procent. Om sommeren var den gennemsnitlige reduktion på 84 procent og om vinteren på 79 procent. Tabel A1 og A2 i appendiks viser reduktionen af de enkelte lugtstoffer. Datasættet i sommerkampagnen dækker kun fire måledage (9. august 2017, 16. august 2017, 23. august 2017 og 30. august 2017). Der var problemer med måleudstyret, hvorfor målingerne, foretaget på de første fire måledage, ikke var brugbare.
Ved lokation B viste målinger foretaget med PTR-MS, at luftrenseren gennemsnitlig reducerede lugtkoncentrationen med 83 procent. Om vinteren var reduktionen på 79 procent, og om sommeren på 86 procent. Tabel A3 og A4 i appendiks viser reduktionen af de enkelte lugtstoffer.

Lugt målt med olfaktometri ved lokation A viste, at luftrenseren gennemsnitlig reducerede lugtkoncentrationen med 72 procent. Lugtreduktionen målt i sommerkampagnen var 74 procent og i vinterkampagnen 70 procent. Figur A5 og A6 i appendiks viser de enkelte målinger før og efter luftrenseren på måledage for henholdsvis sommer- og vinterkampagnen ved lokation A. Den første måledag i vinterkampagnen blev udeladt grundet problemer med luftrenseren.

Ved lokation B blev lugtemissionen målt med olfaktometri reduceret med 66 procent. Lugtreduktionen målt i vinterkampagnen var 67 procent. Lugtreduktionen målt i sommerkampagnen var 66 procent. Figur A7 og A8 i appendiks viser de enkelte målinger før og efter luftrenseren på måledage for henholdsvis sommer- og vinterkampagnen ved lokation B.

Reduktionen, der blev målt med PTR-MS, var højere end den reduktion, der ses ved beregning via olfaktometri. Forskellen kan bl.a. skyldes, at der med PTR-MS måles kontinuerlig online på de enkelte lugtstoffer under antagelse af, at de tegner det samlede lugtbillede. Olfaktometri derimod er en punktmåling på det faktiske lugtbillede, dog med en relativ stor måleusikkerhed, grundet bl.a. tab fra måleposer, samt adsorption af lugtstoffer til både pose og måleudstyr. Ved at måle direkte online med den kemiske målemetode PTR-MS, før og efter luftrenseren, mindskes måleusikkerheden, og det vurderes, at lugtstofferne og dermed lugtreduktionen bestemmes bedre set i forhold til olfaktometriske punktmålinger.

Støv

Tabel A5 i appendiks viser den målte støvkoncentration ved lokation A. Ifølge resultaterne skulle der være markant mere støv efter luftrenseren end før. Generelt må der forventes en stor støvreduktion i luftrenseren, hvilket indikerer, at den anvendte målemetode ikke har været brugbar i situationen. Det er med stor sandsynlighed salte fra afkastluften, der registreres som støv, idet der var synlige aflejringer på toppen af luftrenseren.

Temperatur, relativ luftfugtighed og kuldioxid

Tabel 4 og 5 viser den gennemsnitlige temperatur, relative luftfugtighed og kuldioxidkoncentration målt før og efter luftrenseren ved lokation A. Tabel 6 og 7 viser den gennemsnitlige temperatur, relative luftfugtighed og kuldioxidkoncentration, målt før og efter luftrenseren ved lokation B, for henholdsvis vinter- og sommerkampagnen.

Ved lokation A blev der i forbindelse med sommerkampagnen på luftrenseren registreret en gennemsnitlig udetemperatur på 19,1 °C over otte uger. I forbindelse med vinterkampagnen på luftrenseren blev der registreret en gennemsnitlig udetemperatur på 4,3 °C over otte uger. Figur A9 og A10 i appendiks viser dagsmiddel af de målte kuldioxidkoncentrationer.

Tabel 4. Gennemsnitlig temperatur, relativ luftfugtighed og kuldioxidkoncentration henholdsvis før og efter luftrenseren i sommerkampagnen (10. juli 2017 til 3. september 2017) ved lokation A. 95 procent konfidensinterval er vist i parentes.

Beskrivelse	Temperatur (°C)	Relativ luftfugtighed (%)	Kuldioxidkoncentration, (ppm)
N	40	40	40
Før	23,5 (22,9 – 24,1)	74,1 (72,9 – 75,4)	1.226 (1.020 – 1.432)
Efter	19,6 (18,9 – 20,3)	~100	1.157 (1.007 – 1.307)

Tabel 5. Gennemsnitlig temperatur, relativ luftfugtighed og kuldioxidkoncentration henholdsvis før og efter luftrenseren i vinterkampagnen (8. januar 2018 til 25. februar 2018) ved lokation A. 95 procent konfidensinterval er vist i parentes.

Beskrivelse	Temperatur (˚C)	Relativ luftfugtighed (%)	Kuldioxidkoncentration, (ppm)
N	45	47	47
Før	20,4 (19,8 – 20,9)	73,8 (72,5 – 75,1)	2.656 (2.411 – 2.901)
Efter	15,7 (15,3 – 16,0)	~100	2.511 (2.150 – 2.871)

Målinger i sommerkampagnen viste en halvering i kuldioxidkoncentration før luftrenseren, i forhold til vinterkampagnen, hvilket skyldes et større luftskifte i selve stalden end i sommerkampagnen.
Ved lokation B blev der i forbindelse med vinterkampagnen registreret en gennemsnitlig udetemperatur på 4,1 ˚C over de otte uger. I forbindelse med sommerkampagnen blev der registreret en gennemsnitlig udetemperatur på 18,6 ˚C over de otte uger. Figur A11 og A12 i appendiks viser dagsmiddel af de målte kuldioxidkoncentrationer.

Tabel 6. Gennemsnitlig temperatur, relativ luftfugtighed og kuldioxidkoncentration før og efter luftrenseren i vinterkampagnen (31. oktober til 21. december 2017) ved lokation B. 95 % konfidens interval er vist i parentes.

Beskrivelse	Temperatur (˚C)	Relativ luftfugtighed (%)	Kuldioxidkoncentration, (ppm)
N	23	23	23
Før	18,8 (18,6 – 19,1)	76 (72 – 77)	2.415 (2.362 – 2.465)
Efter	15,5 (15,4 – 15,7)	~100	2.386 (2.308 – 2.465)

Tabel 7. Gennemsnitlig temperatur, relativ luftfugtighed og kuldioxidkoncentration før og efter luftrenseren i sommerkampagnen (23. maj til 11. juli 2018) ved lokation B. 95 % konfidensinterval er vist i parentes.

Beskrivelse	Temperatur (˚C)	Relativ luftfugtighed (%)	Kuldioxidkoncentration, (ppm)
N	35	35	35
Før	22,4 (22,0 – 22,8)	75 (74 – 76)	1.279 (1.237 – 1.321)
Efter	18,8 (18,6 – 19,0)	~100	1.227 (1.190 – 1.264)

De to måledage den 7. november 2017 og 16. november 2017 er taget ud af den samlede vurdering af luftrenseren, da måleudstyret ikke fungerede efter hensigten.
Den relative luftfugtighed efter luftrenseren er i alle målekampagner sat til ca. 100 procent. Det måleudstyr, der var opsat til kontinuerlige målinger, var ikke i stand til at måle luftfugtigheden efter luftrenseren, og vurderingen er lavet ud fra håndholdte målinger.

Luftydelse og tryktab

Tabel 8 viser den gennemsnitlige luftydelse samt tryktabet gennem luftrenseren i henholdsvis sommer- og vinterkampagnen ved lokation A og B.

Tabel 8. Gennemsnitlig luftydelse samt tryktab målt i henholdsvis sommer- og vinterkampagnen ved lokation A og B. 95 % konfidensinterval er vist i parentes.

Lokation	Sommer		Vinter	
	Luftydelse, (m^3/time)	Tryktab, (Pa)	Luftydelse, (m^3/time)	Tryktab, (Pa)
A	16.193 (14.343 – 18.043)	-	22.542 (21.948 – 23.137)	160 (73 - 246)
B	20.500 (19.800 – 21.200)	130 (99 – 162)	22.000 (21.400-22.600)	224 (180 – 268)

Ved lokation A blev den gennemsnitlige luftydelse gennem luftrenseren målt til 19.368 m^3/time. Tryktabet over luftrenseren var gennemsnitligt 160 Pa i vinterkampagnen. Figur A13 og A14 i appendiks viser dagsmiddel for luftydelsen over de to otte ugers målekampagner.
Der var en lavere luftydelse i sommerkampagnen end i vinterkampagnen ved lokation A. Dette skyldes, at systemet ikke blev indreguleret til at maksimere luftydelsen for de to rensere i syd før efter målekampagnen. De fire luftrensere, der var tilkoblet stalden, kunne tilsammen ventilere mere luft, end der var behov for under afprøvningen. Derfor blev systemet indreguleret til at maksimere luftydelsen på luftrenserne i syd for at give et mere korrekt billede af, hvad luftrenseren kan håndtere som et stand-alone system.
Ved lokation B blev den gennemsnitlige luftydelse målt til 21.250 m^3/time. Tryktabet over luftrenseren var gennemsnitligt 224 Pa og 130 Pa i henholdsvis vinter- og sommerkampagnen. Figur A15 og A16 i appendiks viser dagsmiddel for luftydelsen over de to gange otte ugers målekampagner.
Gennemsnitligt blev der ventileret 17,2 m^3 luft/time/ gris ved de to lokationer via gulvudsuget, hvilket var højere end systemet var indreguleret til (16 m^3 luft/time/gris).

Svovlbrinte

Tabel 9 viser den gennemsnitlige svovlbrintekoncentration i sommer- og vinterkampagnen for henholdsvis lokation A og B.
Ved at lede luften fra punktudsugningen gennem luftrenseren blev svovlbrintekoncentrationen gennemsnitligt reduceret med 92% ved lokation A. Figur A17 og A18 i appendiks viser de enkelte måledage.

Tabel 9. Gennemsnitlig svovlbrintekoncentration før og efter luftrenser i sommerkampagnen (10. juli 2017 til 3. september 2017) ved lokation A. 95 % konfidensinterval er vist i parentes.

Lokation	Beskrivelse	Svovlbrintekoncentration, (ppm)	
		Sommer	Vinter
A	N	8	7
	Før luftrenser	1,21 (0,73 – 1,69)	1,59 (1,17 – 2,02)
	Efter luftrenser	0,07 (~0 – 0,19)***	0,16 (0,01 – 0,31)***
B	N	16	16
	Før luftrenser	1,46 (1,02 – 1,89)	1,96 (1,23 – 2,69)
	Efter luftrenser	0,02 (~0 – 0,13)***	0,09 (~0 – 0,24)***

*** Statistisk signifikant forskel, p<0,001, på koncentrationen før og efter luftrenser.

To af målingerne (fra henholdsvis den 1. august 2017 og den 23. august 2017) indikerede fejl på måleudstyret og blev udeladt fra analysen.

Ved lokation B blev svovlbrintekoncentrationen gennemsnitligt reduceret med 97 procent. Alle måledage er vist i figur A19 og A20 i appendiks.

Generelt blev der målt en høj svovlbrintereduktion. Målinger i både vinter- og sommerkampagnen viste dog stor forskel i koncentrationer mellem enkelte måledage, men også mellem måletidspunkt på enkelte måledage, hvilket indikerer, at koncentrationen af svovlbrinte er meget varierende.

Forbrug

Tabel 10 og 11 viser forbruget for luftrenseren gennem testperioden ved begge lokationer. Forbrug pr. produceret gris er beregnet ud fra en produktion på 5.440 grise (32 – 110 kg).

Tabel 10. Forbrug gennem hele måleperioden, samt forbrug udregnet pr. produceret gris for en enkelt luftrenser ved lokation A.

Beskrivelse	Forbrug gennem testperiode	Forbrug pr. produceret gris
Vand, påfyld, base (m^3)	81	0,015
Vand, aftap, base (m^3)	63	0,012
Vand, påfyld, syre (m^3)	545	0,100
Vand, aftap, syre (m^3)	290	0,053
Syreforbrug (kg)[a]	3.306	0,61
Baseforbrug (kg)[a]	2.823	0,52
Elforbrug - pumper (kWh)	46.394	8,53
Elforbrug - ventilation (kWh)	23.956	4,40

[a] Syre og base forbrug blev beregnet ud fra forbrug i vinterkampagnen.

Tabel 11. Forbrug gennem hele måleperioden, samt forbrug udregnet per produceret gris for en enkelt luftrenser ved lokation B.

Beskrivelse	Forbrug gennem testperiode	Forbrug pr. produceret gris
Vand, påfyld, base (m^3)	68	0,013
Vand, aftap, base (m^3)	2[a]	0,0004[a]
Vand, påfyld, syre (m^3)	498	0,092
Vand, aftap, syre (m^3)	247	0,046
Syreforbrug (kg)	4.569	0,84
Baseforbrug (kg)	2.929	0,54
Elforbrug - pumper (kWh)	47.769	8,78
Elforbrug - ventilation (kWh)	33.552	6,17

[a] Reelt højere lænsemængde end registreret pga. overløb fra recirkuleringskar til gylleopbevaring.

Ved vandpåfyldning er der en mindre forskel, der muligvis afspejler forskellig fordampning som følge af forskellige klimatiske parametre. Aftapning fra basesektionen ved lokation B var markant lavere end for lokation A. Dette var en følge af, at der i perioder ved lokation B var overløb direkte fra recirkuleringskarret til gylleopbevaringen, og den lænsede mængde blev derved ikke registreret. Elforbruget til ventilation viser også en forskel mellem de to lokaliteter. Forklaringen skal sandsynligvis findes i, at luftydelsen ved lokation A særligt i sommerperioden var lavere.

Under forudsætning af en pris på vand på 3,50 DKK/m^3, en pris på syre på 1,0 DKK/kg, en pris på base på 1,5 DKK/kg, en elpris på 0,70 DKK/kWh samt en pris på opbevaring og udbringning af lænsevand på 26,50 DKK/m^3 udgjorde de samlede forbrugsomkostninger gennemsnitligt 10,7 DKK/produceret gris ved de to besætninger. Ud af de samlede forbrugsomkostninger er fratrukket værdien af ekstra kvælstof i gyllen, svarende til 7,00 DKK/kg N, hvilket udgør gennemsnitligt 2,4 DKK/produceret gris. Bruges luftrenseren i forbindelse med en mekanisk ventileret stald, vil der kunne fratrækkes omkostninger til rumventilation på ca. 2 kWh/produceret gris i forhold til en traditionel mekanisk ventileret slagtesvinestald uden luftrensning, hvor energiforbruget typisk ligger på 5,5 kWh/produceret gris.

Lænsevæske

Tabel 12 og 13 viser resultatet af lænsevandanalyserne fra lokation A, og tabel 14 og 15 viser resultatet af lænsevandanalyserne fra lokation B fra henholdsvis sommer- og vinterkampagnerne.

Tabel 12. Analyse af lænsevand fra henholdsvis syre- og basekar, udtaget i sommerkampagnen (10. juli 2017 til 3. september 2017) ved lokation A, foretaget af Eurofins. 95 % konfidensinterval er vist i parentes.

Beskrivelse	Syre-trin	Base-trin
Antal målinger	7	5
pH	2,7 (1,1-4,4)	9,4 (9,4-9,5)
Ledningsevne [mS/cm]	35,4 (34,3-36,6)	21,8 (20,8-22,8)
Ammoniak-N [mg/L]	4.471 (4.106-4.836)	1,5 (~0-5,3)
NO_2+NO_3-N [mg/L]	19,1 (~0-39)	378 (205-551)
Sulfat [mg/L]	19.286 (17.984-20.587)	5.680 (4.683-6.677)
Na [mg/L]	213 (40-390)	5.840 (5.700-6.100)

Tabel 13. Analyse af lænsevand fra henholdsvis syre- og basekar, udtaget i vinterkampagnen (8. januar 2018 til 25. februar 2018) ved lokation A, foretaget af Eurofins. 95 % konfidensinterval er vist i parentes.

Beskrivelse	Syre-trin	Base-trin
Antal målinger	7	7
pH	2,1 (1,9-2,2)	9,0 (8,8-9,2)
Ledningsevne [mS/cm]	71,6 (53,95-89,19)	38,3 (34,84-41,73)
Ammoniak-N [mg/L]	10.429 (6.923-13.934)	11,8 (~0-26,0)
NO_2+NO_3-N [mg/L]	13,7 (9,0-18,4)	890 (769-1.011)
Sulfat [mg/L]	65.857 (46.766-84.948)	23.857 (21.783-25.931)
Na [mg/L]	160 (100-220)	12.100 (10.500-13.700)

pH-værdien målt i lænsevandet fra syretrinnet i sommerkampagnen var noget højere end det setpunkt, der var sat. Det skyldtes målingerne fra den 26. juli 2017. Her viste data, at pH-værdien var 6,7, hvilket må være en følge af, at systemet har stået stille fra den 25. juli 2017 til den 26, juli 2017 pga. et strømnedbrud på ejendomsniveau. Nedetiden afspejler sig også i de andre værdier fra samme måledag. Den store forskel på de målte værdier, der generelt ses mellem sommer og vinter skyldes, at ammoniakbelastningen til luftrenseren var højere om vinteren end om sommeren.

Tabel 14. Analyse af lænsevand fra henholdsvis syre- og basekar, tappet i vinterkampagnen ved lokation B, foretaget af AnalyTech. 95 % konfidensinterval er vist i parentes.

Beskrivelse	Syre-trin	Base-trin
Antal målinger	8	8
pH	2,1 (2,0-2,2)	9,7 (9,6-9,8)
Ledningsevne [mS/cm]	38,6 (23,3-54,0)	39,5 (36,5-41,8)
Ammoniak-N [mg/L]	4.628 (2.480-6.776)	8,5 (5,3-11,7)
NO_2+NO_3-N [mg/L]	-	1,8 (1,6-2,1)
Total S [mg/L]	2.844 (876-4.812)	2.106 (1.524-2.689)
Na [mg/L]	1.914 (885-2.944)	12.213 (8.114-16.311)

Tabel 15. Analyse af lænsevand fra henholdsvis syre- og basekar, tappet i sommerkampagnen ved lokation B, foretaget af AnalyTech Miljølaboratorium A/S. 95 % konfidensinterval er vist i parentes.

Beskrivelse	Syre-trin	Base-trin
Antal målinger	8	8
pH	2,2 (2,1-2,3)	9,7 (9,6-9,8)
Ledningsevne [mS/cm]	51,7 (50,6-52,9)	34,9 (31,6-38,2)
Ammoniak-N [mg/L]	7.984 (7.823-8.144)	2,4 (2,1-2,8)
NO_2+NO_3-N [mg/L]	0,62 (0,52-0,73)	3,1 (2,4-3,8)
Total S [mg/L]	8.639 (8.232-9.045)	3.973 (2.762-5.183)
Na [mg/L]	278 (218-338)	14.663 (12.553-16.772)

Tabel 15 viser, at pH-værdierne i både syre- og basetrinnet var stabile gennem vinterkampagnen. Den relativt høje koncentration af natrium i syretrinnet indikerer, at der er et carry-over fra basetrinnet øverst i luftrenseren til syretrinnet nederst. Dette er en mulig følge af en defekt adskillelse inde i luftrenseren, der har resulteret i et overløb ned til syretrinnet. Denne defekt blev udbedret i forbindelse med reparationen af filterholderne i trin 1 (22. januar 2018). Omvendt var der også en høj mængde svovl i basetrinnet, hvilket delvist må skyldes reaktioner med svovlholdige stoffer, men samtidig også indikerer et carry-over fra syretrinnet og over i basetrinnet. Dette må forventes at øge forbruget af henholdsvis syre og base, da ændringen i pH, grundet carry-over, skal udlignes.
Analyser af lænsevand fra sommerkampagnen ses i tabel 1. De største forskelle ses i de målte svovl- og natriumkoncentrationer. Svovlkoncentrationen var markant højere i sommerkampagnen. Natriumkoncentrationen i syretrinnet var markant lavere i sommerkampagnen, hvilket kan indikere et mindre carry-over.

Service og drift

Tabel 16 og 17 viser reparationer og vedligehold der blev udført i måleperioden på henholdsvis lokation A og B. Der var i alt otte servicedage ved lokation A og 11 servicedage ved lokation B.

Tabel 16. Servicebeskrivelse for måleperioden (20. februar 2017 til 19. februar 2018) for lokation A.

Dato	Hændelse	Tid
8. juni 2017 til 9. juni 2017	Rengøring af filterelementer i syretrin samt ventilator	16 timer
4. januar 2018	Rensning af dyser og fremløbsfiltre	6 timer
5. januar 2018	Udskiftning og kalibrering af niveausensor samt rensning af cirkulationspumper	7 timer
15. januar 2018 til 16. januar 2018	Service og rengøring samt udskiftning af filterelement i fremløb	16 timer
13. februar 2018	Rensning af dyser	3 timer
19. februar 2018	Rensning af dyser	9 timer

Tabel 17. Servicebeskrivelse for måleperioden (14. september 2017 til 18. september 2018) for lokation B.

Dato	Hændelse	Tid
16. oktober 2017	Service + rengøring	8 timer
22. november 2018	Rengøring	12 timer
30. november 2018	Udskiftning af doseringspumper	2,5 timer
4. januar 2018	Udskiftning af ventiler i doseringspumper	1 time
22. januar 2018	Reparation af filterholdere (trin 1) samt rengøring af system	8 timer
2. februar 2018	Rensning af dyser	1,5 timer
14. februar 2018	Service og rengøring, base cirkulationspumpe + dyser	2 timer
1. marts 2018	Service og rengøring, syre cirkulationspumpe + dyser	2 timer
26. marts 2018 til 27. marts 2018	Rep. af glasfiber	16 timer
2. maj 2018	Problemer med syretilførsel	1 time

Den samlede tid til tilsyn og service udgjorde 66 minutter om ugen ved lokation A. Ved lokation B blev der registreret 62 minutters servicetid.

Den samlede nedetid for luftrenseren ved lokation A var 93 timer svarende til én procent af den samlede driftstid. Den samlede nedetid for luftrenseren ved lokation B var 376 timer svarende til fire procent af den samlede driftstid. Grunden til den længere nedetid ved lokation B skyldtes, at filtermaterialet faldt sammen, grundet en konstruktionsfejl, hvorved anlægget var slukket i en længere periode, indtil det kunne repareres. Luftrenserne var derudover i drift gennem hele afprøvningsperioden.

Konklusion

Luftrenseren Agri AirClean fra Agrifarm A/S blev testet ved to lokationer. Luftrenseren var på hver lokalitet tilkoblet punktudsugningsanlægget i en stald med 5.440 stipladser. Luftrenseren, der blev målt på, var en af fire luftrensere der var tilkoblet stalden på den enkelte lokalitet. Luftrenseren reducerede over året gennemsnitligt 91 procent af ammoniakkoncentrationen i den del af luften, der blev ført gennem luftrenseren fra punktudsugningen fra en slagtesvinestald. Lugtkoncentrationen blev reduceret med 83 procent målt med kemiske målinger (PTR-MS) og 69 procent målt med olfaktometriske målinger. Ventilationen var indstillet så op til 16 m^3 luft/time/gris blev ventileret via punktudsugning, men der blev gennemsnitligt ventileret 17,2 m^3 luft/time/gris gennem luftrenserne i afprøvningsperioden.

Luftrenseren var dimensioneret til at kunne ventilere op til 25.000 m^3 luft/time. Gennem afprøvningsperioden var den gennemsnitlige luftydelse 21.250 m^3 luft/time. De samlede forbrugsomkostninger var 10,7 DKK pr. produceret gris, og bestod af el, vand, opbevaring og udbringning, syre og base, samt fratrukket værdien af ekstra kvælstof i gyllen. Omkostningerne er uden arbejdstid, serviceomkostninger, vedligehold og landmandstilsyn. Nedetiden i testperioden var ca. 1 procent af tiden ved lokation A og 4 procent af tiden ved lokation B. Heraf skyldtes en stor del af nedetiden ved lokation B, at et af elementerne i luftrenseren faldt sammen, grundet en konstruktionsfejl, og skulle repareres. Resten af nedetiden var en kombination af øvrige reparationer samt service og rengøring. Derudover var luftrenserne i drift gennem hele afprøvningsperioden.

Referencer

[1]	Test Protocol for Air Cleaning Technologies Version 1 2010-09-17. http://www.vera-verification.eu/test-protocols/
[2]	Wu, C., Lie, J., Zhao, P., Piringer, M., Schauberger, G., 2016: Conversion of the chemical concentration of odorous mixtures into odour concentration and odour intensity - A comparison of methods. Atmos. Environ. 127, 283-292.
[3]	Dansk Standard: (2003): Luftundersøgelse – Bestemmelse af lugtkoncentration ved brug af dynamisk olfaktometri. DS/EN 13725:2003.
[4]	Hansen, MJ., Feilberg, A., 2019: Metodebeskrivelse for kemiske lugtmålinger af miljøteknologier til husdyrproduktion, OAV-modellen. https://mst.dk/service/nyheder/nyhedsarkiv/2019/apr/lugtreduktion-fra-husdyr-bestemt-med-kemiske-maalinger/

Deltagere

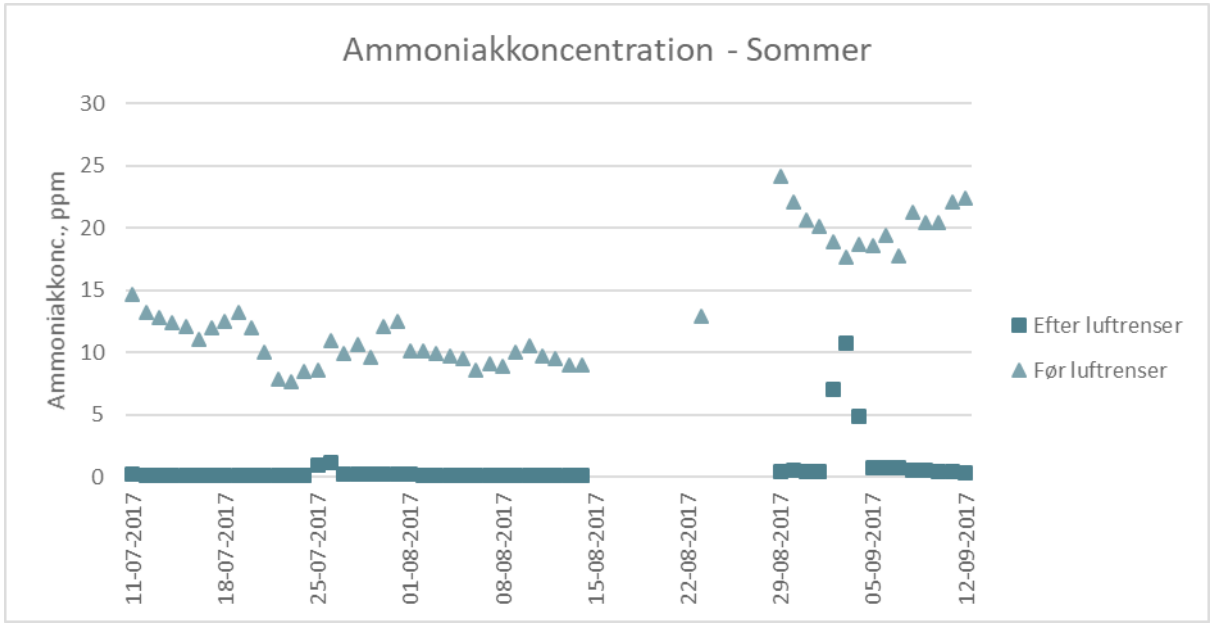
Tekniker: Nina Charles Christensen, Mimi Lykke Mølgaard Eriksen, Thomas Lund Sørensen, Kasper Balslev Sørensen

Statistiker: Mai-Britt Friis Nielsen

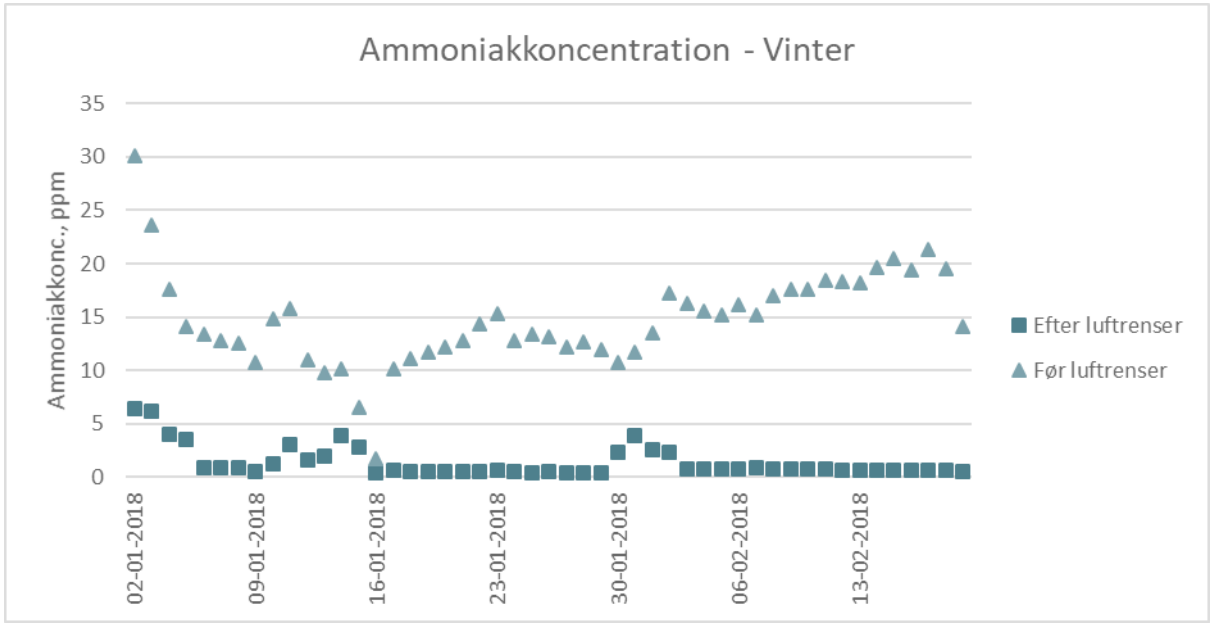
Afprøvning nr. 1415 og 1521
Aktivitetsnr.: 060-330180 og 060-354000

//ANR//

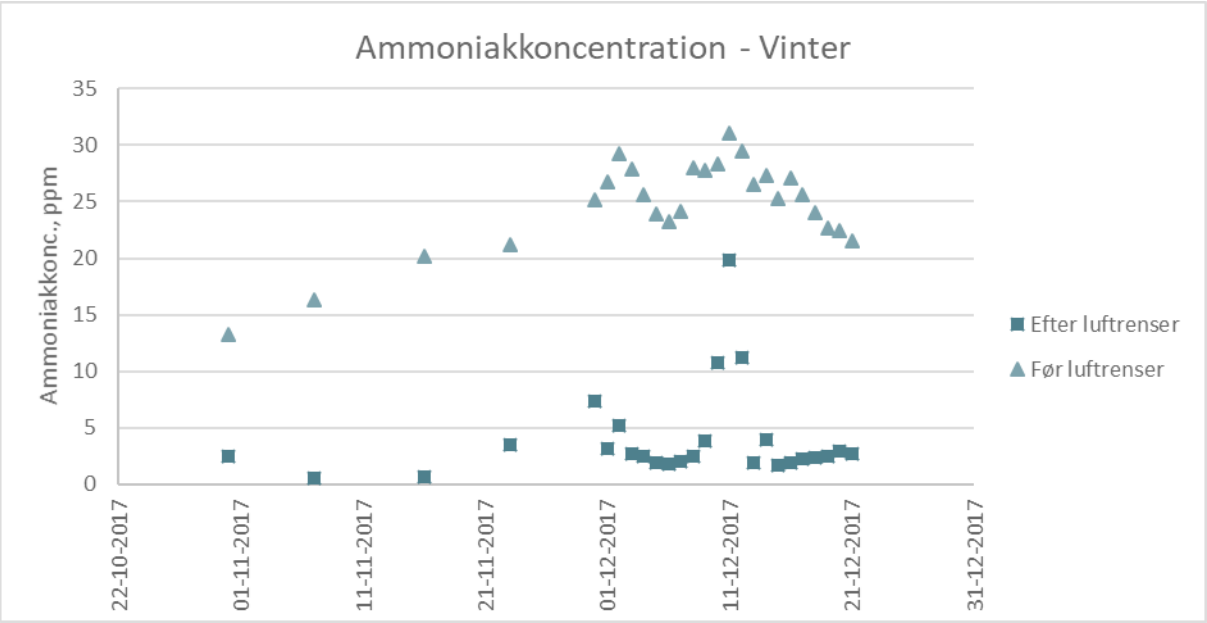
Appendiks



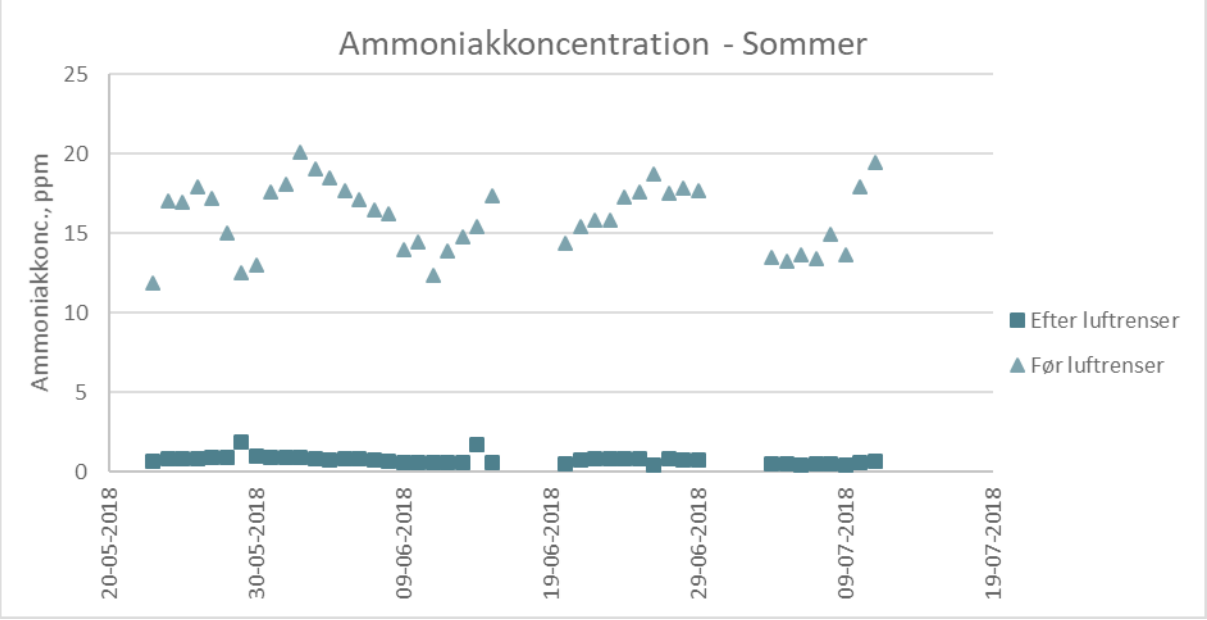
Figur A1. Gennemsnitlig ammoniakkoncentration målt med INNOVA på måledage i sommerkampagnen (10. juli 2017 – 12. september 2017) ved lokation A. Målingen den 23. august 2017 blev udført med Picarro.



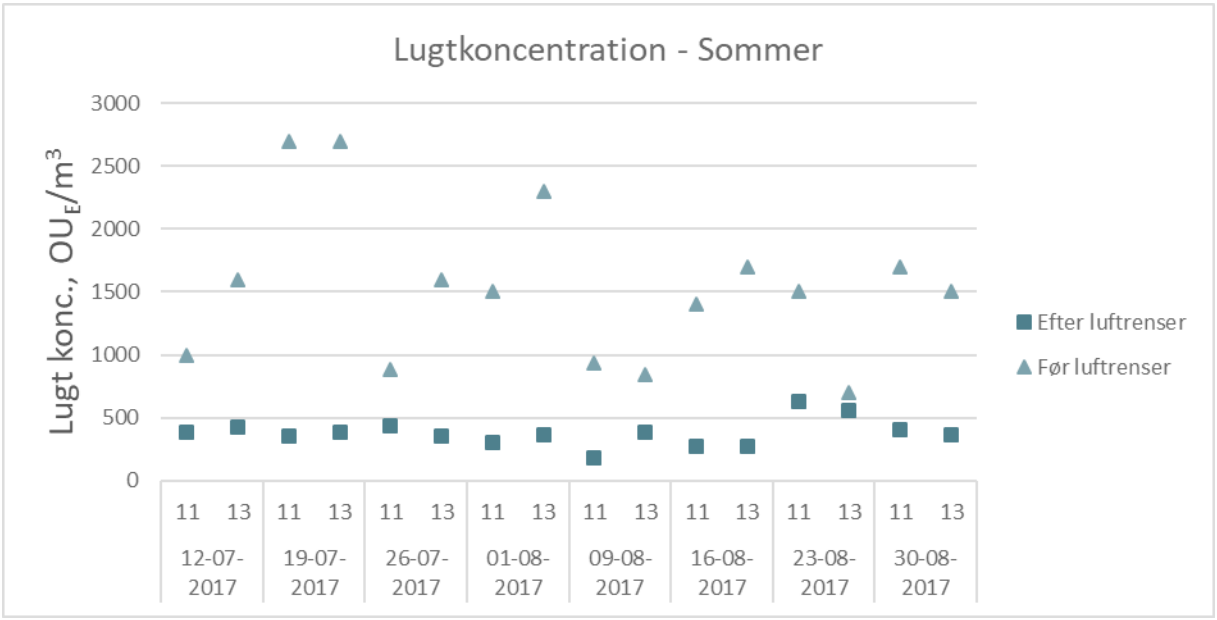
Figur A2. Gennemsnitlig ammoniakkoncentration målt med INNOVA på måledage i vinterkampagnen (8. januar 2018 til 25. februar 2018) ved lokation A.



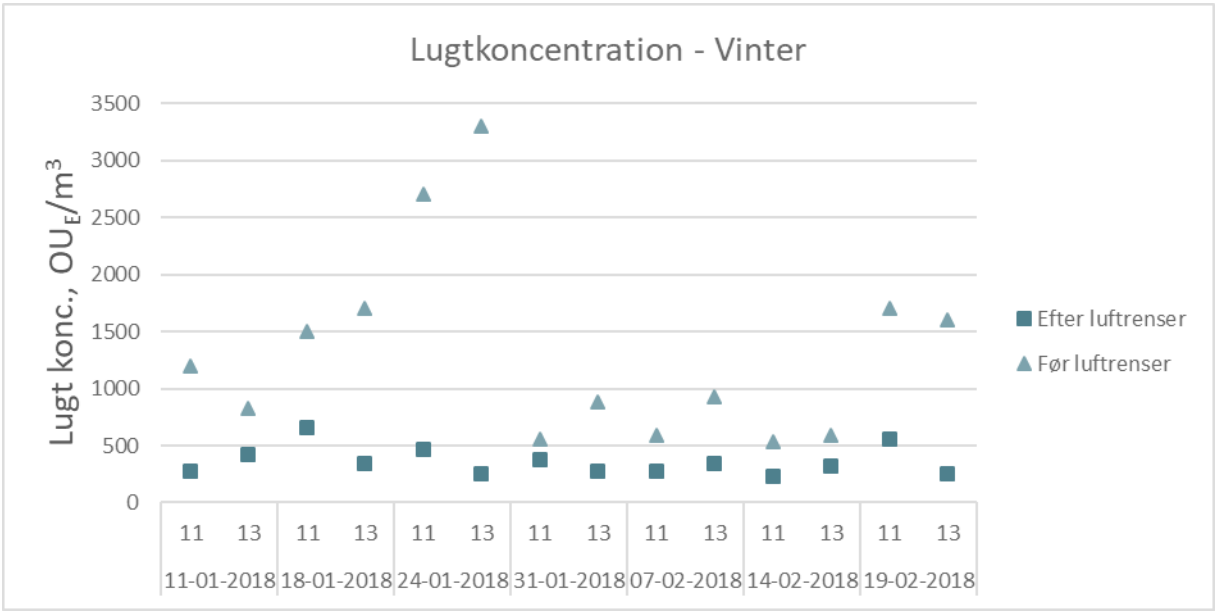
Figur A3. Gennemsnitlig ammoniakkoncentration målt med INNOVA på måledage i vinterkampagnen (31. oktober 2017 – 21. december 2017) ved lokation B.



Figur A4. Gennemsnitlig ammoniakkoncentration målt med INNOVA på måledage i sommerkampagnen (23. maj 2018 – 11. juli 2018) ved lokation B.



Figur A5. Sommermålinger af lugtkoncentration fra luftrenser målt af DMRI over otte uger (10. juli 2017 – 3. september 2017) ved lokation A.



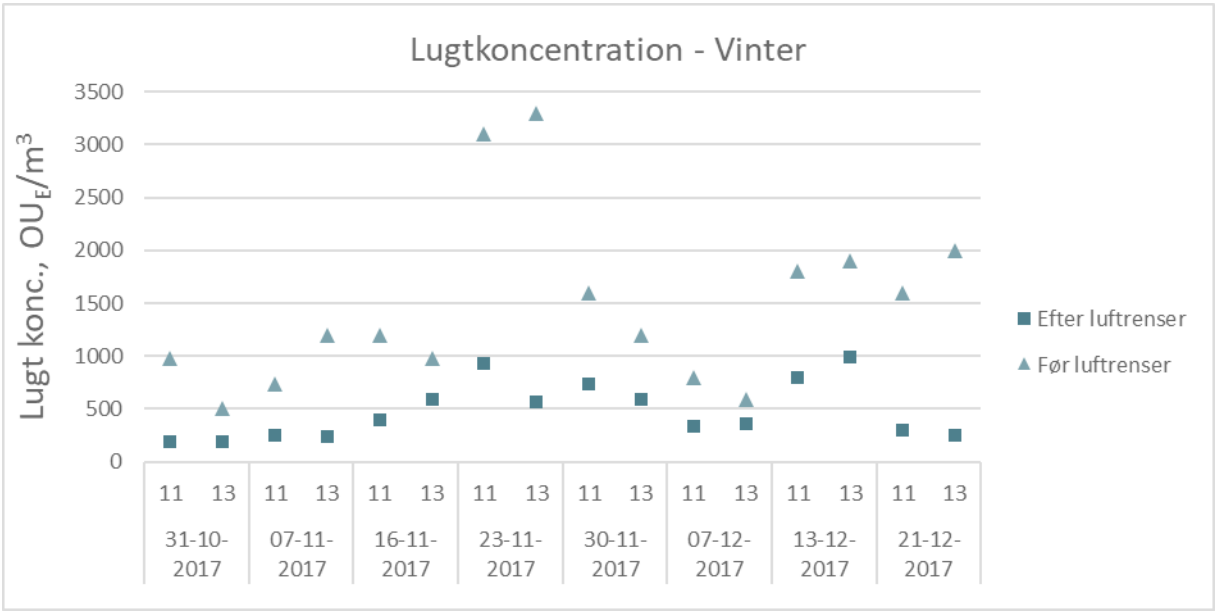
Figur A6. Vintermålinger af lugtkoncentration fra luftrenser målt af DMRI over otte uger (8. januar 2018 til 25. februar 2018) ved lokation A. Første måledag blev aflyst pga. af rensning af dyser i luftrenseren.

Tabel A1. Koncentrationer af enkeltstoffer målt med PTR-MS før og efter luftrenseren i sommerkampagnen (10. juli 2017 – 3. september 2017) ved lokation A. Målinger er korrigeret for kvantificeringsgrænse samt H_2S-kalibreret.

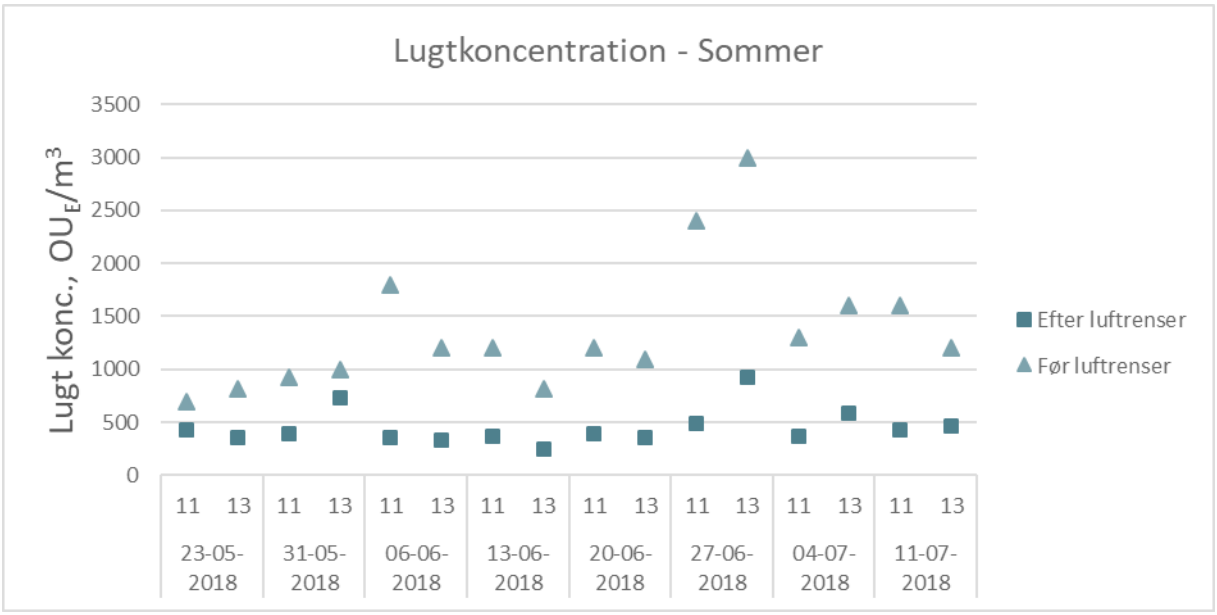
Lugtstof	N	Lugttærskel	Koncentration før renser, ppb	OAV før renser	Koncentration efter renser,ppb	OAV efter renser
H_2S	4	0,80	865,99	1.082,48	27,78	34,73
Eddikesyre	4	8,30	626,53	75,49	33,37	4,02
Metanthiol	4	0,03	19,00	633,20	12,41	413,77
Propionsyre	4	5,70	101,72	17,85	4,53	0,80
Trimethylamin	4	0,08	11,37	142,13	2,37	29,68
Smørsyre	4	0,23	41,77	181,60	1,80	7,85
C5-carboxylsyre	4	0,20	17,21	86,05	1,27	6,34
4-methylphenol	4	0,02	22,47	1.123,36	0,88	43,95
Skatol	4	0,003	0,74	248,11	0,09	30,23
SOAV				3.590,26		571,36

Tabel A2. Koncentrationer af enkeltstoffer målt med PTR-MS før og efter luftrenseren i vinterkampagnen (8. januar 2018 til 25. februar 2018) ved lokation A. Målinger er korrigeret for kvantificeringsgrænse samt H_2S-kalibreret.

Lugtstof	N	Lugttærskel	Koncentration før renser, ppb	OAV før renser	Koncentration efter renser, ppb	OAV efter renser
H_2S	6	0,80	709,09	886,36	81,72	102,15
Eddikesyre	6	8,30	653,13	78,69	21,28	2,56
Metanthiol	6	0,03	10,05	334,95	10,70	356,73
Propionsyre	6	5,70	88,44	15,52	2,54	0,45
Trimethylamin	6	0,08	7,57	94,66	1,97	24,67
Smørsyre	6	0,23	31,35	136,32	1,13	4,91
C5-carboxylsyre	6	0,20	11,66	58,29	0,79	3,95
4-methylphenol	6	0,02	14,90	744,81	0,66	33,16
Skatol	6	0,003	1,02	341,39	0,10	34,68
SOAV				2.690,99		563,27



Figur A7. Vintermålinger af lugtkoncentration fra luftrenser målt af DMRI over otte uger (31. oktober 2017 – 21. december 2017) ved lokation B.



Figur A8: Vintermålinger af lugtkoncentration fra luftrenser målt af DMRI over otte uger (31. oktober 2017 – 21. december 2017) ved lokation B.

Tabel A3. Koncentrationer af enkeltstoffer målt med PTR-MS før og efter luftrenseren i vinterkampagnen (31. oktober 2017 – 21. december 2017) ved lokation B. Målinger er korrigeret for kvantificeringsgrænse, samt H_2S-kalibreret

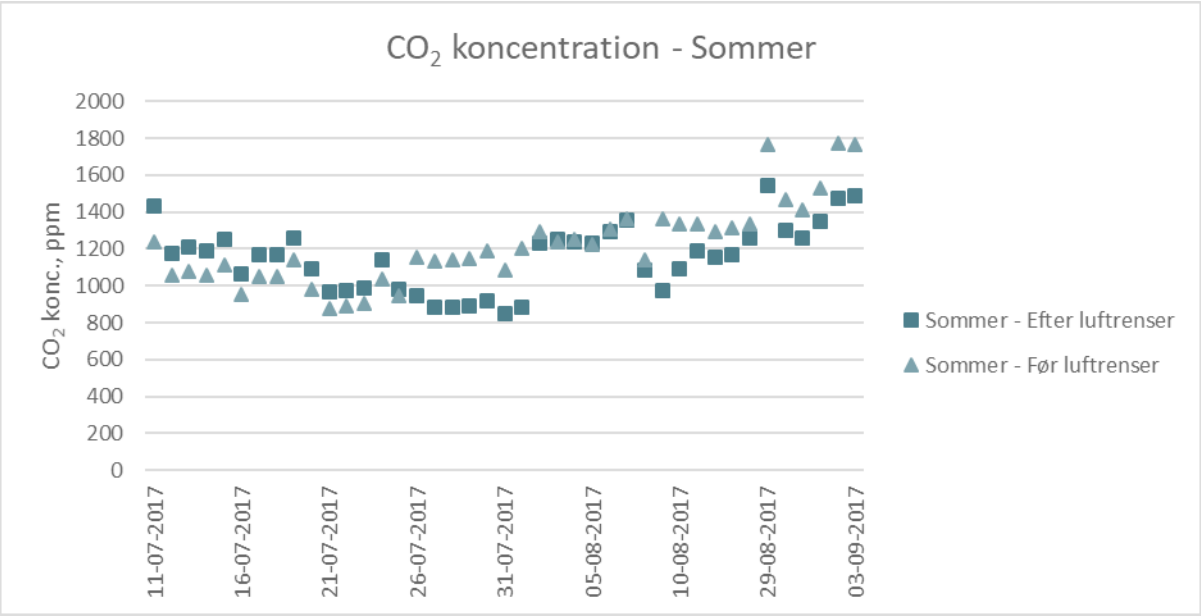
Lugtstof	N	Lugttærskel	Koncentration før renser, ppb	OAV før renser	Koncentration efter renser, ppb	OAV efter renser
H_2S	6	0,80	586,11	732,64	27,41	34,26
Eddikesyre	6	8,30	569,03	68,56	59,77	7,20
Metanthiol	6	0,03	16,24	541,38	14,11	470,49
Propionsyre	6	5,70	75,25	13,20	6,12	1,07
Trimethylamin	6	0,08	18,63	232,84	4,75	59,40
Smørsyre	6	0,23	26,20	113,89	2,20	9,55
C5-carboxylsyre	6	0,20	11,57	57,83	1,44	7,19
4-methylphenol	6	0,02	22,58	1129,05	1,41	70,66
Skatol	6	0,003	1,66	554,81	0,17	57,03
SOAV				3444,20		716,84

Tabel A4. Koncentrationer af enkeltstoffer målt med PTR-MS før og efter luftrenseren i sommerkampagnen (23. maj 2018 – 11. juli 2018) ved lokation B. Målinger er korrigeret for kvantificeringsgrænse, samt H_2S-kalibreret

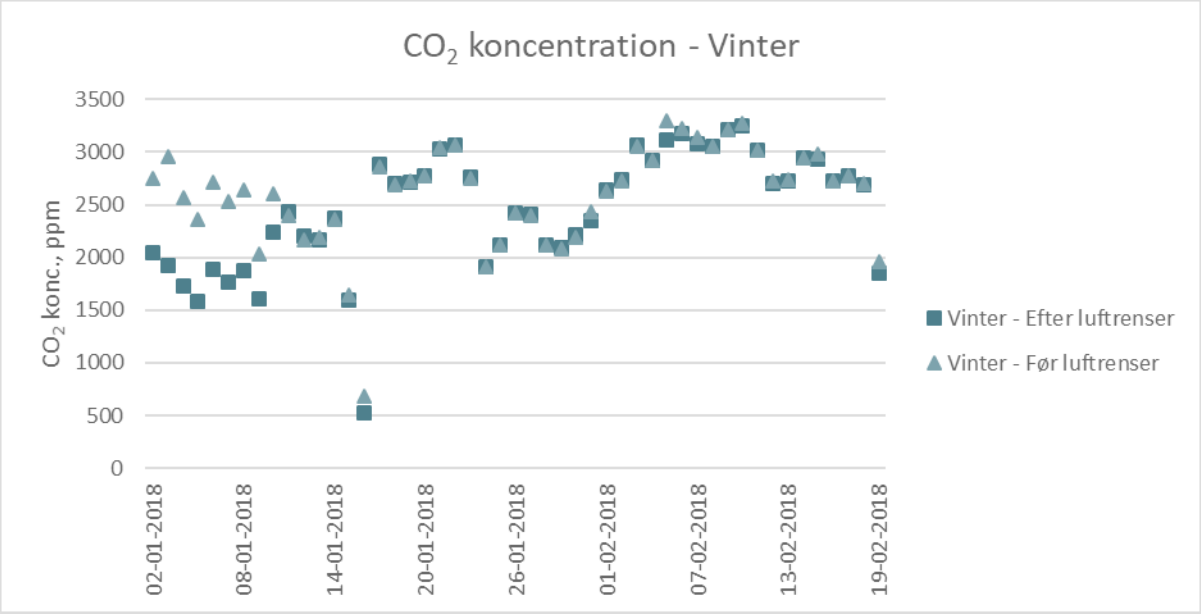
Lugtstof	N	Lugttærskel	Koncentration før renser,ppb	OAV førrenser	Koncentration efter renser,ppb	OAV efterrenser
H_2S	8	0,80	769,29	961,62	26,55	33,19
Eddikesyre	8	8,30	907,49	109,34	12,42	1,50
Metanthiol	8	0,03	12,96	431,85	10,64	354,69
Propionsyre	8	5,70	99,15	17,40	1,92	0,34
Trimethylamin	8	0,08	14,14	176,80	1,41	17,68
Smørsyre	8	0,23	34,51	150,03	0,85	3,70
C5-carboxylsyre	8	0,20	13,96	69,79	0,63	3,14
4-methylphenol	8	0,02	25,03	1251,28	0,30	14,95
Skatol	8	0,003	0,74	245,53	0,09	30,00
SOAV				3413,63		459,19

Tabel A5. Støvmålinger ved lokation A.

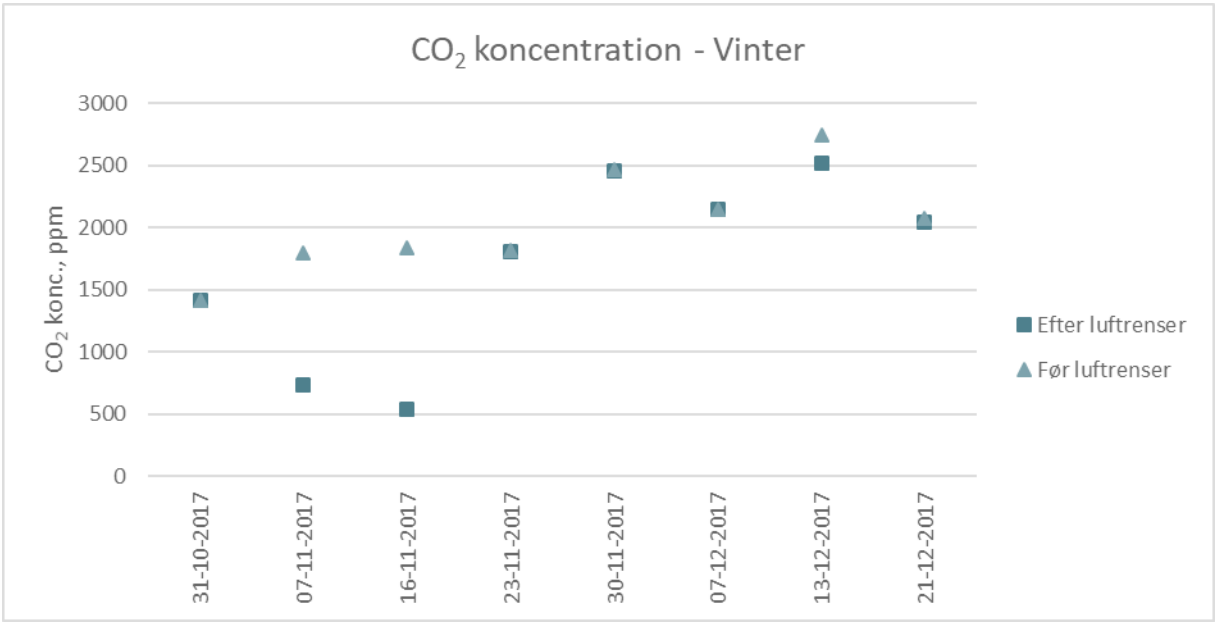
	Sommer		Vinter	
Beskrivelse	Før	Efter	Før	Efter
Totalt støv	0,22	4,57	0,19	0,81
Standard afvigelse	0,11	0,72	0,04	0,73



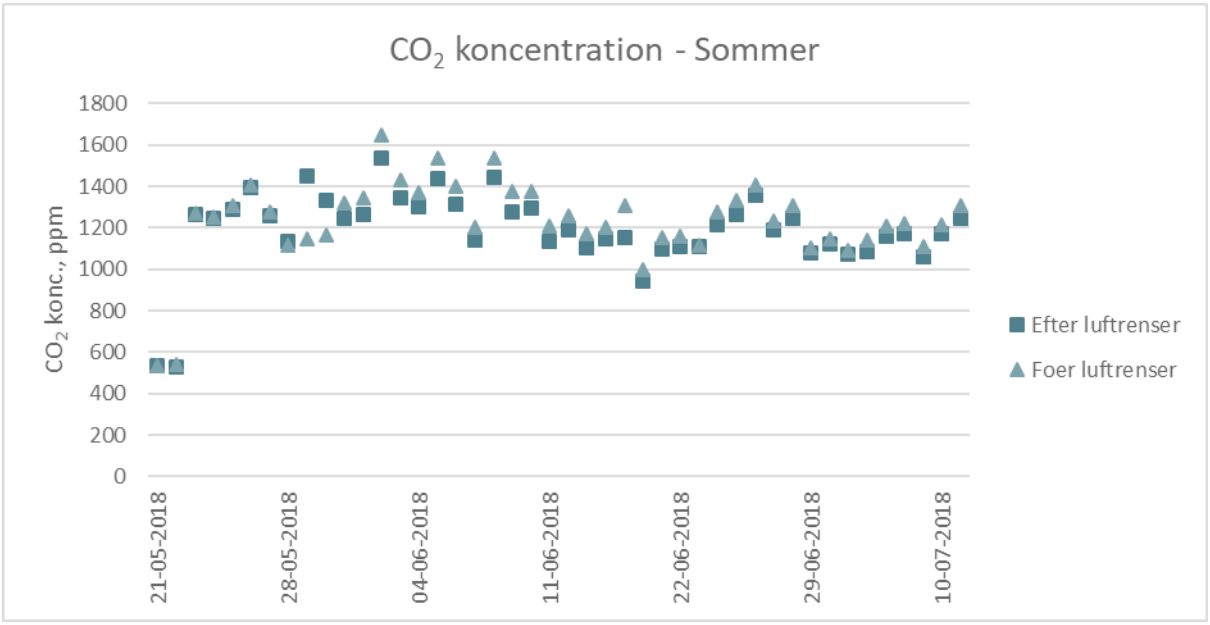
Figur A9: Gennemsnitlig CO_2-koncentration på måledage i sommerkampagnen (10. juli 2017 – 3. september 2017) ved lokation A.



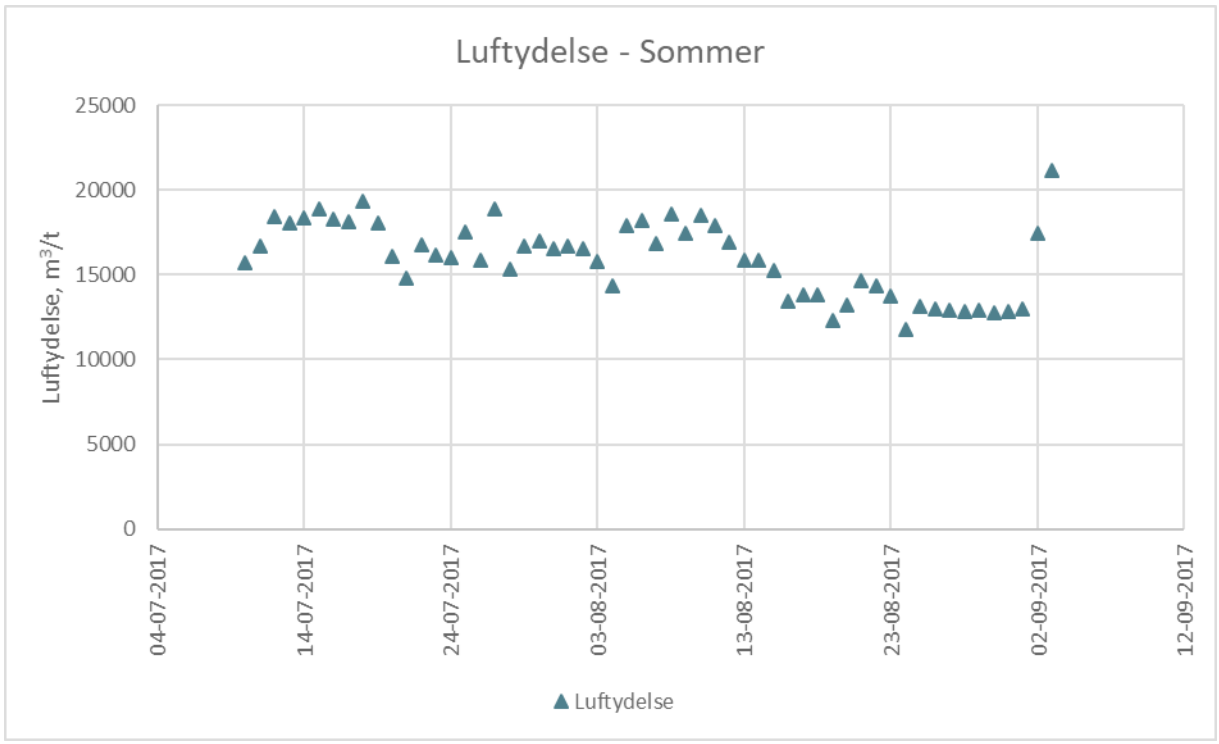
Figur A10. Gennemsnitlig CO_2-koncentration på måledage i vinterkampagnen (8. januar 2018 til 25. februar 2018) ved lokation A.



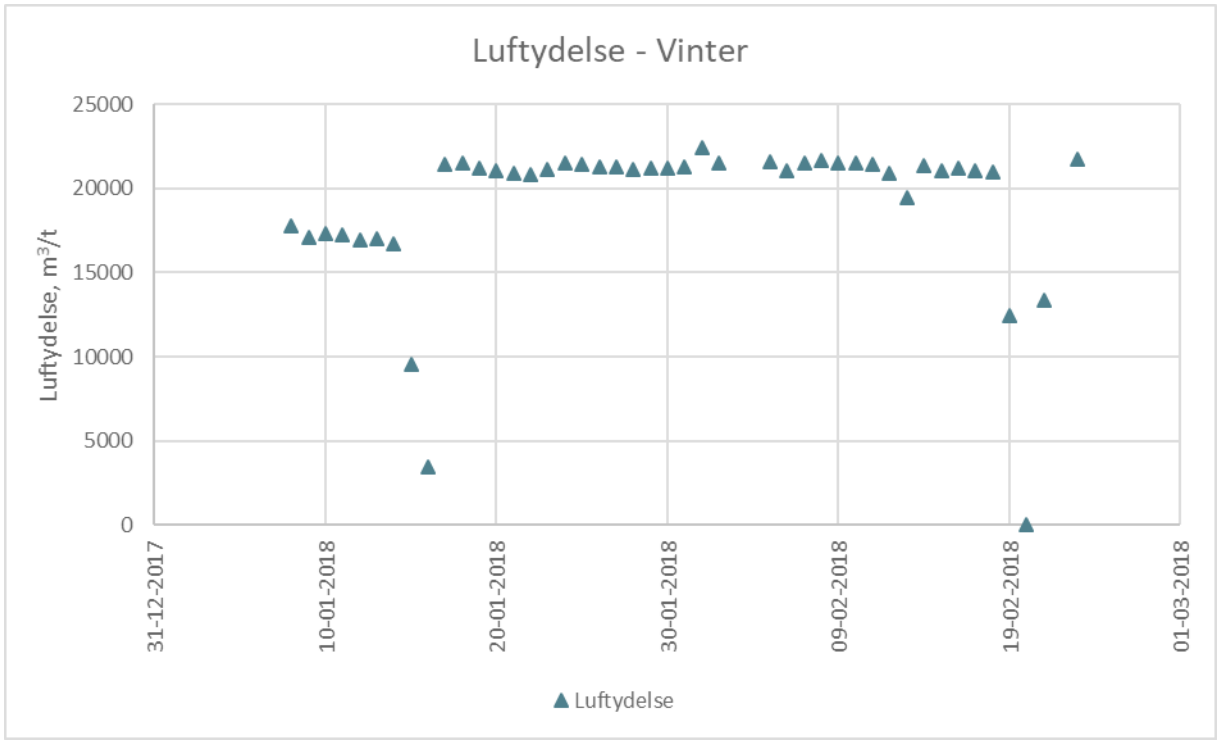
Figur A11. Gennemsnitlig CO_2-koncentration på måledage i vinterkampagnen (31. oktober 2017 – 21. december 2017) ved lokation B.



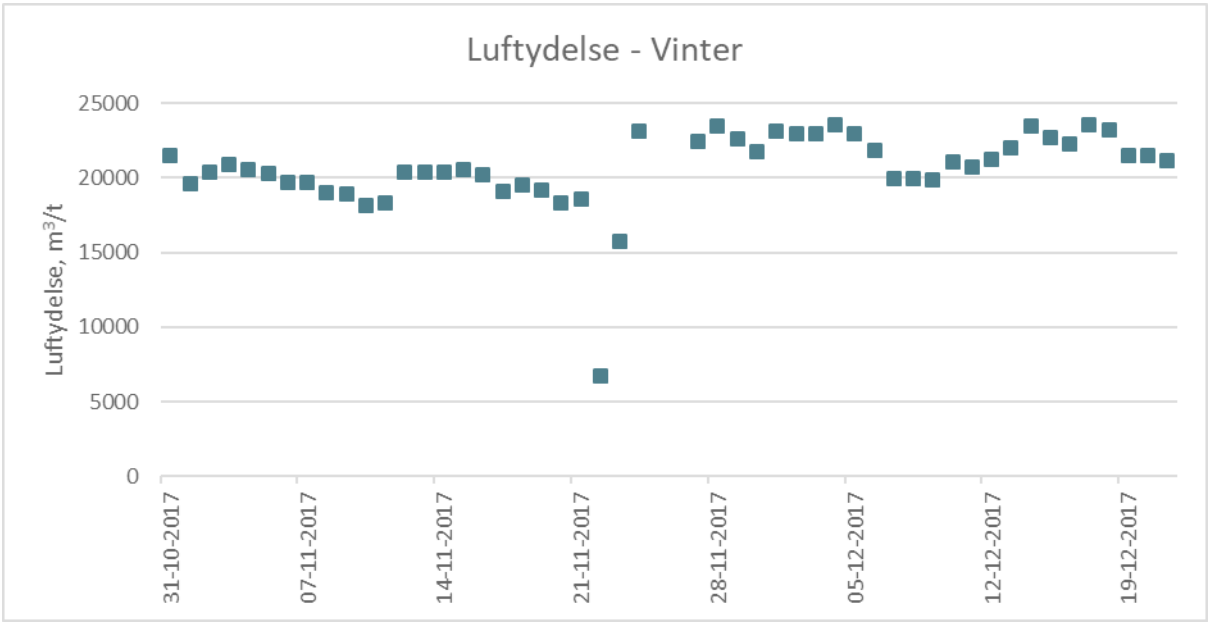
Figur A12. Gennemsnitlig CO_2-koncentration på måledage i sommerkampagnen (23. maj 2018 – 11. juli 2018) ved lokation B.



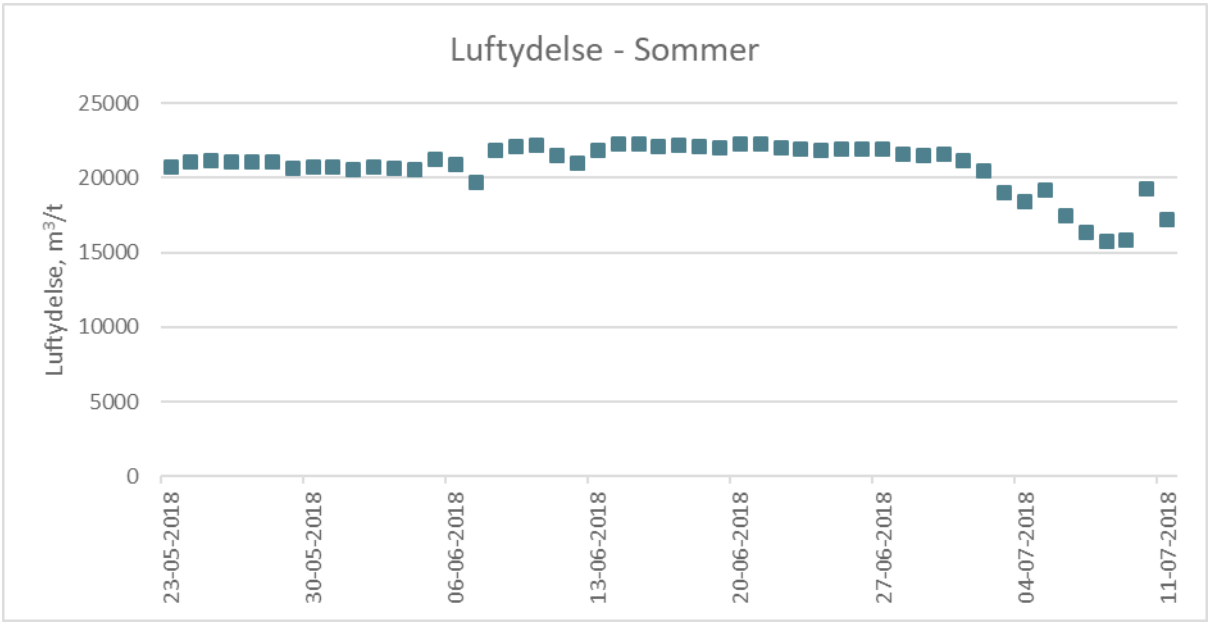
Figur A13. Gennemsnitlig luftydelse på måledage i sommerkampagnen (10. juli 2017 – 3. september 2017) ved lokation A.



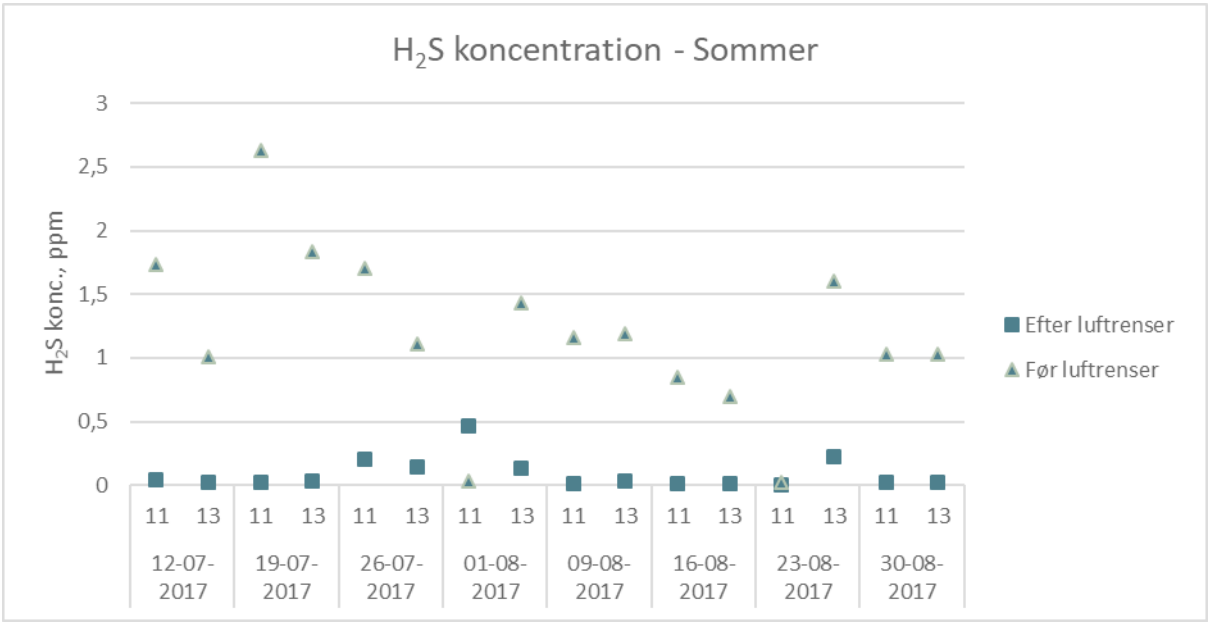
Figur A14. Gennemsnitlig luftydelse på måledage i vinterkampagnen (8. januar 2018 til 25. februar 2018) ved lokation A.



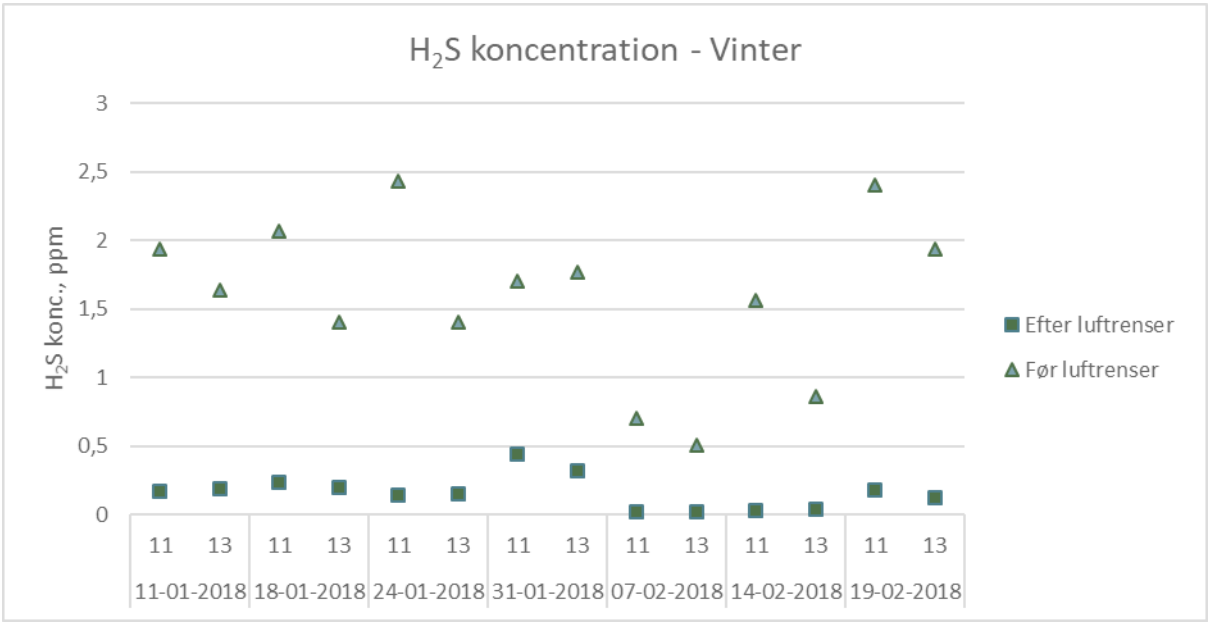
Figur A15. Luftydelse og tryktab (målt under vinterkampagnen 31. oktober 2017 – 21. december 2017) ved lokation B.



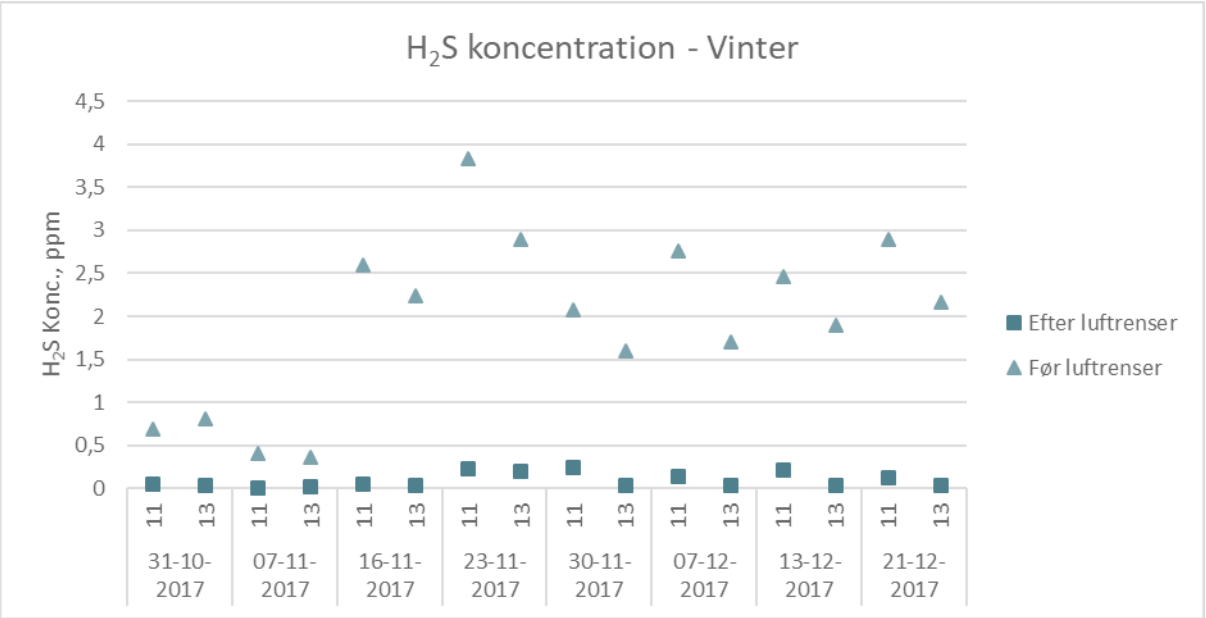
Figur A16. Luftydelse og tryktab (målt under sommerkampagnen 23. maj 2018 – 11. juli 2018) ved lokation B.



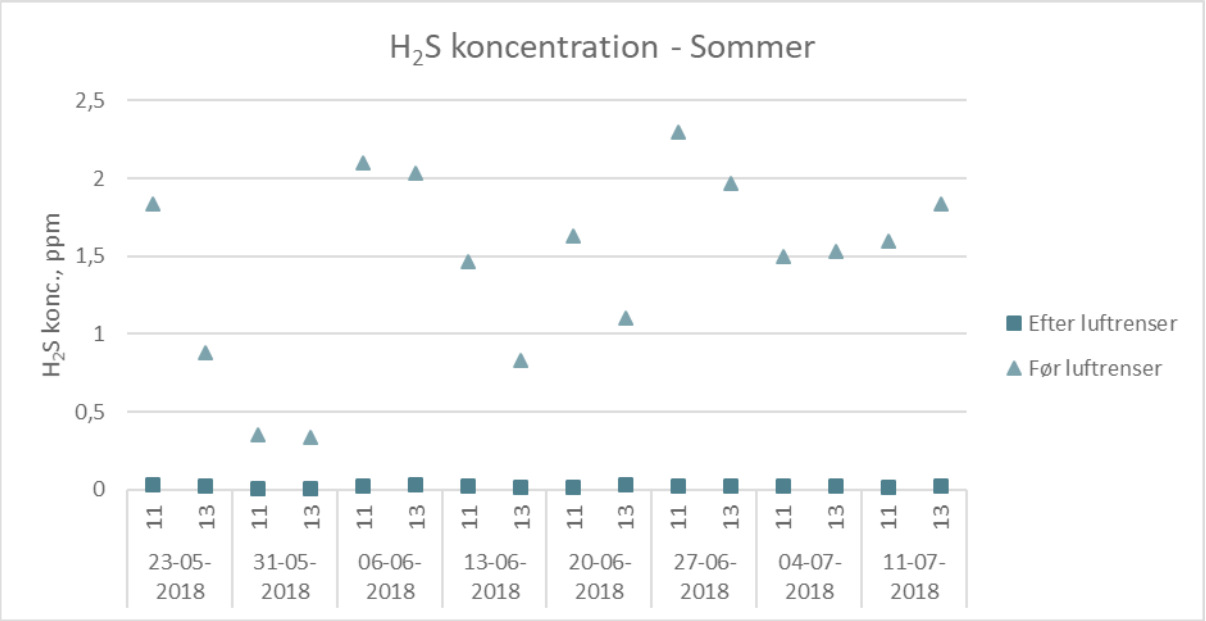
Figur A17. Gennemsnitlig H_2S-koncentration på måledage i sommerkampagnen (10. juli 2017 – 3. september 2017) ved lokation A.



Figur A18. Gennemsnitlig H_2S-koncentration på måledage i vinterkampagnen (8. januar 2018 til 25. februar 2018) ved lokation A.



Figur A19. Gennemsnitlig H_2S-koncentration på måledage i vinterkampagnen (31. oktober 2017 – 21. december 2017) ved lokation B.



Figur A20. Gennemsnitlig H_2S-koncentration på måledage i sommerkampagnen. (23. maj 2018 – 11. juli 2018) ved lokation B.

Tlf.: 33 39 45 00
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.