



Erfaring nr. 9510

Ventilationsanlæg med luft til luft varmevekslere

Institution: Landsudvalget for Svin, Den rullende Afprøvning
Forfatter: Poul Pedersen
Peter Hansen
Dato: 31.10.1995

Sammendrag

I april og maj måned 1995 blev der gennemført en undersøgelse af ventilationsanlæg med luft til luft varmevekslere fra følgende firmaer:

- Echberg
- TH-klimateknik
- Turbovent

Undersøgelsen blev gennemført i 3 slagtesvinestalde, der var udpeget af ventilationsfirmaerne og som havde de sidste nye anlægstyper. Der blev besøgt to stalde med Turboventanlæg. Målingerne fra den første stald måtte imidlertid kasseres, da stalden bl.a. var utæt. Temperaturregistreringer fra den anden besætning blev ikke brugt i denne erfaring, fordi varmegenvindingen var ubetydelig pga. en fejljustering af anlægget.

Ved anlæggene fra Echberg og TH-klimateknik viste temperaturregistreringerne, at indblæsningsluften ved en temperaturforskel på ca. 18 °C mellem ude og staldrum blev forvarmet med ca. 6 °C. Ved en temperaturforskel mellem ude og staldrum på ca. 24 °C blev indblæsningsluften forvarmet med ca. 10 °C.

Temperaturregistreringerne viste, at det er muligt at forbedre luftkvaliteten væsentligt ved et velfungerende varmeveksleranlæg, der dimensioneres, styres og vedligeholdes korrekt.

Et veldimensioneret ventilationsanlæg med varmeveksler kan anbefales til stalde, hvor der ønskes en forbedret luftkvalitet. Desuden vil anlæggene, kombineret med en diffus luftfordeling, være velegnet i stalde med lille rumfang og stalde med mange hindringer for frie luftbevægelser.

Baggrund

Inden for de sidste par år har flere ventilationsfirmaer markedsført ventilationsanlæg med luft til luft varmevekslere. De fleste anlæg er dog siden introduktionen blevet ændret på væsentlige områder som følge af erfaringerne med de første anlæg. Den rullende Afprøvning har fulgt udviklingen af anlæggene, bl.a. i forbindelse med klimaundersøgelser. De fleste anlæg er nu udviklet så meget, at det var relevant at gennemføre en undersøgelse af de aktuelle anlægstyper. Der foreligger ligeledes afprøvningsrapporter på varmevekslerne.

Formålet med undersøgelsen var at beskrive samt give en teknisk og driftmæssig vurdering af de nyeste varmeveksleranlæg.

Materiale og metode

Undersøgelsen blev gennemført i slagtesvinestalde med varmeveksleranlæg fra følgende firmaer:

- Echberg
- TH-Klimateknik
- Turbovent

Besætningerne blev udpeget af ventilationfirmaerne. Kriteriet var, at det skulle være ung- og slagtesvinestalde med de anlægstyper, der blev markedsført på undersøgelsestidspunktet. Registreringerne blev gennemført i april og maj 1995. Grisene havde en gennemsnitsvægt på 55-70 kg.

Ved test af ventilationsanlæg i hele reguleringsområdet blev følgende registreret:

- Styrespænding til spjæld i luftindtag og -afgang
- Ventilatorspænding
- Trykforskel mellem staldrum og udenfor

Følgende data blev opsamlet på en datalogger hvert 15. minut over en periode på 7-10 dage:

- Temperatur følgende steder: ude, staldrum, luftafgang efter varmeveksleren, luftindtag umiddelbart efter varmeveksleren og i indblæsningen.
- Relativ luftfugtighed følgende steder: ude, staldrum og luftafgang efter varmeveksleren
- Styrespænding 0-10 volt til spjældmotorer og ventilatorer.

Staldindretning og produktionsforhold er vist i tabel 1.

	Echberg	TH-klimateknik	Turbovent
Stald	Slagtesvin	Slagtesvin	Slagtesvin
Staldmål, m	17,8×10,8×2,6	22×15×3,25	18×11×2,6
Loftkonstruktion	10 grader saksespær	Gitterspær	10 grader saksespær
Antal stipladser	256	360	240
Driftsform	Holddrift	Holddrift	Holddrift
Vægtinterval, kg	30-100	30-100	32-100
Gulvkonstruktion	Fuldspaltegulv	Fuldspaltegulv	Fuldspaltegulv
Gødningssystem	Rørudslusning	Rørudslusning	Rørudslusning
Fodringsmetode	Tørfoder ad lib.	Restriktiv vådfodring	Restriktiv vådfodring

Der blev besøgt to besætninger med anlæg fra Turbovent. Målingerne i den første besætning blev kasseret, dels var stalden meget utæt, dels var der en separat udsugning til en varmeoptager forbundet med en varmepumpe. Temperaturregistreringerne fra den anden besætning blev ikke brugt i denne erfaring, fordi varmegenvindingen var minimal pga. af en fejljustering af anlægget. Det var på dette tidspunkt for sent at gentage målingerne pga. for høje udetemperaturer.

Ved vurdering af varmevekslerne blev temperaturvirkningsgraden, bestemt. Den angiver forholdet mellem den opnåede og maksimalt opnåelige temperaturforøgelse på den indtagne luft. Hvis temperaturvirkningsgraden er 50 pct., vil den indtagne luft blive hævet til 10 °C, når ude- og indetemperaturen er henholdsvis 0 °C og 20 °C.

Temperaturvirkningsgraden blev bestemt både i forhold til indtags- og afgangsluften ved følgende formler:

$$\text{temperaturvirkningsgraden indtag} = \frac{t_{\text{ind efter vex}} - t_{\text{ude}}}{t_{\text{inde}} - t_{\text{ude}}}$$

$$\text{temperaturvirkningsgraden indtag} = \frac{t_{\text{inde}} - t_{\text{ud efter vex}}}{t_{\text{inde}} - t_{\text{ude}}}$$

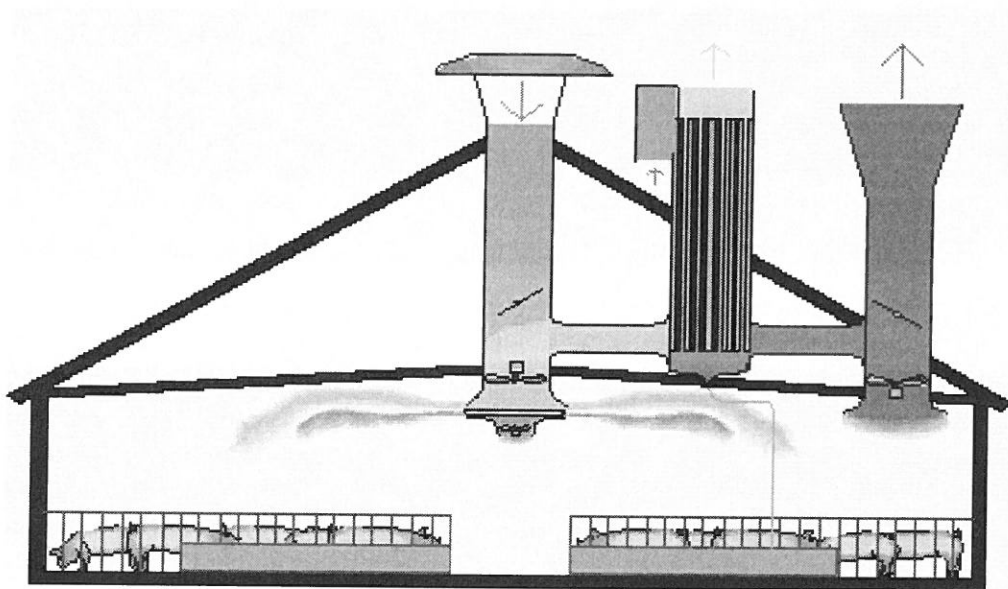
Temperaturvirkningsgraden beregnet ved de to formler vil være den samme, såfremt det er samme luftmængde, m³ pr. time, der passerer veksleren på indtags- og afgangssiden, samt at kondensation ikke forekommer.

Varmeveksleranlæggenes opbygning fremgår af tabel 2.

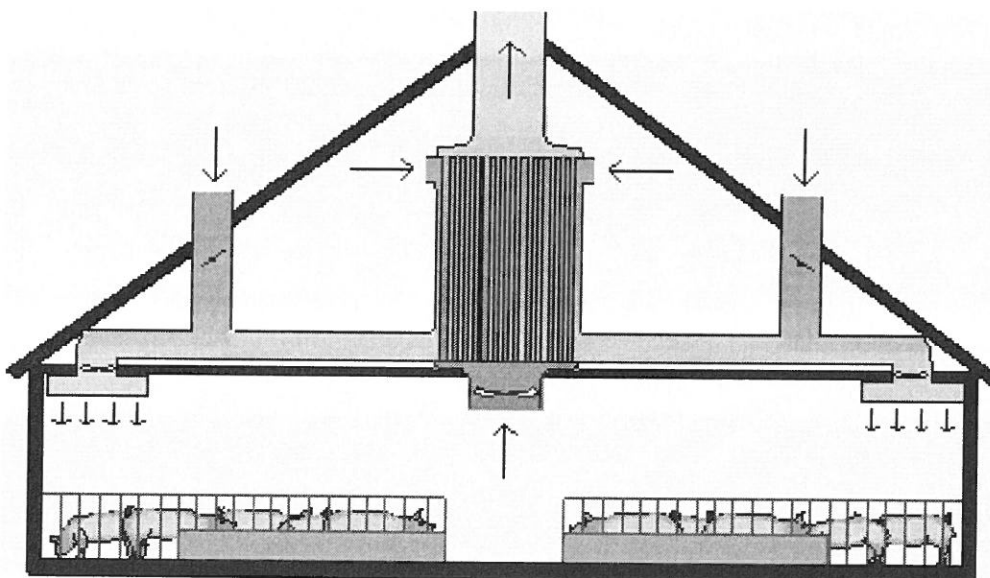
Tabel 2: Ventilationsanlæggets opbygning			
	Echberg	TH-Klimateknik	Turbovent
Luftindtag	Indblæsningsenhed	Diffus kasse	Diffus pose
Type	Bomv 60/30-D3	ID-640-RLX	I Turbovex 12000
Antal	2	4	2
Placering	Over indspek.gang	Ved ydervægge	På langs af stalden
Luftafgang			
Type	CD-800	UTD-640-CLX	I Turbovex 12000
Spjæld	Drejespjæld	Drejespjæld	Drejespjæld
Antal	2	3	4
Varmeveksler			
Type	WVT-40K	VVM-820 sep. udsug	Turbovex 12000
Antal	1	2	4
Ydelse ved max, m ³ /time	3480 x 1	2450 x 2	3040 x 2
Temp.virkningsgrad	42-53 pct. ¹⁾	54 pct. ²⁾	52 pct. ²⁾
Styring			
Styringsenhed	Apollo 10	TH-41	Autotron 8805
Fugtstyring	Nej	Ja	Nej
Slavestyring for indblæsn.	Nej, ind/ud fælles reg.	Ja	Ja
Type trækstation	Danvent	Danvent	Belimo
Antal trækstation	3	7	4
Sammenkobling af spjældudgange	Elektrisk	Elektrisk	Elektrisk
Ydelse ved ÷ 10 Pa			
m ³ /t pr. stiplads	76	99	79

- 1) Tysk DIG-afprøvning gennemført under "beskide forhold". Temperaturvirkningsgraden er angivet ved maksimal ydelse gennem varmeveksleren ved hhv. $\Delta t = 8 \text{ }^\circ\text{C}$, $\text{RF} = 80 \text{ pct.}$ og $\Delta t = 30 \text{ }^\circ\text{C}$, $\text{RF} = 80 \text{ pct.}$
- 2) Dansk SJF-afprøvning under "rene forhold". Temperaturvirkningsgraden er angivet ved maksimal ydelse gennem varmeveksleren

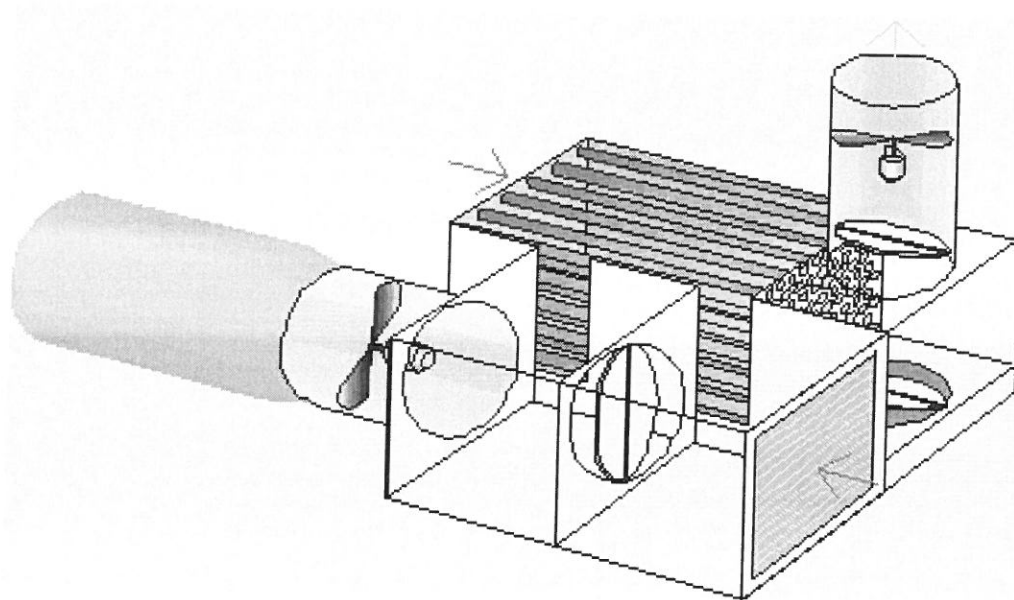
Figur 1, 2 og 3 viser en skitse af de undersøgte anlæg.



Figur 1. Skitse af varmeveksleranlægget fra Echberg



Figur 2. Skitse af varmeveksleranlægget fra TH-klimateknik

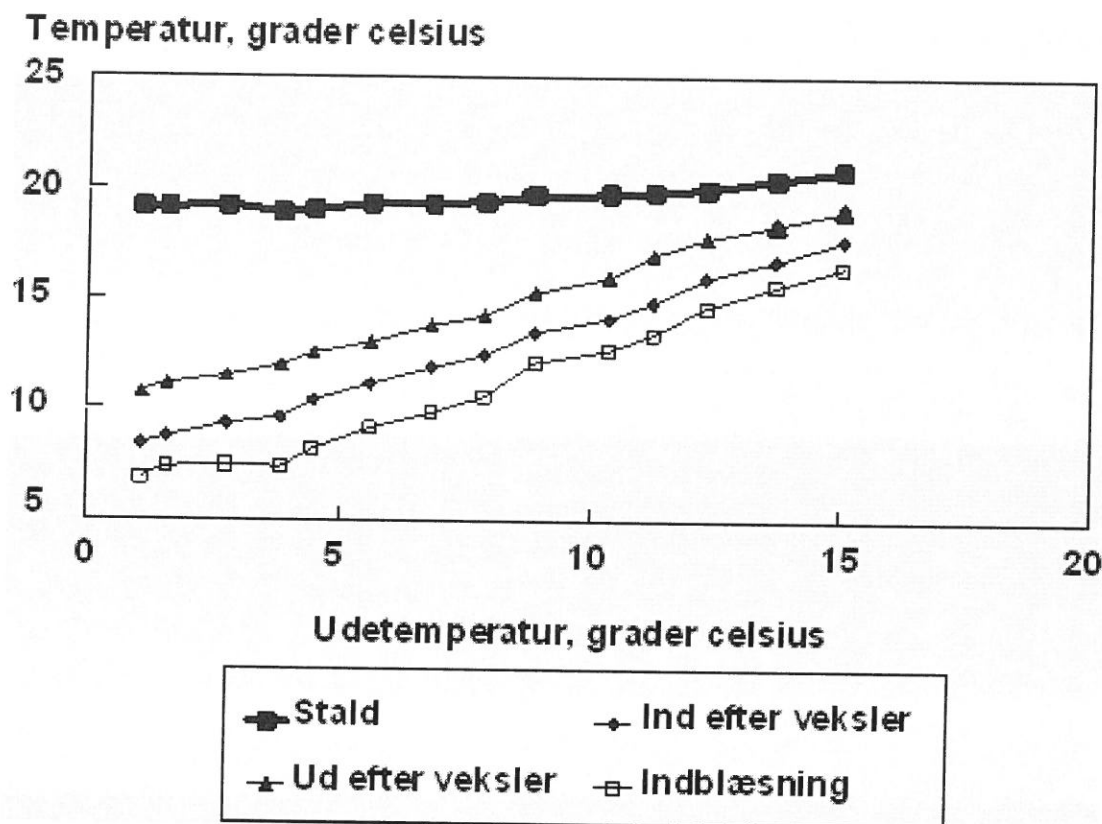


Figur 3. Skitse af varmeveksleranlægget fra Turbovent

Resultater og diskussion

Temperaturregistreringer

De registrerede temperatur er vist i figur 4 og 5. Det fremgår, at der var forskellig staldtemperatur i de undersøgte stalde. Dette vanskeliggør en direkte sammenligning af de øvrige temperaturer, men hvis de registrerede temperaturer sættes i forhold til temperaturforskellen mellem ude og inde, kan der opnås et godt sammenligningsgrundlag.



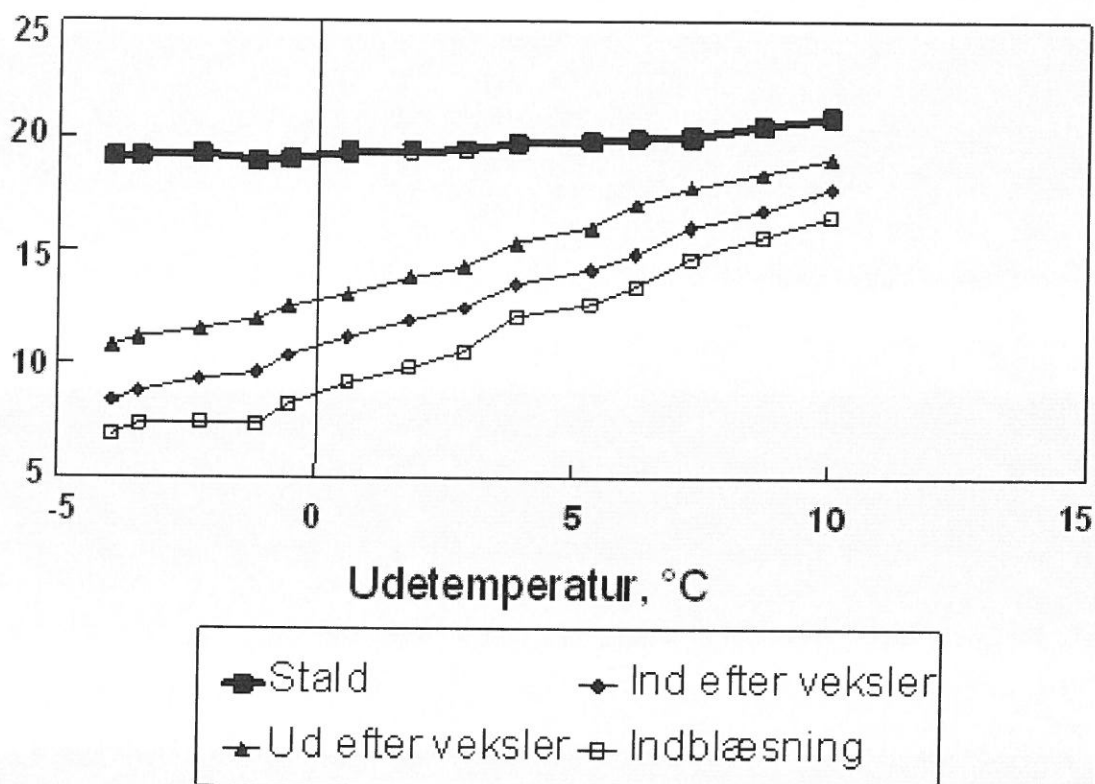
Figur 4. Echberg: Gennemsnit af 707 temperaturmålinger omkring varmeveksleren i forhold til udetemperaturen

Anlægget fra Echberg forvarmede indblæsningsluften med ca. 6 °C ved den laveste udetemperatur i registreringsperioden på ca. 1 °C og en staldtemperatur på ca. 19 °C. Forskellen mellem temperaturen "ind efter veksler" og indblæsningstemperaturen på knap 2 °C viste, at kun en del af indblæsningsluften passerede varmeveksleren ved en udetemperatur på 1 °C. Forskellen mellem temperaturerne "ud efter veksler" og "ind efter veksler" på ca. 2 °C ved udetemperaturer under 10 °C viste, at der skete en god varmeoverførsel ved den del af luftmængden, der passerede gennem varmeveksleren.

Ved anlægget fra TH-klimateknik blev indblæsningsluften forvarmet med ca. 10 °C ved en udetemperatur på ca. +2 °C og en staldtemperatur på ca. 22 °C. Det forhold, at temperaturen "ind efter veksler" og indblæsningstemperaturen var den samme ved temperaturer mellem +2 til +3 °C, viste, at al indtagen luft passerede varmeveksleren i dette interval.

Forskellen mellem temperaturerne "ud efter veksler" og "ind efter veksler" på ca. 2 °C ved udetemperaturer under 10 °C viste, at der skete en god varmeoverførsel ved den del af luftmængden, der passerede gennem varmeveksleren.

Temperatur, °C



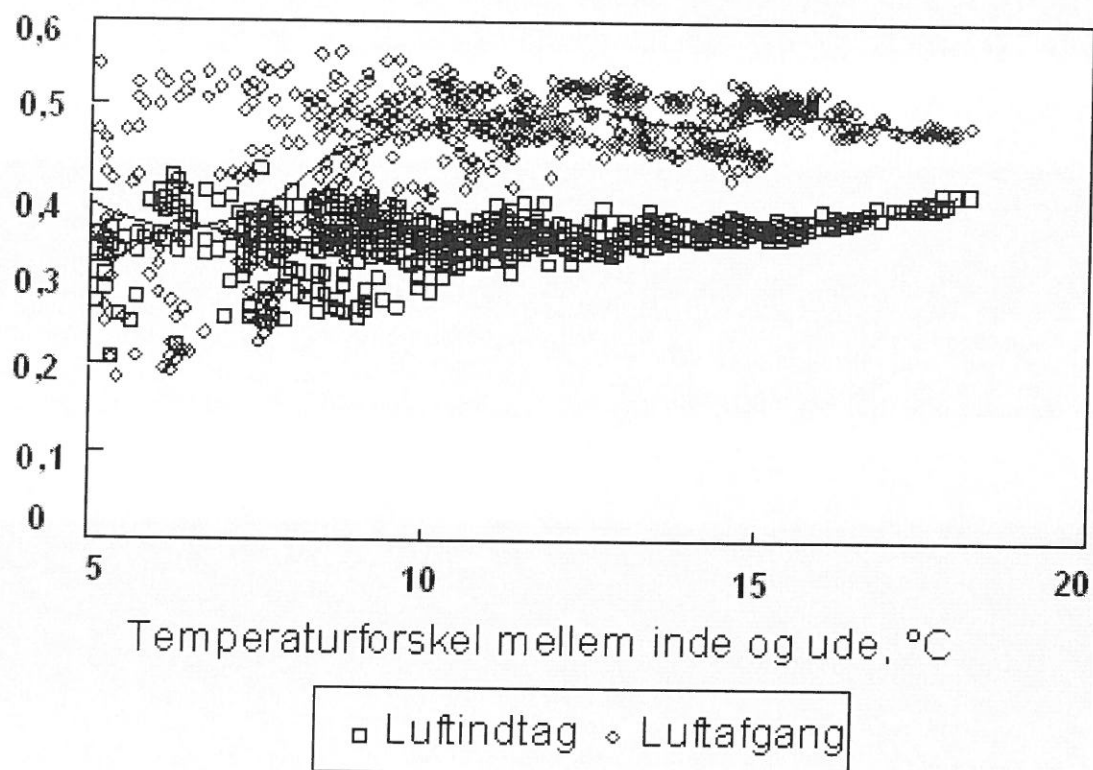
Figur 5. TH-klimateknik: Gennemsnit af 606 temperaturmålinger omkring varmeveksler i forhold til udetemperaturen.

Temperaturvirkningsgrad

Ved en temperaturforskel på 18 °C mellem ude og inde var temperaturvirkningsgraden i forhold til henholdsvis indtags- og afgangsluften ca. 0,40 og 0,50 ved anlægget fra Echberg samt 0,35 og 0,55 ved anlægget fra TH-klimateknik

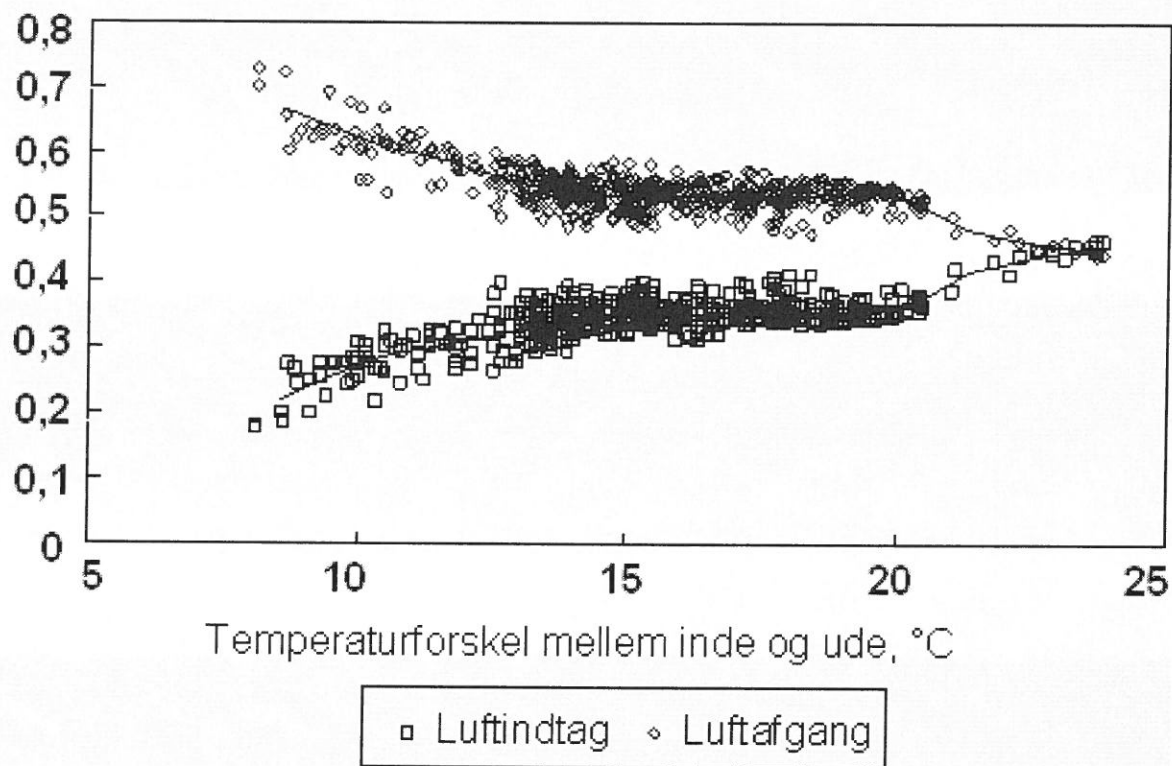
Hvis der ikke sker kondensering, må en forskel i virkningsgraden i forhold til hhv. indtags- og afgangssiden tillægges en tilsvarende forskel i luftmængden på indtags- og afgangssiden. Ved en temperaturforskel på 18 °C var luftmængden ud gennem varmeveksleren således ca. 80 pct. af luftmængden ind gennem varmeveksleren ved anlægget fra Echberg og 60-70 pct. ved anlægget fra TH-klimateknik. En analyse af anlæggenes reguleringsmåde og opsamling af data fra styreenheden viste, at den "manglende" luftmængde formodentligt passerede ud gennem den sekundære udsugningsenhed, idet ventilatoren kørte og spjældet var lidt åbent. Da luftmængden, der passerede varmevekslerne på indtags- og afgangssiden, var forskellig i denne undersøgelse, så er de fundne temperaturvirkningsgrader ikke umiddelbart sammenlignelige med hhv. SjF- og DIG-afprøvningserne i tabel 2. Dog vil gennemsnittet af temperaturvirkningsgraden og luftmængden for indtags- og afgangsluften give et godt sammenligningsgrundlag. Vurderet her ud fra lå temperaturvirkningsgraden for Echbergs varmeveksler 0 - 10 pct. under afprøvningen, mens varmeveksleren TH-klimateknik lå 10-20 pct. under. Forskellen mellem de to fabrikater kan skyldes forskellen i afprøvningsmetoden, idet Echbergs varmevekslere er afprøvet under "beskidte" forhold mens TH-klimatekniks er afprøvet under rene forhold.

Temperaturvirkningsgrad



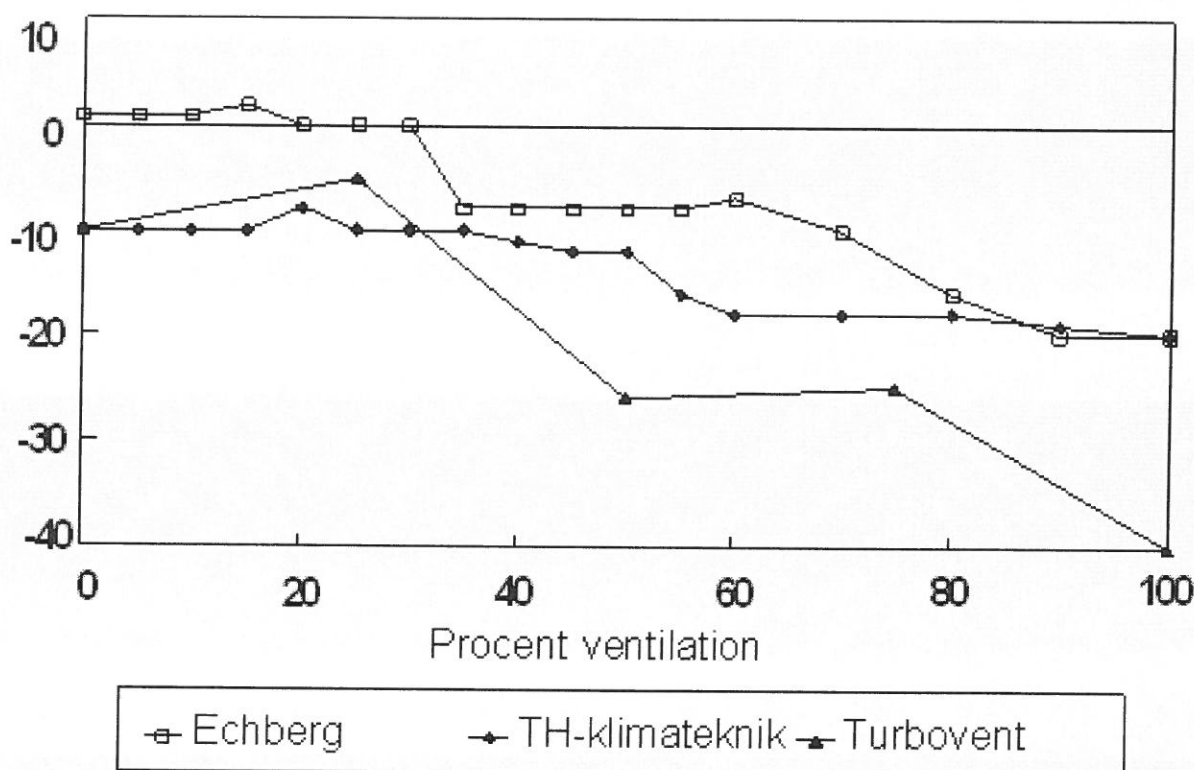
Figur 6. Echberg: Temperaturvirkningsgrad for varmeveksleren beregnet i forhold til indtags- og afgangsluften (n=707).

Temperaturvirkningsgrad



Figur 7. TH-klimateknik: Temperaturvirkningsgrad for varmeveksleren beregnet i forhold til indtag- og afgangsluften (n=606).

Differenstryk, Pa



Figur 8. Differenstryk mellem inde og ude i hele reguleringsområdet. Procent ventilation er ikke et direkte udtryk for luftmængden, m³ pr. time.

Differenstryk i reguleringsområdet

Differenstrykket i hele reguleringsområdet er vist figur 8. I utætte bygninger er trykket vigtigt af hensyn til både varmevekslerens ydelse og bygningens holdbarhed. I en tæt bygning er differenstrykket i princippet underordnet. Hvis et varmeveksleranlæg anvendes i utætte stalde, er det vigtigt, at anlæggene indreguleres ved ligetryk og at staldene tætnes.

Generelle anbefalinger vedr. ventilationsanlæg med varmevekslere

Undersøgelsen viser at det er vigtigt, at ventilationsanlæg med varmevekslere styres korrekt for at udnytte varmeveksleren bedst muligt og dermed få den bedste forbedring af luftkvaliteten. Det vil sige en indregulering, hvor der kommer mest mulig luft gennem varmeveksleren.

Det er det generelle indtryk, at der burde foreligge faste procedurer for indregulering af anlæggene. Desuden er det også vigtigt, at der foreligger en betjeningsvejledning til landmanden, hvoraf det klart fremgår, hvilken indflydelse justeringer får for anlæggets funktion.

Erfaringer med etablerede anlæg viser, at der er mange forhold, der skal være i orden, inden der opnås en tilfredsstillende ventilationsløsning. Et veldimensioneret ventilationsanlæg med varmeveksler kan anbefales til stalde, hvor der ønskes en forbedret luftkvalitet ved varmetilførsel. Desuden vil anlæggene, kombineret med en diffus luftfordeling, være velegnede i stalde med et lille rumfang og stalde med mange hindringer for frie luftbevægelser.

Referencer

- DLG, 1989, Prüfbericht 3887. Luft/luft-Wärmetauscher. Schönhammer WVTL 40 K
- Sjf, 1992, Prøverapport nr. 876. TH-varmevekslere type VVM 640-4 og VVM 820-7
- Sjf, 1995, Prøverapport nr. 899. Varmeveksler, type Turbovex type 5000, 7000, 10000 og 12000.

Nøgleord:

Varmeveksler, Ventilation

Ordforklaring:

Diffus luftfordeling:

Diffus luftfordeling kendetegnes ved, at luften tilføres med lav hastighed og at den ikke er retningsbestemt. Diffust luftindtag medriver ikke anden staldluft som en luftstråle, og groft sagt sker der en opblanding af luftstrømningerne i staldrummet som følge af opstigende varmemstrømme fra varmeproduktion.

ad lib.:

Betyder fodring efter ædelyst.

Printet er fra www.dansksvineproduktion.dk torsdag d. 29. marts 2007 kl. 08.41.

Ophavsretten tilhører Dansk Svineproduktion. Informationerne 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. Dansk Svineproduktion er således i intet tilfælde ansvarlig for tab, direkte såvel som indirekte, som brugere måtte lide ved at anvende de indlagte informationer.

Artiklen findes på adressen:

<http://www.dansksvineproduktion.dk/index.aspx?id=59039f43-1f13-4e5c-b1ed-f5e161f72073>