

# MILJØEFFEKT SAMT DRIFTSOMKOSTNINGER VED INTELLIFARM SLAGTESVINESTALD FRA AGRIFARM A/S

Forfattere

Simon Wilhelm Yde Granath, Anders Peter Adamsen<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ansat i SEGES Svineproduktion, da afprøvningen blev gennemført

STØTTET AF

**Svine**afgiftsfonden

---

## Hovedkonklusion

Afprøvningen af stalden viste, at gennemsnitlig 74 procent af den samlede ammoniakemission og 75 procent af lugtemissionen blev opsamlet i punktudsugningskanalen. Der blev i afprøvningsperioden anvendt et elforbrug på 9,9 kWh per produceret gris.

---

## Sammendrag

AgriFarm har udviklet et staldkoncept benævnt "Intellifarm". Stalden gør brug af hybridventilation, hvor naturlig ventilation kombineres med punktudsugning for at opnå et lavt energiforbrug samt en stor opsamling af ammoniak og lugtstoffer. Formålet med afprøvningen var at evaluere staldkonceptet Intellifarm i forhold til ammoniak- og lugtemission samt driftsstabilitet og driftsomkostninger med henblik på at få systemet optaget på Miljøstyrelsens Teknologiliste. Afprøvningen blev foretaget på to forskellige lokationer.

Resultaterne viste, at over året blev gennemsnitlig 74 procent af den samlede ammoniakemission opsamlet via punktudsugningen i forsøgssektionen. Gennemsnitlig blev 75 procent af lugtemissionen opsamlet i punktudsugningen. Der var statistisk forskel mellem de to lokationer med hensyn til andelen af lugtemissionen via punktudsugningen ( $p < 0,01$ ).

I forsøgssektionen blev der over året gennemsnitligt ventileret 17,9 m<sup>3</sup>/time/gris igennem punktudsugningen og 66 m<sup>3</sup>/time/gris via den naturlige ventilation i forsøgssektionen. I kontrolsektionen var luftydelsen via den naturlige ventilation gennemsnitligt 88 m<sup>3</sup>/time/gris.

Forbrugsdata blev beregnet til 9,9 kWh per produceret gris. Forbrugsdata dækker over naturlig ventilation, lys, højtrykskøling, elforbrug til gulv- og rumvarme samt punktudsugning. Omkostninger til elforbrug for gulv- og rumvarme blev beregnet ud fra det målte energiforbrug til varme i stalden, hvilket var henholdsvis 5,5 kWh per produceret gris for gulvvarme og 4,5 kWh per produceret gris for rumvarme.

Overordnet set var der kun få problemer med driften af stalden, der kunne tilskrives problemer med mekanikken i stalden, og intet der vurderes at have haft kvantificerbar effekt på systemets miljøeffekt. Afprøvningen blev udført jævnfør guidelines i VERA protokollen for test af staldsystemer [1].

## Baggrund

AgriFarm har udviklet et staldkoncept til slagtesvin, benævnt Intellifarm, hvor naturlig ventilation kombineres med mekanisk punktudsugning (hybridventilation). Hybridventilation har den fordel, at en stor del af luftsiftet opnås ved naturlig ventilation, og dermed reduceres energiforbruget til ventilation. Samtidig samles en stor del af ammoniak- og lugtemissionen fra stalden i punktudsugningsluften, og dermed er der mulighed for at foretage en mere omkostningseffektiv rensning af ammoniak- og lugtemissionen.

Den mekaniske punktudsugning anvendes som den første del af ventilationen. Når der er behov for øget luftsifte i stalden, suppleres med naturlig ventilation via åbning af vinduesventiler i siden af stalden, midt på tagfladen og i kippen. Den naturlige ventilation reguleres efter klimatiske parametre (temperatur, vindhastighed, vindretning etc.). Sensorer registrerer klimaparametre, hvorefter en algoritme beregner korrekt ventilation, baseret på set-punkter i et tilhørende softwareprogram.

Formålet med afprøvningen var at evaluere staldkonceptet Intellifarm i forhold til ammoniak- og lugtemission samt driftsstabilitet og driftsomkostninger med henblik på at få systemet optaget på Miljøstyrelsens Teknologiliste.

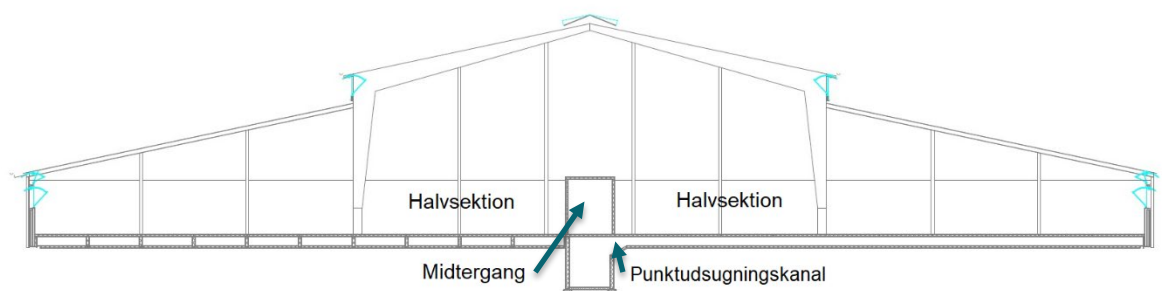
## Materialer og metoder

Afprøvningen foregik i to Intellifarm-stalde. Staldene havde 5.440 stipladser til slagtesvin fordelt på fire sektioner, hvilket svarede til 1.360 stipladser per sektion. Stalden ved lokation A havde desuden et ekstra staldrum med én række stier, svarende til 170 stipladser, der blev brugt som buffersektion. De enkelte sektioner bestod af to halvsektioner, adskilt af en midtergang, figur 1. Hver halvsektion målte 22,4 m x 24,2 m. Stierne målte 2,4 m x 5,1 m. Stierne var indrettet med 1/3 fast gulv med overdækning og 2/3 spaltegulv og vådfodring i langkrybbe. Højden fra gulv til loft var på højeste punkt 10 m. Stalden havde en taghældning på 12 grader.

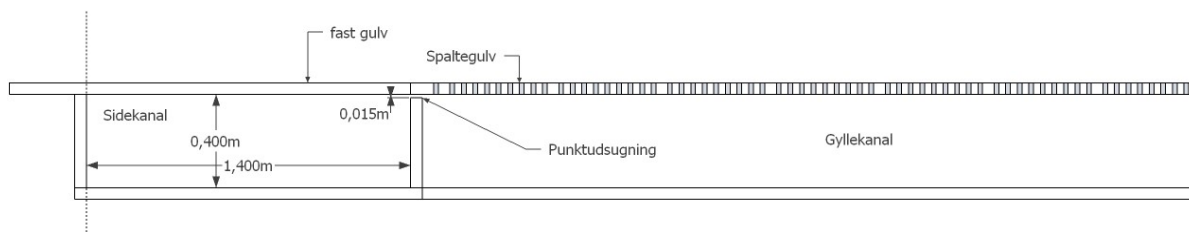
Gyllesystemet var med automatisk udslusning ved brug af spadeventiler. Stalden var udformet med hybridventilation, hvor op til 16 m<sup>3</sup> luft/time/gris (jf. indstillingerne) blev ventileret mekanisk via en punktudsugningskanal placeret under det faste gulv i hver stierække, og resten som naturlig ventilation via vinduesåbninger i siderne af stalden, midt på tagfladerne (loftsåbninger) og i kippen.

Punktudsugningen sugede luft ud under samtlige stier i den enkelte sektion via en sidekanal med en 15 mm rille ved overgangen mellem fast gulv og spaltegulv, figur 2. Punktudsugningen var indstillet således, at luftydelsen blev øget lineært fra 0 til 16 m<sup>3</sup>/t/gris over de første 20 dage efter indsættelse.

Punktudsugningsluften fra de fire sektioner blev samlet i en hovedkanal under den centrale fordelingsgang i staldsystemet, hvor et luftrensesystem Agri AirClean var tilkoblet.



Figur 1: Tværsnit af stald.



Figur 2: Illustration af punktudsugningskanalen i staldrummet.

## Lokation A

Afprøvningen blev foretaget i en slagtesvinestald fra 2015 i perioden 24. oktober 2016 - 2. november 2017.

## Lokation B

Afprøvningen blev foretaget i en slagtesvinestald fra 2017 i perioden 14. september 2017 – 18. september 2018.

## Gennemførelse

Målinger ved henholdsvis lokation A og B blev gennemført i henhold til VERA-protokollen for test af staldsystemer [1]. Hver 14. dag blev besætningen besøgt af en tekniker fra SEGES, Den rullende afprøvning, hvor der blev lavet kontrolmålinger i forhold til de relevante parametre samt registreret svineri på dyrene samt det faste gulv.

## Staldsektioner

Ved begge lokationer blev der anvendt to sektioner, hvor ammoniak og lugt blev målt i staldrum og punktudsugningsluft på måledage fordelt over en periode på et år. Den ene sektion blev brugt som forsøgssektion og den anden som kontrolsektion på hver lokation. I kontrolsektionen blev punktudsugningen slukket, og al ventilation blev foretaget via den naturlige ventilation af staldrummet. Der blev byttet om på forsøgs- og kontrolsektion mellem hvert hold grise. Grisene blev indsat ved cirka 32 kilo og leveret til slagtning, når de havde opnået optimal slagtevægt. Indsættelse foregik over cirka fire uger, med indsættelse i én halvsektion ad gangen. Staldene blev rengjort og desinficeret mellem hvert hold.

## Fremgangsmåde ved ammoniak- og kuldioxidmålinger

Ammoniak- og kuldioxidmålinger blev foretaget på måledage med 24-timers kontinuerlige målinger. Måledagene var fordelt over et år, med målinger i starten og slutningen af produktionshold.

Koncentrationerne blev målt i luften fra henholdsvis naturlig ventilation, punktudsugning og i udeluft. Der var monteret sensorer til måling af temperatur og relativ luftfugtighed i kippen og i udeluft. Der blev anvendt en fotoakustisk gasmåler (INNOVA 1412i med to styk 1309 multipointsamlere, til måling af ammoniak og kuldioxid). Der blev lavet fem gentagne målinger ved hvert målepunkt, hvoraf kun den sidste måling blev registreret, og brugt til statistiske beregninger.

Målingerne var fordelt over året med én måling cirka tre uger efter, at forsøgssektionen var fyldt for at sikre, at punktudsugningen kørte på 100 procent, samt at der var fyldt grise i kontrolsektionen, og én måling ugen før første udlevering af grise.

Ammoniakemissionen fra henholdsvis stald og punktudsugning blev beregnet ud fra den målte ammoniakkoncentration, ventilationsydelsen og antallet af grise i sektionen ved følgende formel:

$$g \text{ NH}_3\text{-N//time/dyr} = (M \times V \times Q \times P) / (R \times T \times N \times 1.000)$$

hvor

M: Molvægten af nitrogen, 14,007 gram/mol

V: Koncentration, ppm = ml/m<sup>3</sup>

Q: Ventilationsydelsen, m<sup>3</sup>/time

P: Tryk, 1 atm.

R: Gaskonstanten, 0,0821 l x atm/(mol x K)

T: Temperaturen i Kelvin

N: Antal grise i sektionen, styk

Ved beregning af ammoniakemissionen fra den naturlige ventilation, blev der anvendt et gennemsnit af ammoniakkoncentrationsmålingerne fra loftsåbninger og kip. Ammoniakemissionen blev beregnet som døgngennemsnit.

## Fremgangsmåde ved lugtmålinger

Prøver til olfaktometriske lugtmålinger blev foretaget i henhold til DS/EN 13725:2003 [2]. Prøverne blev sendt til Teknologisk Institut (Taastrup), hvor de blev analyseret den følgende dag.

Der blev udtaget tre sæt prøver hver måledag. Målepunkterne var i kip i henholdsvis forsøgs- og kontrolsektion samt i en punktudsugningskanal fra forsøgssektionen. 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 114 sensor (fugtmåler). Udeluftens temperatur og relative fugtighed blev målt før opsamling af første luftprøve og efter opsamling af sidste luftprøve. Der blev ydermere foretaget håndholdte målinger af temperatur og relative fugtighed midt i stalden samt i punktudsugningsluften med Testo 435-4.

Under hver lugtprøveudtagning blev der målt ammoniak- og kuldioxidkoncentration i samme målepunkt som lugtprøven. Ammoniak og kuldioxid blev målt med pumpe (Kitagawa) og sporgasrør 105SD (ammoniak) og 126SF ((kuldioxid).

Lugtemissionen per 1.000 kilo dyr blev beregnet ud fra den analyserede lugtkoncentration, ventilationsydelse og antallet af grise i staldsektionen ved følgende formel:

$$\text{OU}_E/\text{s per 1.000 kilo dyr} = (L \times Q \times 1.000) / (N \times W \times 3.600)$$

hvor

L: Lugtkoncentration,  $\text{OU}_E/\text{m}^3$

Q: Ventilationsydelsen,  $\text{m}^3/\text{time}$

N: Antal grise i sektionen, styk

W: Gennemsnitlig vægt af grisene i sektionen, kilo.

Ventilationsydelsen er et døgn gennemsnit på måledagen.

## Luftskifte

Luftskiftet via den naturlige ventilation i både forsøgs- og kontrolsektionen blev beregnet via ligningerne (1) og (2), på baggrund af grisenes kuldioxidproduktion og antal varmeproducerende enheder (VPE) [3]. Kuldioxidproduktionen blev beregnet på basis af en forventet produktion på  $0,185 \text{ m}^3 \text{ vpe}^{-1} \text{ time}^{-1}$  samt et bidrag fra gødning, som blev anslået til  $0,015 \text{ m}^3 \text{ vpe}^{-1} \text{ time}^{-1}$  [4].

$$\text{Luftskifte naturlig ventilation, } \text{m}^3 \text{ time}^{-1} = \frac{0,200 \text{ m}^3 \text{ time}^{-1} \text{ VPE}^{-1}}{(\text{CO}_2 \text{ inde, } \mu\text{L L}^{-1} - \text{CO}_2 \text{ ude, } \mu\text{L L}^{-1}) \times 10^{-6}} \times \text{VPE}_{\text{sektion}} \quad (1)$$

$$\text{VPE}_{\text{sektion}} = (5,09 * m^{0,75} + (1 - (0,47 + 0,003 * m)) * (n * 5,09 * m^{0,75} - 5,09 * m^{0,75})) * N \quad (2)$$

m = Gennemsnitsvægt af grise på måledag, kilo.

n = Dagligt energiindtag fra foder ved 900 gram tilvækst per dag, W [3]

N = Antal grise, styk

For at beregne luftskiftet i den naturlige ventilation i forsøgsstalden blev kuldioxidudledningen i punktudsugningen fratrukket den samlede kuldioxidproduktion.

Kuldioxidkoncentrationen blev beregnet som et gennemsnit af målepunkterne i henholdsvis loft og kip. Den kuldioxidkoncentration fra udeluft, der blev anvendt, afhang af vindretningen. Hvis vindretningen var i vest, var det den udekonzentration, der blev anvendt og omvendt.

Luftskiftet i punktudsugningen blev registreret af AgriFarms Smartfarm software og kontrolmålt med kalibreret referencemålevinge (Fancam AM50).

## Svovlbrinte

Svovlbrinte blev målt med en svovlbrintemåler (Jerome 605 eller Jerome 631X) på alle måledage med lugtmålinger i målepunkterne, hvor der også blev målt ammoniak. Der blev taget fire målinger, hvoraf den første blev kasseret, og efterfølgende blev gennemsnittet af de resterende tre målinger anvendt.

## Energi

Energiforbrug blev registreret over hele året. Der var opsat elmålere, der registrerede energiforbruget for aktuatorer til åbning af vinduesventiler i den naturlige ventilation i de enkelte sektioner, samlet lys for stalden, varmepumpe til gyllekøling samt højtrykskøling. Derudover var der opsat energimålere (Multical 302) på gulvvarme og ribberør i både forsøgssektion og kontrolsektion.

## Gylle

Tømning af gyllekummer blev foretaget automatisk af Smartfarm software. I forsøgssektionen blev der udsluset gylle hver 7. dag, hvorimod der i kontrolsektionen blev udsluset gylle hver 21. dag. Der blev udtaget gylleprøver på alle dage, hvor der blev taget lugtprøver i stalden. Der blev analyseret for pH, tørstof, Total-N, Total-P, Total-K, TAN.

## Svineri

Svineri på det faste gulv blev registreret på alle måledage. Grisene og gulvet blev tildelt en score jævnfør tabel 1.

**Tabel 1:** Evaluering af svineri på det faste gulv.

Grise		Fast gulv	
Værdi	Beskrivelse	Score	Beskrivelse
1	Tør og ren	1	Tør
2	Delvist beskidt	2	Fugtig
3	Beskidt	3	¼ tilsvinet
4	Meget beskidt	4	½ tilsvinet
-	-	5	¾ tilsvinet
-	-	6	Helt tilsvinet

## Vækst

Antallet af dyr i de enkelte halvsektioner blev registreret løbende igennem afprøvningen. Dyrenes gennemsnitlige vægt blev registreret ved indsættelse. Ved lokation A blev væksten løbende fulgt ved hjælp af vejehold. Ved lokation B blev dyrenes vækst baseret på en vækstkurve [5].

## Statistik

Af parametre målt med Innova (NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>) blev beregnet et døgn gennemsnit, som blev analyseret i en generaliseret lineær model, hvor dag var tilfældig, mens sted (loft/gulv) samt sektion (tre grupper) var systematisk, og udetemperaturen indgik som kovariat.

Lugtkoncentrationerne blev log-transformeret, før de blev analyseret i en generaliseret lineær model, med systematisk effekt af sted sektionstype og udetemperatur, mens dag var tilfældig.

Den samlede emission blev analyseret i samme model som beskrevet ovenfor.

## Resultater og diskussion

For begge lokationer blev der produceret fire hold grise i testperioden. Ved lokation A blev der produceret 5.109 grise i forsøgssektionen og 5.191 grise i kontrolsektionen. Ved lokation B blev der produceret 5.293 grise i forsøgssektionen og 5.121 grise i kontrolsektionen.

## Ammoniak

Den gennemsnitlige ammoniakkoncentration i stalden og den beregnede ammoniakemission på måledage er vist i tabel 2. Gennemsnitligt blev 74 procent af ammoniakemissionen opsamlet i punktudsugningsluften i forsøgssektionen, med henholdsvis 63 procent ved lokation A og 85 procent ved lokation B. Der var ikke en statistisk forskel på de to lokationer med hensyn til opsamling af

ammoniakemissionen via punktudsugningen ( $p = 0,29$ ). Til sammenligning er ammoniakopsamlingen fra en traditionel ventileret slagtesvinestald med 10 procent punktudsugning lig med 65 procent [6].

**Tabel 2:** Gennemsnitlig ammoniakkoncentration målt med INNOVA, samt ammoniakemission målt på måledage fordelt over året fra henholdsvis lokation A og B. I parentes er vist 95 procent konfidensinterval.

Lokation	Målested	Ammoniakkoncentration, (ppm)	Ammoniakemission, g NH <sub>3</sub> -N/t/dyr
A	N	6	6
	Forsøgssektion – kip/loft <sup>a</sup>	3,40 (2,04 – 4,76)	0,07 (0,01 – 0,13)
	Forsøgssektion - Punktudsugning	19,4 (13,4 – 25,4)	0,12 (0,06 – 0,18)
	Kontrolsektion – kip/loft <sup>a</sup>	6,51 (5,15 – 7,87)	0,24 (0,18 – 0,34)
B	N	8	8
	Forsøgssektion – kip/loft <sup>a</sup>	2,0 (1,1 – 2,8)	0,03 (0,00 – 0,06)
	Forsøgssektion - Punktudsugning	14,4 (10,3 – 18,6)	0,17 (0,14 – 0,20)
	Kontrolsektion – kip/loft <sup>a</sup>	4,5 (3,6 – 5,4)	0,14 (0,11 – 0,17)

<sup>a</sup> Ammoniakkoncentration/-emission er beregnet ud fra gennemsnittet af INNOVA målinger fra henholdsvis kip og loftsåbninger.

Figur A1 og A2 i appendiks viser gennemsnittet af ammoniakkoncentrationen på de individuelle måledage i henholdsvis forsøgs- og kontrolsektion samt i punktudsugning fra forsøgssektionen.

Ammoniakmålingerne viste, at der var en højere koncentration af ammoniak i ventilationsluften (naturlig ventilation) fra kontrolsektionen end fra forsøgssektionen. Den naturlige ventilation var indstillet ens i begge sektioner, forskellen i ammoniakkoncentration/-emission kan derfor tilskrives punktudsugningen. Der var ingen signifikant forskel på den samlede emission fra forsøg og kontrol ved lokation A ( $p=0,14$ ). Ved lokation B var der signifikant højere emission fra forsøgssektionen end fra kontrolsektionen ( $p<0,001$ ). Tidligere forsøg med test af punktudsugning har vist, at ammoniakemissionen typisk er højere fra forsøgssektionen sammenlignet med kontrolsektionen [6] [7] [8]. Dette skyldes sandsynligvis en højere lufthastighed over gylleoverfladen på grund af punktudsugningen, hvilket kan resultere i en højere fordampning. Der er ikke nogen umiddelbar forklaring på, hvorfor det ikke er tilfældet ved lokation A.

Der var en stor forskel på både den målte koncentration samt andelen af ammoniakemissionen opsamlet i punktudsugningsluften mellem de to lokationer. En del af forklaringen ligger i, at der var en numerisk højere ventilation gennem punktudsugningen på lokation B end A (se tabel 5).

De meget lave ammoniakkoncentrationer i kip, der ses i sommermånederne i forhold til vintermånederne, er en følge af den højere udetemperatur, der gør, at alle vinduesventiler i stalden var fuldt åbne, og der var dermed et højt luftskifte i staldrummet. Det kan ikke udelukkes, at vindhastigheden på den enkelte måledag har haft indvirkning på de målte koncentrationer, da højere vindhastighed kan presse luften tværs gennem stalden og ikke ud gennem kip. Vindretning og vindhastighed på de enkelte måledage er vist i tabel A3 og A4 i appendiks.

## Lugt

Den gennemsnitlige lugtkoncentration, målt ved olfaktometriske målinger i stalden i henholdsvis kontrol- og forsøgssektion, er vist i tabel 3. Der blev opsamlet 58 procent af den målte lugtemission i punktudsugningsluften ved lokation A og 91 procent ved lokation B. Der var en statistisk forskel mellem de to lokationer med hensyn til opsamling af lugtemissionen via punktudsugningen ( $p<0,01$ ). Til sammenligning var lugtopsamlingen 47 procent fra en traditionel ventileret slagtesvinestald med 10 procent punktudsugning [6].

**Tabel 3:** Lugtkoncentration samt lugtemission fra henholdsvis lokation A og B målt på måledage fordelt over året. I parentes er vist 95 procent konfidensinterval.

Lokation	Målested	Lugtkoncentration	Lugtemission
		OU <sub>E</sub> /m <sup>3</sup>	OU <sub>E</sub> /s/1.000 kilo dyr
A	N	6	6
	Forsøgssektion – kip	447 (321 – 624)	57 (34 -97)
	Forsøgssektion - Punktudsugning	1.278 (917 – 1782)	78 (46 – 132)
	Kontrolsektion – kip	654 (470 – 913)	148 (87 – 251)
B	N	8	8
	Forsøgssektion – kip	95 (64 - 139)	4,1 (2,0 – 8,3)
	Forsøgssektion - Punktudsugning	629 (428 - 923)	42 (21 – 86)
	Kontrolsektion – kip	158 (107 - 231)	41 (20 – 83)

Figur A3 og A4 i appendiks viser gennemsnittet af de individuelle måledage i kip fra henholdsvis forsøgs- og kontrolsektionen samt punktudsugningen i forsøgssektionen. Der var ingen signifikant forskel på den samlede emission fra henholdsvis forsøgssektionen og kontrolsektionen ved lokation A (p=0,91) og lokation B (p=0,10). Som ved ammoniakmålingerne kan det ikke udelukkes, at vindhastigheden har haft indvirkning på den målte lugtkoncentration i staldrummet.

## Temperatur, relativ fugtighed og kuldioxid

Tabel 4 viser den gennemsnitlige temperatur, relative fugtighed samt kuldioxid, målt i luften fra henholdsvis kip/loft, punktudsugning og ude. Kuldioxidkoncentrationen på de enkelte måledage kan ses i figur A5 og A6 i appendiks.

**Tabel 4:** Gennemsnitlig temperatur samt relative fugtighed, målt på de enkelte måledage i henholdsvis forsøgssektion, kontrolsektion, ude samt på punktudsugning i forsøgssektion. I parentes er vist 95 procent konfidensinterval.

Lokation	Beskrivelse	Temperatur, °C	Relativ luftfugtighed, %	Kuldioxidkoncentration, ppm
A	N	6	6	6
	Forsøgssektion – kip/loft	23,3 (21,3 – 25,3)	74 (69 – 80)	1.434 (771 – 2.098) <sup>a</sup>
	Forsøgssektion - Punktudsugning	-	74 (73 – 76)	1.861 (1.173 – 2.549)
	Kontrolsektion – kip/loft	23,3 (21,3 – 25,3)	74 (72 – 76)	1.462 (884 – 2.038) <sup>a</sup>
	Ude	11,3 (4,0 – 18,5)	83 (77 – 87)	542 (440 – 645)
B	N	8	8	8
	Forsøgssektion – kip/loft	20,0 (14,7 – 25,2)	69 (61 – 77)	1.169 (561 – 2.765) <sup>a</sup>
	Forsøgssektion - Punktudsugning	-	74 (72 – 76)	1.975 (1.292 – 3.145)
	Kontrolsektion – kip/loft	20,0 (15,2 – 24,8)	71 (63 – 79)	1.326 (560 – 2.738) <sup>a</sup>
	Ude	12,8	66 (60 – 73)	508 (427 – 658)

<sup>a</sup> Kuldioxidkoncentration er beregnet ud fra gennemsnittet af INNOVA målinger fra henholdsvis kip og loftsåbninger.

Kuldioxidkoncentrationen var på de fleste måledage relativt ens mellem de to sektioner indenfor lokationen. Måledagen den 29-11-2017 ved lokation B viste dog en markant forskel på de to sektioner, med en markant lavere koncentration i forsøgssektionen, hvilket bekræftes af de punktvisse målinger. Der er ikke umiddelbart nogen forklaring på hvorfor.



## Ventilation

Luftydelsen via den naturlige ventilation blev beregnet på basis af den beregnede kuldioxidproduktion i sektionen, sammenholdt med den målte kuldioxidkoncentration i den ventilerede luft jf. ligning 1. De gennemsnitlige værdier kan ses i tabel 5.

**Tabel 5:** Gennemsnitlige værdier for luftydelse ved henholdsvis lokation A og lokation B. I parentes er vist 95 procent konfidensinterval.

Lokation	Beskrivelse	Luftydelse, m <sup>3</sup> /time	Luftydelse, m <sup>3</sup> /time per gris
A	Forsøgssektion	82.512 (25.917 – 139.107)	63,0 (19,6 – 106,5)
	Punktudsugning*	21.097 (20.495 – 21.700)	16,2 (15,8 – 16,7)
	Kontrolsektion	99.456 (56.076 – 142.836)	75,0 (41,4 – 108,6)
B	Forsøgssektion	91.678 (33.043 – 150.313)	68,5 (24,6 – 112,5)
	Punktudsugning*	26.088 (24.275 – 27.902)	19,6 (17,9 – 21,2)
	Kontrolsektion	135.394 (71.040 – 199.748)	102 (53,0 – 150,5)

\*) Målt med målevinge.

Den målte luftydelse fra punktudsugningen på lokation B var numerisk højere end på lokation A. Ved lokation A var der fin overensstemmelse mellem målevingen i Smartfarm og kontrolmålevingen, hvorved data fra Smartfarm ikke blev korrigeret. Ved lokation B var der forskel på Smartfarm og målevinge data, hvorved data blev korrigeret efter målinger med referencemålevingen.

Forskellen i det naturlige luftskifte fra staldrummet mellem de to lokationer kan tilskrives, at der er tale om to forskellige måleperioder.

Ved lokation B var der en numerisk forskel mellem den samlede ventilation fra forsøgssektionen (punktudsugning + naturlig ventilation) og kontrolsektionen. Forskellen skal sandsynligvis findes i, at der var forskel på både antallet og størrelsen af grise mellem forsøgs- og kontrolsektionen.

## Svovlbrinte

Tabel 6 viser den målte svovlbrintekoncentration og svovlbrinteemission fra henholdsvis kontrolsektion og forsøgssektion samt i punktudsugningsluften fra forsøgssektionen. Gennemsnitligt blev 80 procent af svovlbrinteemissionen opsamlet i punktudsugningsluften, med 73 procent ved lokation A og 87 procent ved lokation B. Der var ingen statistisk forskel mellem de to lokationer med hensyn til opsamling af svovlbrinteemissionen via punktudsugningen ( $p=0,22$ ). Figur A7 og A8 i appendiks viser de individuelle målinger.

**Tabel 6:** Svovlbrintekoncentration og svovlbrinteemission fra henholdsvis forsøgssektion- og kontrolsektion målt på måledage fordelt over året. I parentes er vist 95 procent konfidensinterval.

Lokation	Beskrivelse	Svovlbrintekoncentration, ppm	Svovlbrinteemission, mg svovlbrinte/time/dyr
A	N	6	6
	Forsøgssektion - kip	0,49 (~0,0 – 1,07)	18 (~0,0 – 40)
	Punktudsugning	2,03 (1,45 – 2,61)	48 (26 – 71)
	Kontrolsektion - kip	0,91 (0,33 – 1,49)	76 (55 – 100)
B	N	8	8
	Forsøgssektion - kip	0,14 (~0 – 0,33)	3,9 (~0 – 11,0)
	Punktudsugning	0,93 (0,77 – 1,09)	25,9 (18,8 – 33,0)
	Kontrolsektion - kip	0,28 (0,12 – 0,44)	20,7 (13,7 – 27,8)

De målte svovlbrintekonzentrationer ved lokation A var højere end ved lokation B, hvilket er det samme billede, der observeres ved både ammoniak- og lugtmålinger. Der er dog ingen klar begrundelse for, hvorfor det er tilfældet. Der var ingen signifikant forskel i svovlbrinteemissionen fra henholdsvis forsøgssektionen og kontrolsektionen ved lokation A ( $p=0,51$ ). Der var signifikant forskel på svovlbrinteemissionen ved lokation B ( $p=0,008$ ).

## Gylle

De gennemsnitlige gylleparametre på måledagene fra henholdsvis kontrol- og forsøgssektion ses i tabel 7.

**Tabel 7:** Gennemsnitlige værdier af pH, tørstof, Total-N, Total-P, Total-K, TAN fra henholdsvis forsøgs- og kontrolsektion. I parentes er vist 95 procent konfidensinterval.

Lokation	Parameter	Forsøgssektion	Kontrolsektion
A	N	6	6
	pH*	-	-
	Tørstof [%]	4,8 (4,3 – 5,2)	5,6 (5,0 – 6,3)
	N [g/kg]	4,7 (4,5 – 4,9)	4,8 (4,5 – 5,1)
	P [g/kg]	1,0 (0,9 – 1,1)	1,2 (1,0 – 1,4)
	K [g/kg]	2,6 (2,6 – 2,7)	2,5 (2,3 – 2,6)
	TAN [g/kg]	3,3 (3,1 – 3,5)	3,1 (2,9 – 3,3)
B	N	8	8
	pH	7,1 (7,0 – 7,3)	7,1 (7,0 – 7,2)
	Tørstof [%]	5,4 (4,5 – 6,2)	5,4 (4,8 – 5,9)
	N [g/kg]	5,3 (4,9 – 5,8)	5,1 (4,9 – 5,4)
	P [g/kg]	1,1 (0,9 – 1,2)	1,0 (0,8 – 1,1)
	K [g/kg]	2,1 (2,0 – 2,3)	2,0 (1,9 – 2,1)
	TAN [g/kg]	3,9 (3,5 – 4,3)	3,6 (3,3 – 4,0)

\*Der blev ikke målt pH i gyllen ved lokation A.

Hver halvsektion havde 2 spadeventiler, der åbnede efter signal fra styringen. Ved lokation A fungerede systemet uden problemer, ved lokation B var der problemer. Udslusningen ved lokation B fulgte kun udslusningsplanen den første måned af måleperioden samt de sidste par måneder. I den mellemliggende periode blev der manuelt udsluset efter behov grundet manglende opbevaringskapacitet. Det er derfor ikke muligt at vurdere, hvorvidt hyppig gylleudslusning har haft en effekt på lugtemissionen fra henholdsvis kontrolsektion og forsøgssektion.

## Svineri

Der var over året generelt meget begrænset svineri i stierne på begge lokaliteter. Data opdelt i måneder i henholdsvis kontrolsektion og forsøgssektion kan ses i tabel A1 og A2 i appendiks. Der var dog generelt mere svineri (~50 procent) i de varme sommermåneder (juni og august) end om vinteren. I sommermånederne var der også en indikation af, at forsøgssektionen havde mindre svineri end kontrolsektionen.

De stier, der typisk havde mest svineri, var placeret langs ydervæggene, og de stier, der var placeret lige under vinduerne i loftet, hvilket kunne indikere enten mangelfuldt luftskifte eller træk.

## Forbrug

Elforbrug per produceret gris er angivet i tabel 8.

**Tabel 8:** Elforbrug for enkelte komponenter i stalden, samt varmeforbrug til gulv og rumvarme i måleperiode.

Lokation		Forbrug per produceret gris (kWh)
A	El – Ventilation <sup>a</sup>	0,27
	El – Lys	0,23
	El – Højtrykskøling	0,82
	El – Gulvvarme	2,64
	El – Rumvarme	0,96
	El – Punktudsugning <sup>b</sup>	4,40
	Energi – Gulvvarme	6,86
	Energi – Rumvarme	2,50
B	El – Ventilation <sup>a</sup>	0,16
	El – Lys	0,58
	El – Højtrykskøling	0,13
	El - Gulvvarme	1,58
	El – Rumvarme	2,51
	El – Punktudsugning <sup>b</sup>	6,17
	Energi – Gulvvarme	4,12
	Energi – Rumvarme	6,54

<sup>a</sup> Ventilationen dækker over energiforbruget for de aktuatorer, der åbner og lukker vinduerne.

<sup>b</sup> Elforbrug til punktudsugning er taget fra [9].

Forskellen i forbruget for ventilation mellem lokation A og B skal hovedsageligt findes i, at der blev anvendt to forskellige aktuatorer til styring af vinduerne ved de to stalde.

Den store forskel på højtrykskølingen mellem de to lokationer skyldtes, at måleren ved lokation A dækkede både højtrykskøling, kompressor og højtryksrensning i forbindelse med vask af stald, hvor det ved lokation B kun dækkede kompressor og højtrykskøleanlægget. Ved beregning af samlede omkostninger er der kun anvendt data for lokation B, hvad angår højtrykskøling.

Elforbruget til gulvvarme og rumvarme er beregnet ud fra det målte elforbrug for varmepumpen. Fordelingen mellem gulvvarme og rumvarme er beregnet ud fra det registrerede energiforbrug, målt med energimålere på de to sektioner, der indgik i testen. Ved lokation A dækkede varmepumpen også en smågrisestald. Derfor er elforbrug til opvarmning ved lokation A, beregnet ud fra den målte effekt af varmepumpen ved lokation B. Det gennemsnitlige energiforbrug til opvarmning var 5,5 kWh per produceret gris til gulvvarme og 4,5 kWh per produceret gris til rumvarme.

Det samlede elforbrug for lokation A var 8,63 kWh per produceret gris, og det samlede elforbrug for lokation B var 11,1 kWh per produceret gris. Det svarede til et gennemsnitligt forbrug på 9,9 kWh per produceret gris. Med en el-pris på 0,65 kr./kWh svarede det til en omkostning på 6,4 kr. per produceret gris. Forskellen i energiforbruget mellem de to lokationer skyldtes to forskellige varmetilførselsstrategier i de to stalde. Energiforbruget til varme er et gennemsnit af de to sektioner på hver lokalitet, der indgik i afprøvningen, og er inklusive varmeforbruget via rumvarme og gulvvarme til udtørring af stalde efter vask. Der blev også brugt varmekanon til udtørring af stalde i vinterhalvåret. Forbrugsomkostninger til denne er ikke opgjort.

Elforbrug for at lede luften gennem punktudsugningen udgjorde gennemsnitligt 5,29 kWh per produceret gris. Forbrug til punktudsugning er inklusive for at lede luften gennem Agrifarms Agri Airclean luftrenser, men eksklusivt elforbrug til cirkulering af væske i renseren.

## Driftsstabilitet

Overordnet set var der kun få problemer med stalldriften, der kan tilskrives egentlige problemer med mekanikken i stalden. To temperatursensorer, og to fugtighedssensorer gik i stykker, og ved lokation A tilstoppede en enkelt af gylleudslusningskanalerne i én sektion sidst i måleperioden, hvilket resulterede i at en spadeventil ikke kunne åbne. Ved lokation B blev der et par gange registreret, at enkelte spjæld i punktudsugningen ikke åbnede. Sidstnævnte kan dog have været et resultat af, at der var nogle problemer med strømafbrydelser i lokalområdet. Alle fejl blev dog udbedret umiddelbart efter de blev registreret. Tabel 9 og 10 viser dato samt beskrivelse af hændelser i måleperioden.

**Tabel 9:** Dato samt beskrivelse af hændelser i stalden i måleperioden ved lokation A.

Dato	Beskrivelse
14-09-2017	Gylle i punktudsugningskanalen
01-11-2017	Blokering af spadeventiler til gylleudslusning
01-11-2017	Målevinge i tværkanal defekt

**Tabel 10:** Dato samt beskrivelse af hændelser i stalden i måleperioden ved lokation B.

Dato	Beskrivelse
19-10-2017	Fejlmålinger med fugtighedssensorer i sektionerne
04-01-2018	Problemer med varmetilførsel til staldsektionerne
14-05-2018	Spjæld i punktudsugningen åbnede på grund af fejl i styringen
05-06-2018	Spjæld i punktudsugningen åbnede fejlagtigt
12-06-2018	Gylleudslusning fungerede ikke på grund af overgang i systemet
21-08-2018	Højtrykskøling stoppet, da staldejereren vurderede, at det forårsagede syge grise

## Konklusion

Miljøeffekten samt driftsomkostningerne ved staldkonceptet Intellifarm fra Agrifarm A/S blev testet ved to lokationer. Begge lokationer havde 5.440 stipladser fordelt på fire sektioner. Lokation A havde ydermere en buffersektion med 170 stipladser.

Der blev gennemsnitligt ventileret 17,9 m<sup>3</sup>/time/gris igennem punktudsugningen i forsøgssektionen. Luftydelsen via den naturlige ventilation var gennemsnitligt 66 m<sup>3</sup>/time/gris i forsøgssektionen og 88 m<sup>3</sup>/time/gris i kontrolsektionen.

Gennemsnitligt blev der opsamlet 74 procent af den samlede ammoniakemission i punktudsugningsluften fra forsøgssektionen igennem måleperioden. Ved lokation A blev 63 procent af ammoniakemissionen opsamlet via punktudsugningen, og ved lokation B blev 85 procent opsamlet. Der var ingen statistisk forskel mellem de to lokationer (p=0,29) med hensyn til andelen af ammoniakemissionen udledt via punktudsugningen.

Analyseresultaterne af lugtmålinger viste, at gennemsnitligt 74 procent af lugtemissionen blev samlet i punktudsugningen. Ved lokation A blev 58 procent af lugtemissionen opsamlet via punktudsugningen

og ved lokation B blev 91 procent opsamlet. Der var statistisk forskel på de to lokationer med hensyn til andelen af lugtmissionen via punktudsugningen ( $p < 0,01$ ).

Gennemsnitligt blev 80 procent af svovlbrinten opsamlet i punktudsugningen. Ved lokation A blev 73 procent af svovlbrinteemissionen opsamlet via punktudsugningen, og ved lokation B blev 87 procent opsamlet. Der var ingen statistisk forskel på de to lokationer ( $p = 0,22$ ) med hensyn til andelen af svovlbrinteemissionen via punktudsugningen.

Forbrugsdata udgjorde gennemsnitlig 9,9 kWh per produceret gris. Forbrugsdata dækker over naturlig ventilation, lys, højtryksskøling, elforbrug til gulv-/rumvarme samt punktudsugning. Energiforbrug for gulv- og rumvarme var henholdsvis 5,5 kWh per produceret gris og 4,5 per produceret gris.

Overordnet set var der kun få problemer med driften af stalden, der kan tilskrives problemer med mekanikken i stalden, og intet der vurderes at have haft kvantificerbar effekt på systemets miljøeffekt.

## Referencer

- [1] Test Protocol for Livestock Housing and Management Systems Version 2 2011-29-08.
- [2] Dansk Standard: (2003): Luftundersøgelse – Bestemmelse af lugtkoncentration ved brug af dynamisk olfaktometri. DS/EN 13725:2003.
- [3] Pedersen, S. and Sällvik, K.: (2002): 4th Report of Working Group on Climatization of Animal Houses. Heat and moisture production at animal and house levels. International Commission of Agricultural Biosystems Engineering (CIGR).
- [4] S. Pedersen, V. Blanes-Vidal, H. Joergensen, A. Chwalibog, A. Haeussermann, M.J.W. Heetkamp and A.J.A. Aarnink: Carbon Dioxide Production in Animal Houses: A literature review. Agricultural Engineering International: CIGR Ejournal. Manuscript BC 08 008, Vol. X. December, 2008.
- [5] SEGES internt notat – Beregning af vækstkurver.
- [6] Riis, A.L.; Jørgensen, M.; Hansen, P.: (2014): 10 % punktudsugning via sugepunkt midt under lejeareal i slagtesvinestald med drænet gulv i lejearealet, Meddelelse nr. 998 SEGES Svineproduktion.
- [7] Riis, A.L.; Jørgensen, M.; Hansen, P.: (2014): 10 % punktudsugning via sugepunkt under hver 2. stadieskillelse i slagtesvinestald med drænet gulv i lejearealet, Meddelelse nr. 999 SEGES Svineproduktion.
- [8] Riis, A. L.; Jørgensen, M.: (2014): 10 % punktudsugning via sugepunkt midt under lejeareal i slagtesvinestald med fast gulv i lejearealet, Meddelelse nr. 1000 SEGES Svineproduktion.
- [9] Granath, S. W. Y.; Adamsen, A. P.: (2019): Test rapport Agri Airclean, SEGES Svineproduktion.

## Deltagere

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

Statistikere: Mai-Britt Friis Nielsen

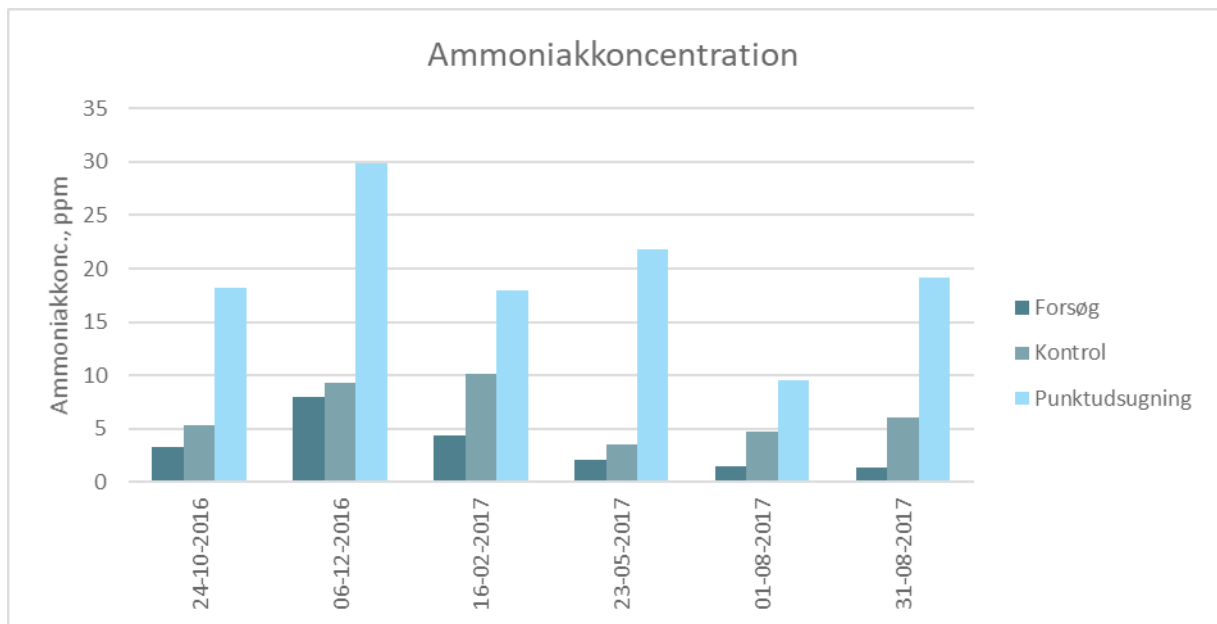
Afprøvning nr. 1415 og 1521

NAV nr.: 060-330180 og 060-354000

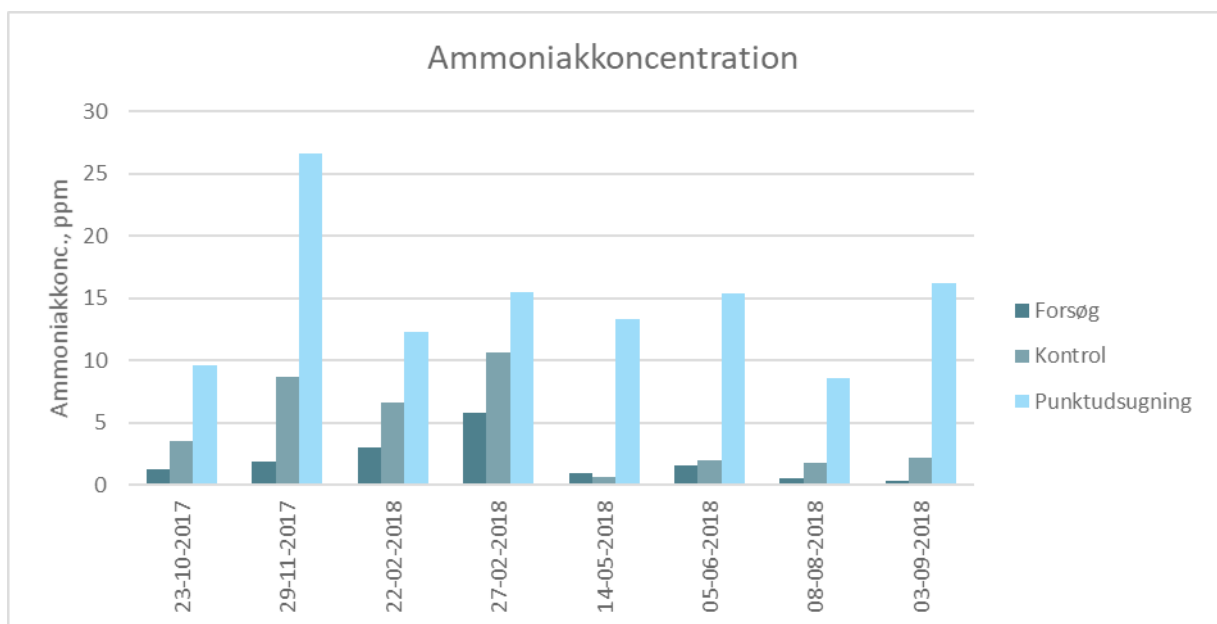
//KMY//

Dyregruppe: Slagtesvin  
Fagområde: Miljøteknologi

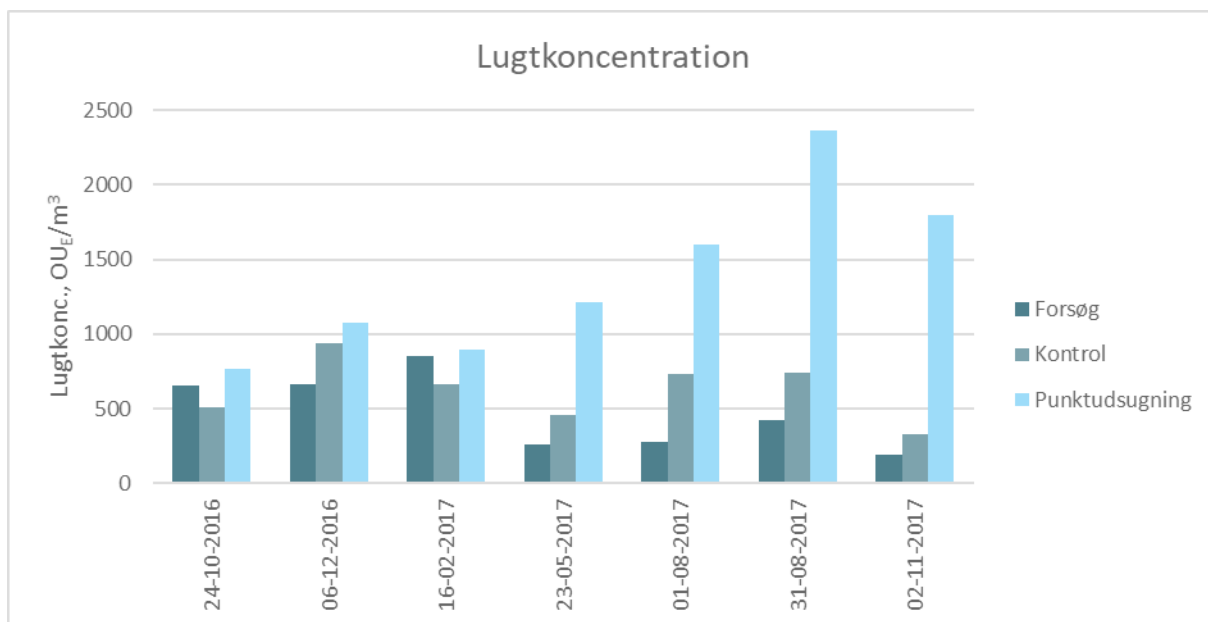
## Appendiks



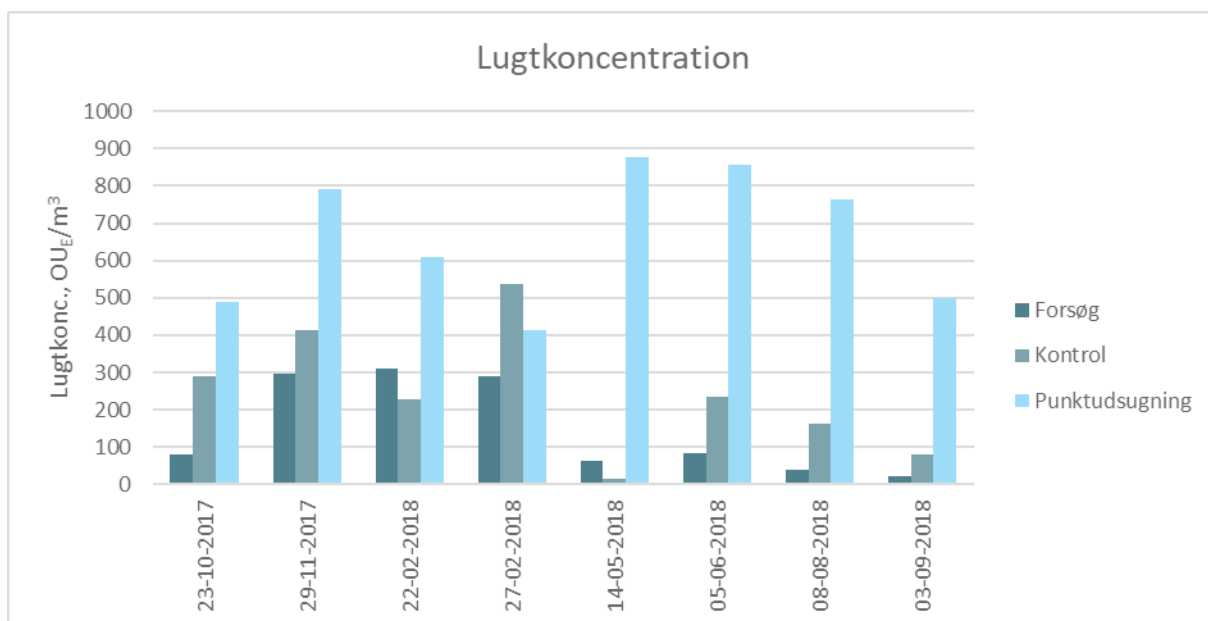
Figur A 1: Ammoniakkoncentration målt med Innova på individuelle måledage fra lokation A.



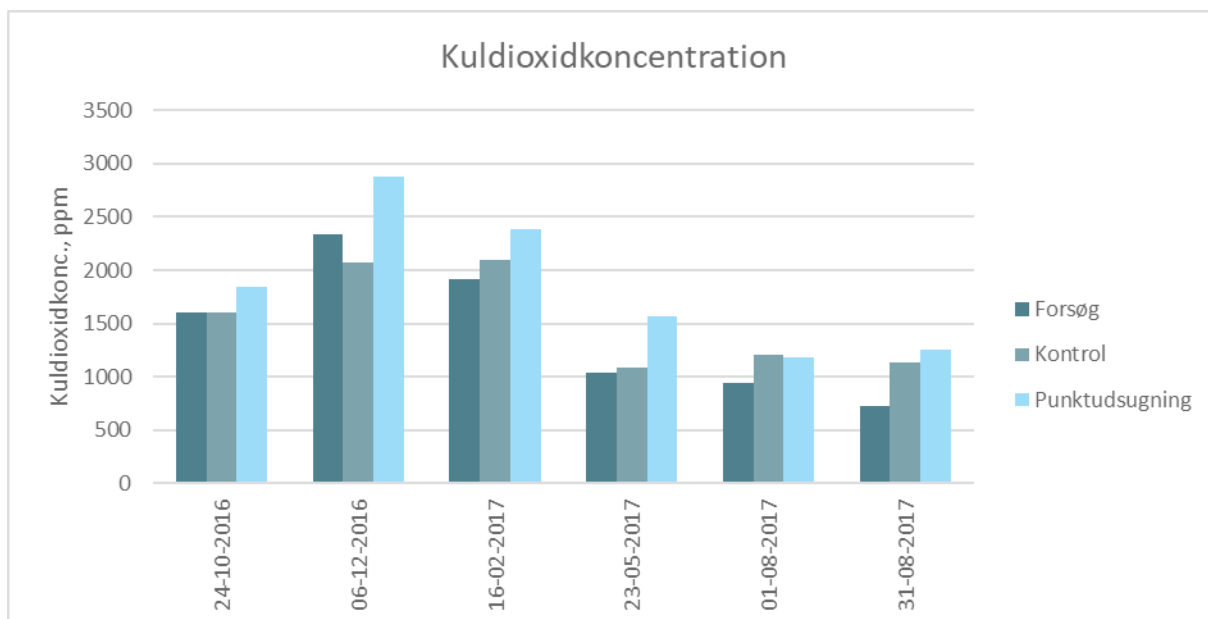
Figur A 2: Ammoniakkoncentration målt med Innova på individuelle måledage fra lokation B.



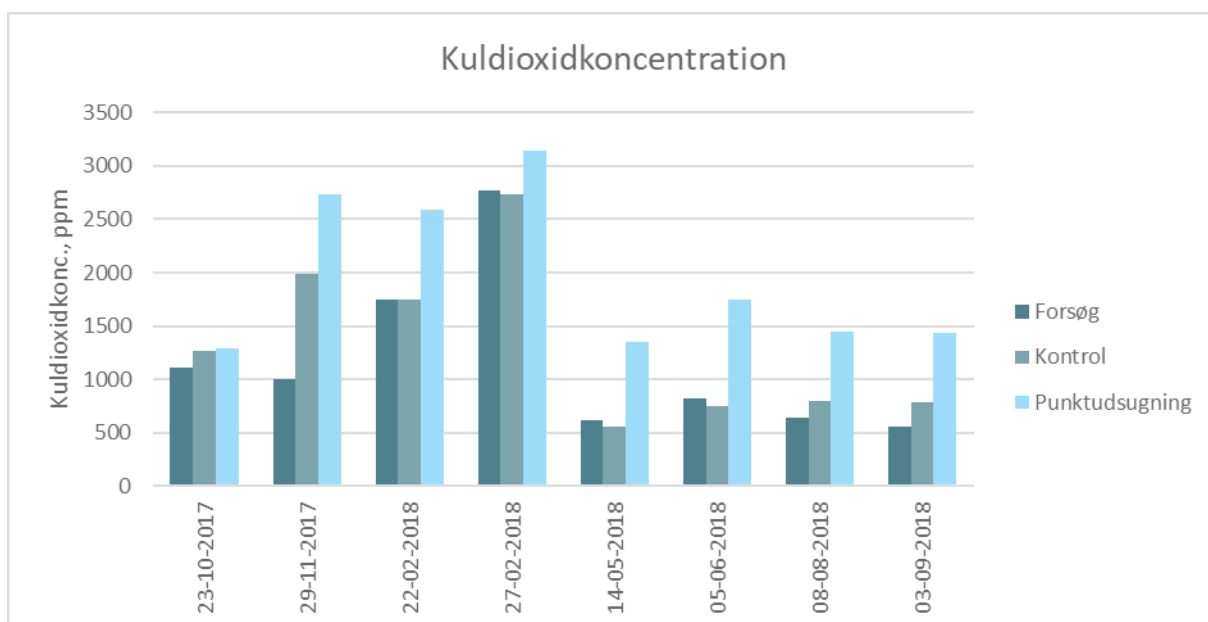
**Figur A 3:** Lugtkoncentration målt på individuelle måledage fra lokation A.



**Figur A 4:** Lugtkoncentration målt på individuelle måledage fra lokation B.

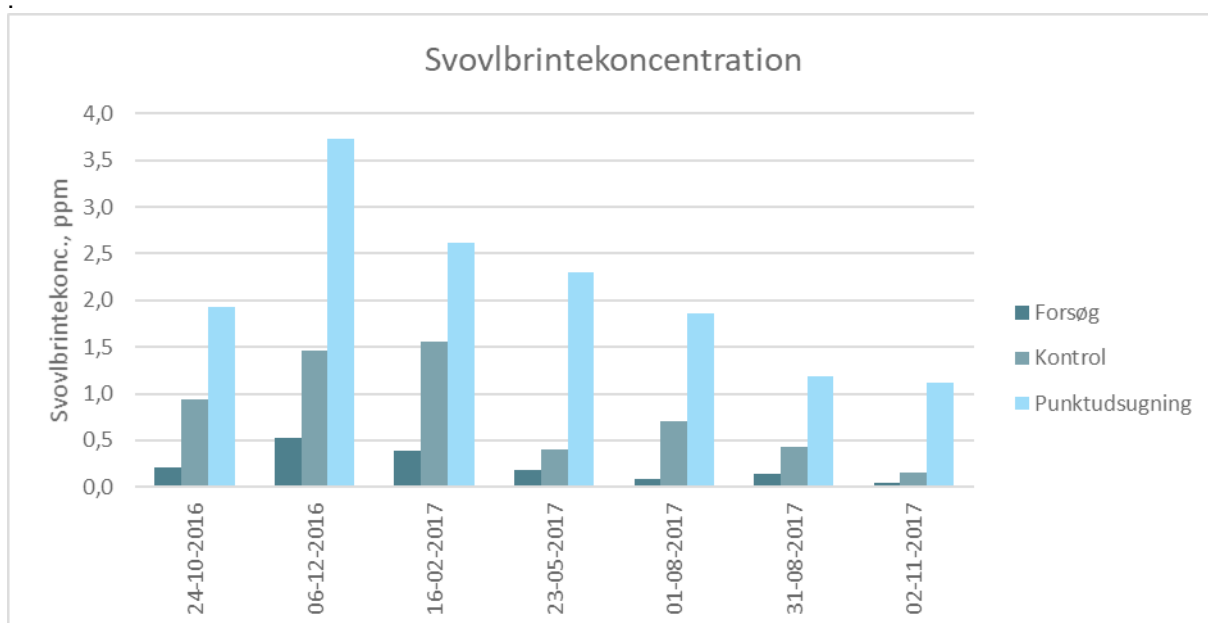


Figur A 5: Kuldioxidkoncentration målt med Innova på individuelle måledage fra lokation A.

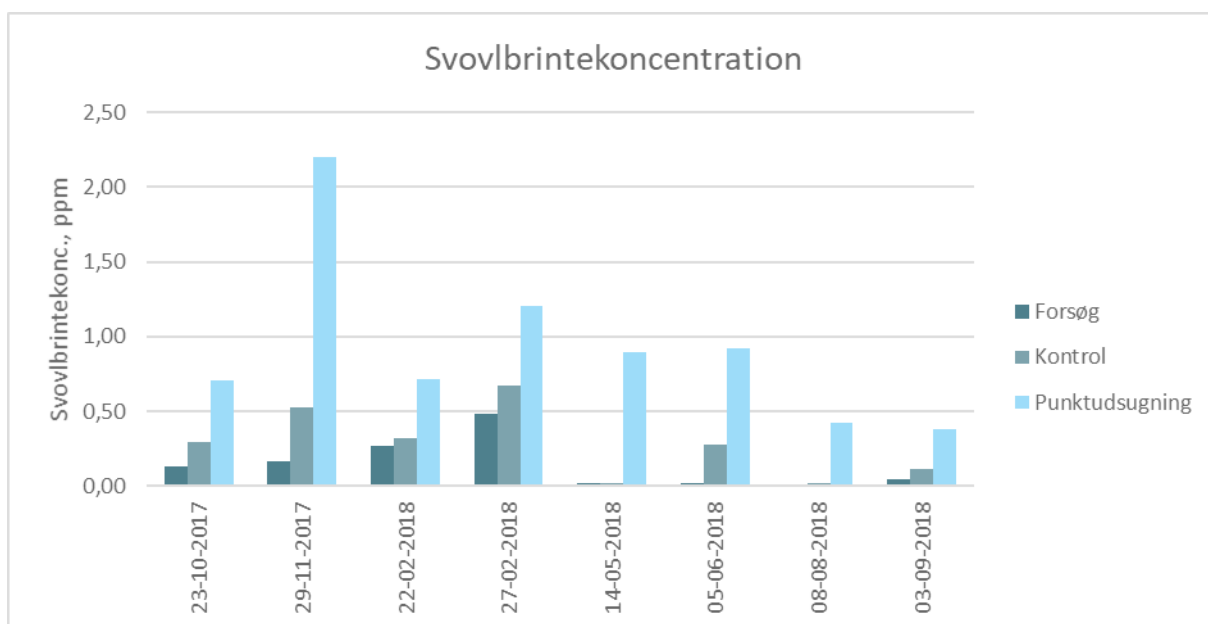


Figur A 6: Kuldioxidkoncentration målt med Innova på individuelle måledage fra lokation B.





**Figur A 7:** Svolvrintekonsentration målt på individuelle måledage fra lokation A



**Figur A 8:** Svolvrintekonsentration målt på individuelle måledage fra lokation B.

**Tabel A 1:** Svineri i henholdsvis forsøgssektion og kontrolsektion i måleperioden ved lokation A (jævnfør skala vist i tabel 1).

Måned	Forsøg		Kontrol	
	Gennemsnit af gris	Gennemsnit af leje	Gennemsnit af gris	Gennemsnit af leje
Januar	2,0	1,1	2,0	1,0
Februar	2,0	1,0	2,0	1,1
Marts	2,1	1,3	1,7	1,0
April	2,0	1,2	1,9	1,0
Maj	2,1	1,3	2,2	1,5
Juni	2,1	1,6	2,1	2,0
Juli	2,0	1,1	2,1	1,2
August	2,1	1,7	2,2	2,0
September	2,0	1,3	1,9	1,3
Oktober	1,9	1,2	2,1	1,2
November	2,0	1,1	2,1	1,3
December	2,0	1,2	2,1	1,3
Hovedtotal	<b>2,0</b>	<b>1,2</b>	<b>2,0</b>	<b>1,3</b>

**Tabel A 2:** Svineri i henholdsvis forsøgssektion og kontrolsektion i måleperioden ved lokation B (jævnfør skala vist i tabel 1).

Måned	Forsøg		Kontrol	
	Gennemsnit af leje	Gennemsnit af gris	Gennemsnit af leje	Gennemsnit af gris
Januar	1,6	1,1	1,3	1,1
Februar	1,6	1,5	2,1	2,0
Marts	1,3	1,3	1,4	1,5
April	1,3	1,4	1,4	1,3
Maj	1,8	1,8	1,6	1,5
Juni	2,4	2,0	2,6	2,1
Juli	1,5	1,8	2,0	1,8
August	2,2	1,8	2,9	2,3
September	1,9	1,9	2,1	2,1
Oktober	1,3	2,0	1,4	1,9
November	1,6	1,9	1,3	1,6
December	1,6	1,3	1,7	1,4
Hovedtotal	<b>1,7</b>	<b>1,8</b>	<b>1,8</b>	<b>1,8</b>

**Tabel A 3:** Vindretning og vindhastighed på måledage ved lokation A. I parentes er vist 95 procent konfidensinterval.

Dato	Vindretning designering	Vindhastighed
24-10-2016	Ø	1,1 (1,05 - 1,15)
06-12-2016	V	0,7 (0,65 - 0,75)
16-02-2017	S	1,9 (1,80 - 1,90)
23-05-2017	V	1,7 (1,62 - 1,78)
02-08-2017	SV	2,1 (2,04 - 2,16)
31-08-2017	NV	2,3 (2,25 - 2,35)

**Tabel A 4:** Vindretning og vindhastighed på måledage ved lokation B. I parentes er vist 95 procent konfidensinterval.

Dato	Vindretning	Vindhastighed
23-10-2017	Ø	5.57 (5.38 - 5.77)
29-11-2017	SV	1.92 (1.88 - 1.96)
22-02-2018	Ø	0.56 (0.54 - 5.58)
27-02-2018	NØ	2.37 (2.35 - 2.40)
14-05-2018	Ø	0.87 (0.85 - 0.88)
05-06-2018	SØ	0.93 (0.91 - 0.96)
08-08-2018	S	1.47 (1.43 - 1.51)
03-09-2018	Ø	1.49 (1.46 - 1.52)



Tlf.: 33 39 45 00

[svineproduktion@seg.es.dk](mailto:svineproduktion@seg.es.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.