

Fordeling af ventilationsafkast i minkhaller



Af

Martin Nørregaard Hansen og Amparo Gómez Cortina

Agrotech

Indhold

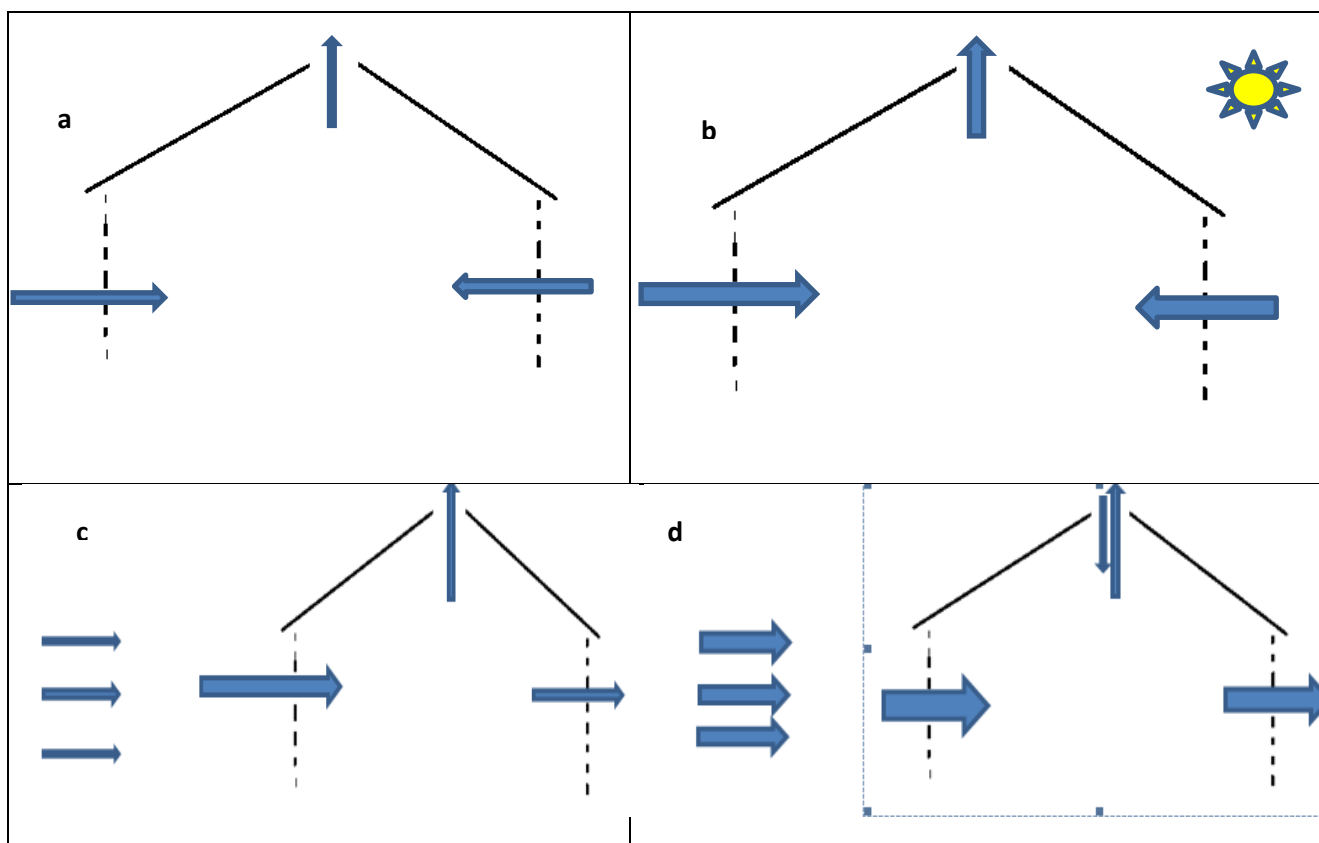
Introduktion.....	3
Bestemmelse af afkastfordeling i minkhaller	4
Metode	4
Resultater	6
Sammenfatning	9
Referencer	9

Introduktion

En stor andel af den danske husdyrproduktion foregår i naturligt ventilerede stalde. Ventilationen af naturligt ventilerede stalde afviger fra ventilationen af mekanisk ventilerede stalde ved at der ikke sker en mekanisk udsugning af staldluften. Luftsiftet i naturligt ventilerede stalde sker i stedet via passiv transport af staldens luft via åbninger i staldens sider og i staldens kip, samt evt. åbninger i staldens gavle og porte. Ventilationen via disse åbninger er styret af vindforhold, staldens design, samt termisk opdrift i staldrummet (Morsing et al. 1999).

Disse forhold betyder, at ventilationen af åbne stalde varierer markant i forhold til ændringer i vindforhold samt forskelle mellem temperatur i stald og udeluft. Det er derfor ikke kendt, i hvor høj grad staldluften udledes via staldens sider og via staldens kipåbning. Da dette har betydning den højde, hvor hovedparten af staldluft udledes, har dette betydning i forbindelse med beregning af eksempelvis lugt geneafstand til naboer.

Dette notat søger derfor via tidligere gennemførte emissionsmålinger i minkhaller, at estimere i hvor høj grad afkastluften fra minkhaller udledes henholdsvis via staldens sider og kipåbning. Opgaven er en del opgave af projektet: *spredningskurver for naturligt ventilerede stalde*.



Figur 1. Skematisk illustration af teoretisk ind og udsivning af staldluft via staldens kip- og sideåbninger i naturligt ventilerede stalde ved forskellige klimatiske forhold. Ved vindstille forhold vil hovedparten af udsivningen ske via kipåbningen via termisk opdrift, mens indsugningen sker ligeligt fra staldens sider (a). Udsivningen via kip vil øges i forbindelse med at solopvarmning fører til opvarmning af staldrummet (b). Vindpåvirkning medfører, at den største indgang af luft sker i vindsiden og udgår i staldens kip og læside (c). Ved kraftig vindpåvirkning øges såvel indgang som udgang af staldluft via henholdsvis vind- og læside. Ved høj vindpåvirkning kan der desuden forekomme indgang af luft via kipåbningen (d).

Indgang og afgang af staldluft fra naturligt ventilerede stalde varierer afhængig af staldens indretning og de klimatiske forhold. Figur 1 forsøger at give en skematisk oversigt over, hvordan indgang og udgang af luft fra naturligt ventilerede stalde teoretisk finder sted ved forskellige klimatiske forhold.

Bestemmelse af afkastfordeling i minkhaller

Minkhaller er som kvægstalde åbne stalde med naturlig ventilation. Som i kvægstalde sker ventilationen via åbninger i hallens kip og via åbninger i hallens sider (Figur 2). Minkhaller afviger dog på flere områder for de ventilationsforhold der er gældende for kvægstalde. Bl.a. er minkhaller generelt mindre, har færre varmeproducerende enheder og er lavere end kvægstalde, hvilket betyder, at de har lavere varmeproduktion og drivhøjde til at drive den termiske opdrift (skorstenseffekt). Dette betyder, alt andet lige, lavere luftudskiftning via kipåbningen.

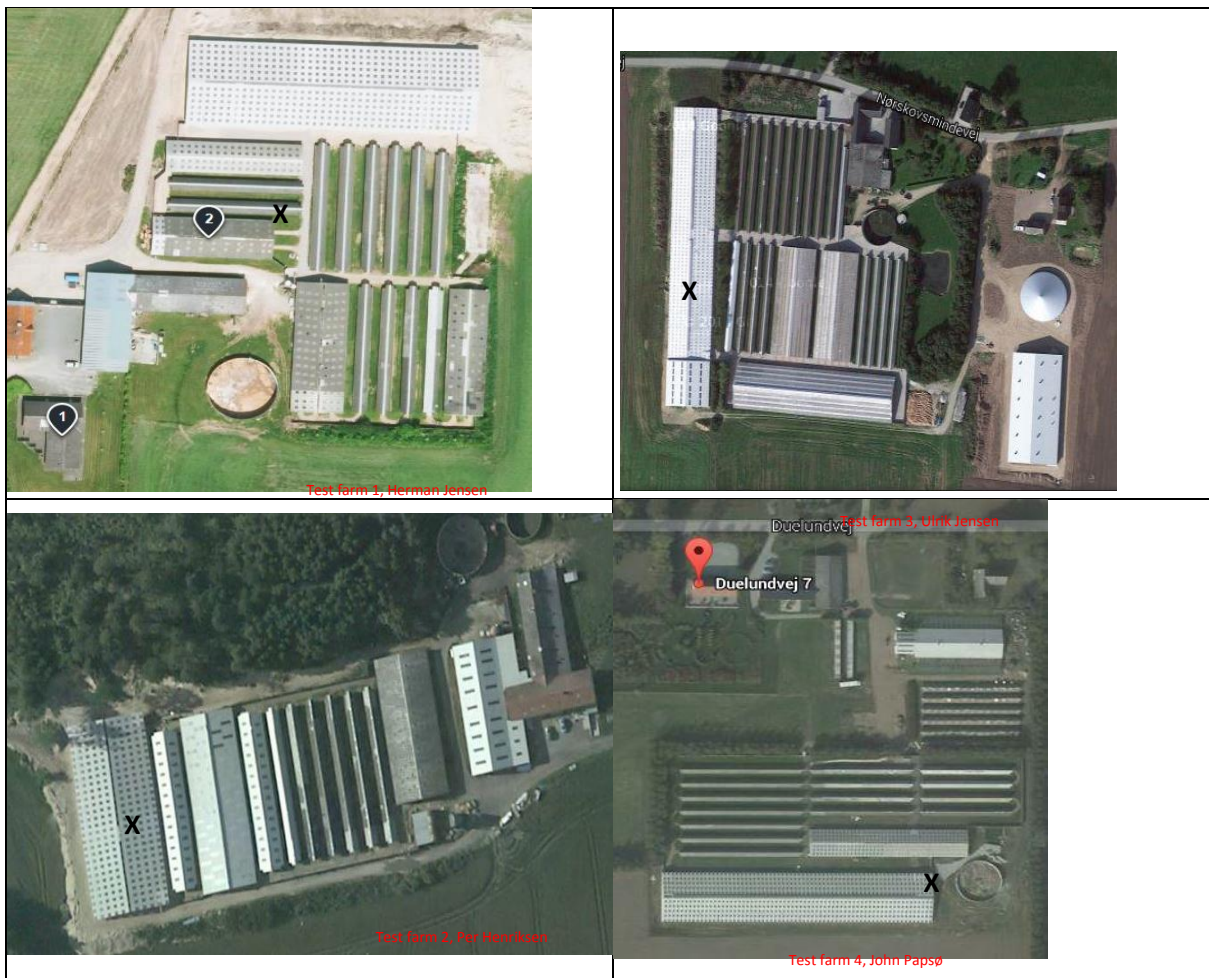
Minkhaller er omvendt i højere grad end kvægstalde placeret i bygningskomplekser (se Figur 3). Placeringen tæt ved andre bygninger reducerer vindpåvirkningen, hvilket alt andet lige øger potentialet for en højere udledning af staldluft via kipåbningen. Endelig er udformningen af såvel sideåbninger som kip anderledes på minkhaller end i forbindelse med kvægstalde, hvilket også har betydning for i hvor høj grad luften udskiftes via kip og sideåbninger. På baggrund af ovenstående er der gennemført en separat undersøgelse af i hvor høj grad udsivningen af staldluften sker via henholdsvis minkhalleres kip- og vægåbninger.



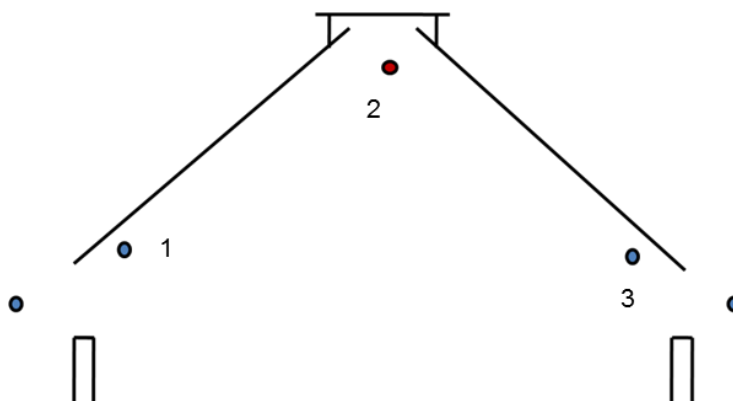
Figur 2. Billede af ventilationsåbninger i minkhaller. Billedet til venstre viser åbninger i hallens sider, mens billedet til højre viser kipåbningen på langs af hallen.

Metode

Bestemmelsen af afkastfordelingen af ventilationsluft i minkhaller blev bestemt på baggrund af gennemførte bestemmelser af lugtemissioner fra minkhaller. Denne undersøgelse blev gennemført i perioden august 2014 til juli 2015 ved indsamling af data fra fire forskellige minkbedrifter (Figur 3).



Figur 3. Luftfoto af de benyttede testfarme. Emissionsbestemmelserne blev gennemført i staldsektioner mærket med X.



Figur 4. Skematisk fremstilling af testhallerne med angivelse af opsamling og analyse af luftens indhold af sporgassen CO₂ i måleslanger markeret med blå og røde punkter. Måleslangerne er perforerede 20 m lange slanger, som er placeret på langs af bygningen.

På hver af de fire testhaller blev koncentrationen af sporgassen CO₂ bestemt ved kontinuerlig bestemmelse af CO₂ koncentrationen henholdsvis udenfor og i forbindelse med hallens kip- og sideåbninger (Figur 4)

I undersøgelsen blev luftskiftet i forbindelse med undersøgelsen bestemt i syv måleperioder på hver ca. tre timers varighed på hver af de fire farme i løbet af et år. Luftskiftet blev bestemt ved benyttelse af en CO₂ sporgas baseret beregningsmodel (Demmers et al., 2001; Fiedler et al., 2014).

$$V_i = \frac{10^6 \cdot E_{sp}}{\rho_s(t)(C_{si} - C_{so})}$$

hvor

V_i er luftskiftet i m³ h⁻¹

E_{sp} er udledningen af sporgassen CO₂ i l h⁻¹ i måleperioden p

$\rho_s(t)$ er massefylden af tracer gassen i kg m⁻³ ved den aktuelle temperatur t

C_{si} og C_{su} er den målte koncentration af tracer gassen CO₂ i mg m⁻³ stald (i) and ude (o) luft.

Beregningen af det samlede luftskifte giver ikke mulighed for en direkte beregning af, hvor meget luft der udledes henholdsvis via hallernes kip- og sideåbninger. Der blev derfor udarbejdet en model med henblik på at få et estimat for, hvor stor en andel af det samlede luftskifte der udledes henholdsvis fra side- og kipåbninger. I forbindelse med denne model antages det, at luftudskiftningen via de forskellige afgangsvveje er proportional med differencen mellem koncentrationen af sporgassen i henholdsvis afkasts- og baggrundsluft, samt at ventilationsåbningerne er nogenlunde ligeligt fordelt mellem hallens sider og kip (Morsing et al., 1999).

Luftudskiftningen via henholdsvis staldens to sider og kipåbning er estimeret ved følgende ligning

$$V_j = \frac{(C_{si_j} - C_{so_j})}{\sum (C_{si_j} - C_{so_j})} V_i$$

hvor

V er luftskiftet i m³ h⁻¹

C_{si} og C_{su} er den målte koncentration af tracer gassen CO₂ i mg m⁻³ i stald (i) and ude (o) luft.

j er afkaststed (side 1, side 2, kip)

V_i er hallens samlede luftskifte i m³ h⁻¹.

Resultater

I forbindelse med målingerne blev det beregnede procentvise luftskifte via henholdsvis hallens sider og kip estimeret for fire minkhaller i Midtjylland. Resultaterne af undersøgelsen, fordelt på syv måleperioder for hver af de undersøgte bedrifter, kan ses i

Tabel 1 og

Tabel 2.

Tabel 1. Fordeling af den samlede luftskifte via henholdsvis kip- og sideåbninger i to minkhaller placeret i øst-vestlig retning. Undersøgelsen er gennemført i syv måleperioder fra august 2014 til juli 2015

Bedrift id	Måle- periode	Dato	Antal dyr	Vindret ning	Vindhast., m/s	klimaforhold	Fordeling af ventilation, %		
							Side N	Kip	Side S
HJ	1	12.08-2014	1.474	Syd	5	Regn	30	38	32
HJ	2	26.08-2014	1.481	NØ	1	Sol	41	44	16
HJ	3	16.09-2014	1.483	Ø	6	Sol	43	43	15
HJ	4	14.10-2014	1.487	NØ	4	Overskyet	1	66	33
HJ	5	04.11-2014	1.499	SV	7	Regn	17	46	36
HJ	6	17.06-2015	1.235	SV	5	Regn	18	42	37
HJ	7	22.07-2015	1.620	SV	5	Delvis skyet	32	33	36
JP	1	14.08-2014	2.409	Sv	5	Skyet	51	30	20
JP	2	28.08-2014	2.407	V	1	Sol	40	34	26
JP	3	18.09-2014	2.406	Ø	5	Sol	52	22	26
JP	4	16.10-2014	2.399	s	1	overskyet	0	71	33
JP	5	05.11-2014	2.399	Nø	3	overskyet	23	29	48
JP	6	18.06-2015	4.284	V	7	småregn	26	43	31
JP	7	23.07-2015	2.512	V	5	delvis skyet	44	49	7

Tabel 2. Fordeling af den samlede luftskifte via henholdsvis kip- og sideåbninger i to minkhaller placeret i nord-sydlig retning. Undersøgelsen er gennemført i syv måleperioder fra august 2014 til juli 2015.

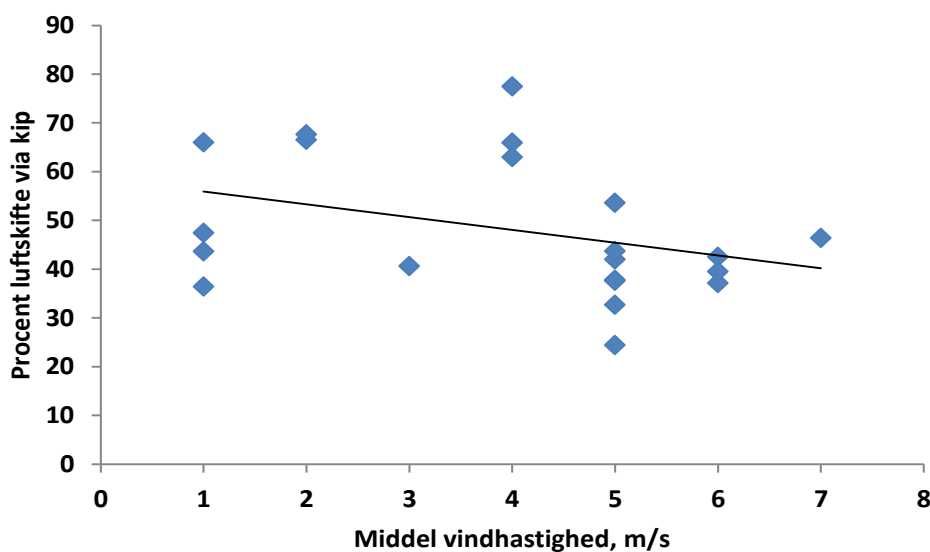
Bedrift id	Måle- periode	Dato	Antal dyr	Vindret ning	Vindhast., m/s	klimaforhold	Fordeling af ventilation, %		
							Side V	Kip	Side Ø
UJ	1	14.08-2014	9.494	SV	3	Overskyet	37	41	22
UJ	2	28.08-2014	9.490	V	1	Sol	61	36	3
UJ	3	18.09-2014	9.490	Ø	4	Overskyet	8	78	14
UJ	4	16.10-2014	9.483	SV	1	Overskyet	3	66	31
UJ	5	05.11-2014	9.474	NØ	2	Overskyet	0	67	35
UJ	6	18.06-2015	15.584	V	6	Regn	18	37	45
UJ	7	23.07-2015	9.500	V	5	sol/skyer	54	24	22
PH	1	12.08-2014	5.689	S	5	Skyet	44	44	13
PH	2	26.08-2014	5.689	Sv	1	Sol	41	47	12
PH	3	16.09-2014	5.684	Ø	5	Sol	36	38	27
PH	4	14.10-2014	5.677	Nø	4	Sol	3	63	34
PH	5	04.11-2014	5.650	S	2	Skyet	0	68	35
PH	6	17.06-2015	8.278	S	6	Regn	23	40	37
PH	7	22.07-2015	5.708	Sv	5	Sol/skyer	30	54	17

Den gennemførte undersøgelse viser, at andelen af staldluft der udledes via kipåbningen varierer mellem 22 og 78 procent af det samlede luftskifte. Der blev observeret betydelige forskelle mellem bedrifter og de enkelte måleperioder. Dette antages at være begrundet i dels forskelle mellem lokalisering og staldindretning for de enkelte minkhaller, og dels forskelle i de klimatiske forhold ved de enkelte måleperioder.

Der blev ikke observeret en klar sammenhæng mellem vindretning og andel af staldluft der udsiver via staldsider i henholdsvis læ- og vindsiden. Årsager til dette kan være følgende. Minkhaller er normalt placeret tæt ved andre lægivende haller og beskyttelseshegn (Figur 3). Dette fører til turbulente vindforhold omkring hallen. Større minkhaller er i dag desuden ofte udstyret med vindafskærmning i

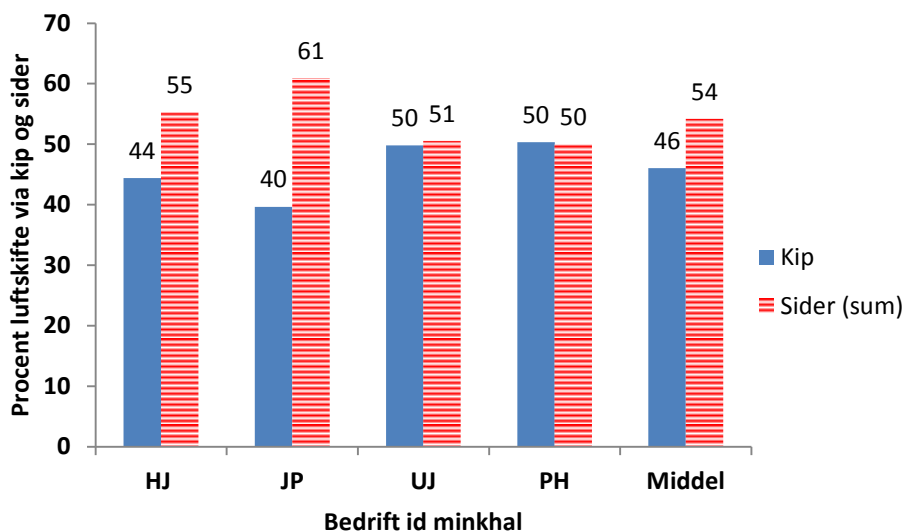
hallens sideåbninger. Disse afskærmninger reducerer automatisk åbningsarealet af sideåbninger i vindsiden ved høje vindhastigheder med henblik på at forbedre staldklimaet og reducere risiko for trækvinde i stalddrummet. To af de benyttede testhaller er således udstyret med sådanne automatiske vindafskærmningssystemer.

Vindhastigheden vil normalt påvirke fordelingen mellem udsivningen af staldbluff via kip- og sideåbninger (Figur 1). Ved lave vindhastigheder vil udsivningen af staldbluff primært være styret af den termiske opdrift og derfor foregå via kipåbninger (Morsing et al., 1999). Dette blev også observeret i forbindelse med minkhaller. Ved middel vindhastigheder mellem 1 og 2 m/sek. blev det observeret, at mellem 50 og 60 procent af luftudskiftningen forgik via kipåbningen, mens mellem ca. 40 og 50 procent af luftudskiftningen skete via kipåbningen ved middel vindhastigheder på mellem 5 og 7 m/sek. (Figur 5)



Figur 5. Sammenhæng mellem vindhastighed og andel af luftudskiftningen der finder sted via kipåbninger i minkhaller.

Undersøgelsen viste i gennemsnit over året, at mellem 40 og 51 procent af luftudskiftningen i minkhaller skete via de undersøgte halleres kipåbninger. Der blev observeret forskelle mellem de forskellige bedrifter, hvor det blev fundet at en mindre andel (ca. 42 procent) af luftudskiftningen skete via kipåbninger i mindre haller med under 2.500 bure, svarende til ca. 25 dyreenheder (HJ og JP), mens en højere andel af luftudskiftningen (ca. 50 procent) finder sted via kipåbninger i de større haller med flere end 2.500 bure (UJ og PH) (Figur 6). I gennemsnit af de fire undersøgte haller blev det fundet, at ca. 46 procent af luftudskiftningen i minkhaller sker via kipåbningen.



Figur 6. Andelen af luftudskiftningen der sker via minkhalleres kip- og sideåbninger for de fire minkhaller der indgik i undersøgelsen. Andelen var højst for store minkhaller med mere end 2.500 minkbure (UJ og PH) og mindre for haller med under 2.500 bure (HJ og JP).

Sammenfatning

Undersøgelsen har ved analyse af emissionsdata gennemført på fire minkhaller over et år søgt at estimere i hvor høj grad ventilationsluften udledes via kipåbninger og hallens sider. Undersøgelsen fandt at ca. 46 procent af luftudledningen skete via kipåbningen, mens resten, 54 procent, fandt sted via hallernes sideåbninger. Resultaterne indikerer desuden, at størrelsen af hallerne påvirker, hvor stor en andel af staldluften der udledes via hallernes kipåbninger. Andelen af luft der udledes via kipåbninger udgjorde således ca. 50 procent i forbindelse med store minkhaller med plads til mere end 25 dyreenheder (flere end 2.500 burplaser), mens den udgjorde ca. 42 procent fra mindre haller med plads til under 25 dyreenheder (under 2.500 burpladser). Andelen af staldluft der udledes via hallernes kipåbninger påvirkes tilsvarende af den gennemsnitlige vindhastighed. Ved middel vindhastigheder på under 3 m/sek. udgjorde udledningen via hallernes kipåbninger mellem ca. 50 og 60 procent af den samlede luftudledning, mens udledningen via kipåbningen kun udgjorde mellem ca. 40 og 50 procent ved middelvindhastigheder på over 5 m/sek.

Referencer

Demmers T.G.M.; Phillips V.R.; Short L.S.; Burgess L.R.; Hoxey R.P.; Wathes C.M. 2001. Validation of Ventilation Rate Measurement Methods and the Ammonia Emission from Naturally Ventilated Dairy and Beef Buildings in the United Kingdom. *J. agric. Engng Res.* **79: (1)**, 107-116

Morsing S., Zhang G., Strøm J.S. 1999. Naturlig ventilation af stalde - dimensionering. *Grøn Viden* Nr. 13.

Poulsen H., Pedersen S. 2005. Ventilation, isolering og opvarmning. *Klimateknik*. Landbrugsforlaget. Dansk Landbrugsrådgivning Landscentret. 2005

AgroTech A/S
+45 8743 8400
www.agrotech.dk

AgroTech Skejby
Agro Food Park 15
DK-8200 Aarhus N

AgroTech Taastrup
Højbakkegård Allé 21
DK-2630 Taastrup

AgroTech Holeby
Maribovej 9
DK-4960 Holeby

AgroTech *
Accelerate business

Fiedler M et al. 2014. Spatial distribution of air flow and CO₂ concentration in a naturally ventilated dairy building. Environmental Engineering and Management Journal. Sept. 2014, **13**;, No. 9. 2193-2200.