



VAKOLA

PPA 1
03400 VIHTI
913-46211

VALTION MAATALOUSKONEIDEN TUTKIMUSLAITOS
STATE RESEARCH INSTITUTE OF ENGINEERING IN AGRICULTURE AND FORESTRY

KOETUSSELOSTUS TEST REPORT

NUMERO 1139

RYHMÄ 210

VUOSI 1984



KÄRPPÄ — LÄMMÖNVAIHDIN JA ILMANVAIHTOLAITE
KÄRPPÄ — HEAT EXCHANGER AND VENTILATION UNIT

KOETUTTAJA JA VALMISTAJA:
ENTRANT AND MANUFACTURER:

Kärppätuote Oy, 38100 Karkku

HINTA 1. 10. 1984:

9 900 mk

KOETUS

Laite oli koetuksessa 1983—1984. Eläinsuojissa mitattiin laitteen hyötysuhde, lämmitysteho, ilmavirta, tehontarve, jäähdytyskyky, melu ja eläimiin kohdistama veto. Laboratoriossa mitattiin tuloilman nopeus ja heittopituus. Eläinsuojissa mitattuja tilavuusvirran ja hyötysuhteen arvoja verrattiin valtion teknillisessä tutkimuskeskuksessa tehtyihin laboratoriomittauksiin, Tiedotteita 268/83. Lisäksi haastateltiin seitsemää laitteen käyttäjää.

RAKENNE JA TOIMINTA

Lämmönvaihdin Kärppä on ilmanvaihtolaite, jossa poistoilman lämmöllä lämmitetään tuloilmaa. Ilma vaihtui tasapaineperiaatteen mukaisesti, laitteessa on kaksi puhallinta. Laite kiinnitetään ruuveilla seinään, johon on tehty tulo- ja poistoilmakanavia varten noin 0.2 m² suuriset reiät. Laitteessa on yksi tuloilmasuutin. Tulo- ja poistoilmat liikkuvat lämmönvaihtokenossa toisistaan erillään. Laitteen sisäisen kiertoilman määrää säädetään käsikäyttöisellä vivulla, joka liikuttaa tulo- ja poistopuolella olevia läppiä. Sääto vaikuttaa laitteen tilavuusvirtaan, hyötysuhteeseen ja lämpötehoon. Lisäksi puhaltimien käyntiä ohjaava termostaatti pysäyttää puhaltimet lämpötilan alennuttua ja käynnistää ne uudestaan lämpötilan kohottua.

Laite on kuumasinkittyä terästä. Lämmönvaihtokenno on alumiinia. Kennon tarkastusta ja puhdistusta varten laitteen sivuseinät on saranoitu runkoon ja suljettu kahdella pikasalvalla. Sivuseinät voidaan vuorata sisältä äänieristyslevyllä.

Taulukko 1. Sikaloista mitattu ja standardin SS 91 10 51 mukainen laskettu lämpötilaero sisä- ja ulkoilman välillä ilmanvaihtomäärän ollessa 1,3...1,8 m³/h lihakiloa kohden ja ulkolämpötilan ollessa + 21 °C.

Table 1. Temperature difference in piggeries and according to the standard SS 91 10 51 at ventilation rates 1,3...1,8 m³/h kg, when outside temperature is + 21 °C.

Sikala n:o - Piggery nr	1	2
Sikalan leveys — Piggery width	12	9
Ilmanvaihto — Ventilation rate	1,3 1,8	1,5
Lämpötilaero standardin mukaan	3,1 2,1	1,5 2,5
Temperature difference, standard		
Lämpötilaero sikalassa	3,4 1,7	2,1
Temperature difference, piggery		

Tuloilman joukossa oli 0...28% kiertoilmaa vaihtimen vuotojen ja ulkona poistoaukosta tuloaukkoon tapahtuvan virtauksen takia.

Hyötysuhde

Tuloilman lämpötilahyötysuhde ilmoittaa, montako prosenttia sisä- ja ulkoilman välisestä lämpötilaerosta lämmönvaihdin tuloilmaa lämmittää. VTT:n laboratoriomittauksen mukaan se oli 43...53 %, kun tilavuusvirta oli 2340...1008 m³/h ja poistoilman suhteellinen kosteus 70 %.

Energiahyötysuhde ilmoittaa, kuinka paljon lämmönvaihdin pystyy talteenottamaan ilmanvaihdon mukana poistuvasta energiasta. Eläinsuojissa mitattu energiahyötysuhde on esitetty liitteessä 1 ja piirroksessa 1. Hyötysuhde muuttuu voimakkaasti, jos tulo- ja poistoilmavirran suhde tai sisäilman suhteellinen kosteus muuttuu. Eläinsuojissa mitattu hyötysuhde oli 29...18%, kun tulo- ja poistoilmavirrat olivat yhtäsuuret, poistoilman suhteellinen kosteus oli 70% ja ilmavirta vaihteli pienimmästä suurimpaan. Eläinsuojissa mitattu hyötysuhde oli suurimmillaan 3%-yksikköä suurempi kuin laboratorion kokeen perusteella laskettu arvo, piirros 1. Eroa selittää muunmuassa se, että eläinsuojissa olevat laitteet olivat eristämättömiä, joten eläinsuojan lämpöä siirtyi tuloilmaan myös laitteen seinien läpi.

Lämmitysteho ja energian säästö

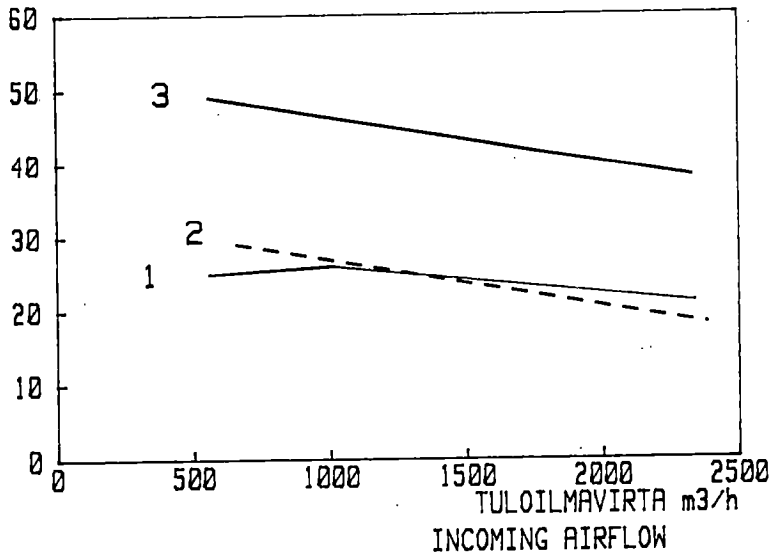
Kun hyötysuhde on 29...18 %, lämmönvaihtimen tehoksi saadaan pienintä ja suurinta tilavuusvirtaa käytettäessä taulukon 2 mukaiset arvot.

Taulukko 2. Lämmitysteho, kun sisälämpötila on 16 °C ja suhteellinen kosteus 70%.

Table 2. Heating power, when inside temperature is 16 °C and relative humidity 70 %.

Ulkolämpötila Outside temperature °C	Lämmitysteho Heating power kW
-25	3,6—8,6
-20	3,3—7,9
-15	3,0—7,0
-10	2,6—6,1
-5	2,2—5,1
0	1,7—4,0

ENERGIAHYÖTYSUHDE %
ENERGY EFFICIENCY



Piirros 1. Lämmönvaihtimen hyötysuhde

- 1 = laboratorioskoe, kosteus 70%
- 2 = eläinsuojat, kosteus 70%
- 3 = laboratorioskoe, kosteus 30%

Figure 1. Enthalpy efficiency of the heat exchanger
 1 = in the laboratory, discharge air rel. humidity 70 %
 2 = in the stalls, rel. hum. 70 %
 3 = in the laboratory, rel. humidity 30 %.

Koska lämmönvaihdinta käytetään niin, että pienin tilavuusvirta on käytössä kovalla pakkasella ja suurin leudolla säällä, lämmönvaihtimen lämmitysteho on lähes vakio eri ulkolämpötiloissa, taulukko 2.

Taulukko 2. Laitteen laskettu lämmitysteho ja energian säästö, kun oletetaan sisäilman tilaksi 16 °C / 70 %.

Table 2. Calculated heating power and energy saving when it is 16 °C / 70 % inside.

Ulkolämpötila °C Outside temperature	-25	-20	-15	-10	-5	0
Lämmitysteho kW Heating power	3,6	3,7	3,8	3,8	3,9	4,0
Ulkolämpötilan pysyvyys Keski- Suomessa h Duration of tempe- rature in Center Finland	48	96	264	504	840	1512
Säästö kWh Saving	173	355	1003	1915	3276	6048

Taulukon mukaan saadaan energiaa säästöön yhteensä noin 12 800 kWh/vuosi, kun kutakin ulkolämpötilaa vastaavat lämmitystehot ja tuntimäärät kerrotaan keskenään ja saadut tulot lasketaan yhteen. Se vastaa tilannetta, jolloin eläinsuojassa tarvitaan lisälämmitystä aina ulkolämpötilan laskiessa alle nollian. Jos tämä niin sanottu tasapainolämpötila, jossa eläinten tuottama lämpö vielä riittää, on alhaisempi, säästö on vastaavasti pienempi. Esimerkiksi tasapainolämpötila -5 °C vastaa säästöä 6700 kWh.

Tehon tarve

Käytännön mittauksessa puhaltimien yhteinen tehontarve oli 499 W tilavuusvirran ollessa suurin ja 513 W tilavuusvirran ollessa pienin. Ilmanvaihdon energian kulutus on siten 0,20... 0,82 Wh/m³, mikä on lämmönvaihdinlaitteelle pieni.

Tuloilman heittopituus

Heittopituus on esitetty taulukossa 3, se on mitattu eläinsuojan seinästä.

Taulukko 3. Laitteen puhaltaman tuloilman se heittopituus, jossa ilmasuihkun nopeus on laskenut arvoon 0,5 m/s.
Table 3. Cast length of the airflow, when its velocity is 0,5 m/s.

Ilmanvaihto, m ³ /h Ventilation	2300	660
Tulonopeuden keskiarvo m/s Intake velocity, mean	4,4	1,5
Heittopituus m Cast length	10	7,1
Ilmasuihkun leveys m Breadth of the airflow	7	2

Veto

Eläimiin kohdistuva veto mitattiin eläinten oleskelualueelta ja on esitetty taulukossa 4. Ilman keskimääräiset nopeudet olivat 0,1...0,2 m/s. Laite ei aiheuttanut haitallista vetoa.

Taulukko 4. Eläimiin kohdistuva veto.
Table 4. Draught on the animals.

Mittauspaikka Measuring site	Eläinsuoja Stall n:o	Ulkolämpötila Outside temperature °C	Veto, Draught			
			Ilman nopeus, m/s Air velocity			Ilman lämpötila Air temp. °C
			pienin min.	keskim. ave.	suurin max.	
Kasvatussikala Rising house	1	21	0,1	0,24	0,4	23,7
"	2	21	0,1	0,19	0,3	23,2
"	2	22	0,1	0,23	0,4	25,8
"	2	27	0,1	0,21	0,5	27,5
"	2	1,5	0,0	0,10	0,2	20,8
Emakkosikala, Sow house	3	21	0,1	0,16	0,2	23,6
"	4	-17	0,1	0,13	0,3	19,4
"	5	-5	0,0	0,15	0,4	16,5
Parsinavetta Tying stall	6	-10	0,1	0,24	0,5	12,0
Häkkikanala Poultry in batteries	8	-18	0,0	0,10	0,7	18,5
"	8	-2,5	0,0	0,10	0,4	18,2

Melu

Laitteen aiheuttama melu oli hieman häiritsevää, 71 dBA 1 m päässä laitteesta ja 67 dBA keskellä eläinsuojaa. Kun laitteiden tulo- ja poistupuolen kannet oli vuorattu sisäpuolelta vaahtomuovilla, melu oli 1 m päässä noin 66 dBA ja keskellä eläinsuojaa 60 dBA. Tällainen melu ei ollut häiritsevää.

Lämpötilan säädön tarkkuus

Kasvatussikalassa 2, jossa oli viisi laitetta, jokaisella laitteella oli oma termostaattinsa ja niissä käytettiin eri asetusrvoja eri kokoisten sikojen takia. Kiertoilmaläppiä säädettiin käsin ja osa puhaltimista oli jatkuvasti käynnissä. Ulkolämpötilan vuorokautisen vaihtelun ollessa 2-15 °C sisälämpötilan säätötarkkuus oli tyydyttävä, 1,7-2,4 °C. Suurten vuorokautisten lämpötilan vaihtelujen aikaan keväällä läppiä jouduttiin säätämään aamulla ja illalla.

Häkkikanalassa 8 olevat kaksi laitetta toimivat molemmat saman termostaatin ohjaamina. Ulkolämpötilan vuorokautisen vaihtelun ollessa 2-12 °C, sisälämpötila vaihteli vastaavasti 0,4-1,2 °C. Säättötarkkuus oli hyvä.

Emakkosikalassa 5, jossa oli yksi laite, sisälämpötilan vuorokautinen vaihtelu oli 2,5-3,2 °C, ulkolämpötilan vaihdellessa 12-17 °C vuorokaudessa. Säättötarkkuus oli välttävä.

Käytön helppous

Laitteen asennus on helppoa, jos rakennuksessa on tilaa asentaa laite seinän sisäpuolelle, laite vie tavallisesti käytävätilaa noin puoli metriä.

Poistoilmakennon kannessa oleva verkko ja itse kenno on puhdistettava pölystä 3-4 viikon välein. Puhdistus on helppoa.

Kiertoilmaläpän säätö on nopeata, mutta oikean säädön oppiminen vie aikaa. Säätöä helpottaisi tilavuusvirtaa osoittava asteikko myös kammien yhteydessä käyttöohjeen lisäksi.

Käyttö- ja huolto-ohje on asianmukainen.

Häiriöt

Liitteessä 1 olevissa eläinsuojissa 4-6, joissa eläimiä on yhtä laitetta kohti enemmän kuin suositus edellyttää, jäätä muodostui lämmönvaihtokennon poistupuolelle kovalla pakkasella. Jäätä voi muodostua myös, jos laitteen asennusaukoista pääsee vuotamaan kylmää ilmaa laitteen poistupuolelle tai rakennuksessa on lisäpuhaltimien tai muun syyn takia alipaine, jolloin tuloilmavirta kasvaa suuremmaksi kuin poistoilmavirta. Käyttöohjeen mukaan laite sulatetaan avaamalla tuloilmakennon kansi tai pysäyttämällä tuloilmapuhallin. Jää voidaan sulattaa myös vedellä.

Kanalassa olevien laitteiden ulkopinnalle pakkasella tiivistyneestä vedestä tippui lattialle noin 2 m² suuruiset lätäköt.

TIIVISTELMÄ

Kärppä-lämmönvaihdin on tasapaineperiaatteen mukaisesti toimiva ilmanvaihtolaite. Lämmönvaihdin lämmittää tuloilman poistoilman lämmöllä. Lämmönvaihtimen energiahyötysuhde oli 29-18% ilmavirran vaihdellessa pienimmästä suurimpaan, 660-2500 m³/h. Lämmönvaihtimen keskimääräinen teoreettinen lämmitysteho on 3,8 kW sisälämpötilan ollessa 16 °C ja suhteellisen kosteuden ollessa 70 %. Laitteen ottama sähköteho oli 0,5 kW.

Tuloilmasuuttimen heittopituus oli 7-10 m. Laite ei aiheuttanut yleensä vetoa, ilman nopeus oli suurimmassa osassa eläinsuojaa 0,1-0,2 m/s.

Laitteen aiheuttama melu eläinsuojissa oli 60-67 dBA. Melu ei ole häiritsevää, kun laitteen avattavat kannet on vuorattu vaimennuslevyllä.

Eläinsuojan lämpötilaa säädetään käsin ja termostaatilla, säätötarkkuus vaihteli välttävistä hyvään eläinsuojan tyyppistä ja hoitajan huolellisuudesta riippuen.

Laitteen asennus, käyttö- ja huolto on helppoa. Säätokammen yhteydessä pitäisi olla tilavuusvirtaa osoittava asteikko. Joissakin laitteissa poistokenno jäättyi kovalla pakkasella. Syyinä saattoi olla joko liian suuri eläinmäärä laitetta kohden, asennus- tai käyttövirhe. Laite on helppo sulattaa ja puhdistaa.

Laitetta voidaan pitää käyttöominaisuuksiltaan lämmönvaihtimen osalta hyvänä ja ilmanvaihtolaitteen osalta tyydyttävänä 1).

SAMMANFATTNING

Kärppä-varmeväxlaren är ventilationsaggregat, som arbetar enligt liktrycksprincipen. Värmeväxlaren uppvärmer ingående luften med värme av utgående luften. Värmeväxlarens energiverkningsgrad var 29-18% när luftflödet varierade från minsta 660 till största 2500 m³/h. Den beräknade genomsnittliga värmeeffekten var 3,8 kW, vid innetemperatur 16 °C och relativ fuktighet 70 %. Apparatenes effektbehov var 0,5 kW.

Tilluftsmunstyckets kastlängd var 7-10 m. I allmänhet förorsakade anordningen inte drag hos djuren, lufthastigheten hos djuren var mestadels 0,1-0,2 m/s. Bullret, som anordningen förorsakade i djurstallar var 60-67 dBA. Bullret är inte störande, när anordningens lock är fodrade med dämpningsmaterial.

Djurstallets temperatur regleras manuellt och med termostat, regleringsnoggrannheten varierade från försvarlig till god allt efter djurstallets typ och skötarens omtanke.

Anordningens installering, användning och vård är enkel.

Skala för luftflödet måste vara invid regleringsstången. Man konstaterade isbildning vid stark kyla hos växlarceller av enskilda anordningar. Orsaken kunde vara för stort antal djur per anordning, monterings- eller bruksfel. Anordningens smältning och rengöring är lätt.

Anordningens bruksegenskaper kan bedömas som goda för värmeväxlaren och som nöjaktiga för ventilationsanläggningen ¹⁾.

CONCLUSIONS

Kärppå-heat exchanger is a ventilation unit, which operates with the equilibrium pressure principle. The heat exchanger warms up incoming air with the heat of discharge air. Efficiency of the heat exchanger was 29-18%, when ventilation rate was varying 660-2500 m³/h. Calculated mean heating power of the heat exchanger is 3,8 kW, when inside temperature is 16°C and relative humidity 70%. Power requirement of the unit was 0,5 kW.

Cast length of the intake nozzle was 7-10 m. The unit did not generally cause draught on the animals, velocity of the airflow in the stall was mainly 0,1-0,2 m/s. Noise of the unit was 60-67 dBA in the stall. It was not disturbing, when the covers of the unit had been lined with damping material. Temperature of the stall is controlled manually and by means of thermostat, degree of accuracy was varying from satisfactory to good depending on the type of the stall and on attention of the operator.

Installation, use and maintenance of unit is easy. The regulating lever should be equipped with scale of air displacement. Discharge side of some units got frozen in very cold weather. The reason could be too great number of animals per unit or faulty installation or use. Melting and cleaning the unit is easy.

The unit functional properties can be regarded as good concerning the heat exchanger and satisfactory concerning ventilation 1).

Vihti 11.10.1984

VALTION MAATALOUSKONEIDEN TUTKIMUSLAITOS

Valmistajan ilmoituksen mukaan:

Laitteesta on saatavissa myös seinään upotettava malli, joka ei vie käytävätilaa.

Kesäaikaisen ilmanvaihdon tehostamiseksi ei suositella molemmissa puhaltimilla puhaltamista samaan suuntaan, vaan tarvittaessa lisähormin tekoa ja ikkunoiden avaamista sekä mahdollisesti lisäpuhaltimien hankkimista.

Laite ei jäädy, mikäli kovalla pakkasella ilmanvaihtoa on enintään 800 m³/h, vaikka poistoilman suhteellinen kosteus olisi suurempi kuin 80 %.

Liite 1. Hyötysuhde ja lämmitysteho
Annex 1. Efficiency and heating power

Eläinsuoja Stall n:o	Hyötysuhde Efficiency	Lämmitysteho heating power	Tulo- ilmavirta Incoming air	Tulo/ poisto ilmavirta Incoming /discharge air	Kierto- ilma Circulation air	Sisä- ja ulko- lämpötilan ero Temperature difference inside- outside	Poisto- ilman suhteellinen kosteus Relative humidity of discharge air	Laitteen pienin ilmavirta/ vähimmäis- suositus min. vent. of apparatus /min. vent. according to standard
	%	kW	kg/h		%	°C	%	
1 kasvatussikala rising house	20	3,5	2150	1,0	16	20	73	1,8
2 ”	12	4,0	2860	0,8	16	24	60	1,3
3 emakkosikala sow house	17	1,5	1540	1,5	28	23	69	1,0
4 ”	49	7,1	1470	1,8	0	33	70	0,7
5 ”	20	3,5	1250	0,85	12	20	85	0,8
6 parsinavetta tying stall	26	5,5	1280	0,7	13	25	80	0,6
7 kalkkunatarha turkey house	45	3,4	780	1,3	22	27	68	—
”	24	6,1	2400	0,86	—	25	54	—
8 häkkikanala poultry in batteries	29	4,6	1340	1,3	12	25	83	1,0
	40	5,5	1740	1,5	5	23	65	1,0
	28	3,8	1600	1,0	10	18	64	1,0
	28	4,2	1750	1,1	4	19	57	1,0

hyötysuhde, efficiency = $100 (iz-ia) / (is ma-ia)$

i = lämpösisältö, enthalpy

z = tuloinna, incoming air

a = ulkoilma, outside air

s = poistoilma, discharge air

m = ilmavirta, air flow

SI-yksiköiden ja vanhojen yksiköiden muuntotaulukko

SI-yksikkö		SI-yksikkö	
1 N	= 0,10	kp	1 kp = 9,81 N
1 kW	= 1,36	hv	1 hv = 0,74 kW
1 W	= 0,86	kcal/h	1 kcal/h = 1,16 W
1 Nm	= 0,10	kpm	1 kpm = 9,81 Nm
1 MJ	= 0,28	kWh	1 kWh = 3,60 MJ
1 kJ	= 0,24	kcal	1 kcal = 4,19 kJ
1 MPa	= 9,81	kp/cm ²	1 kp/cm ² = 0,10 MPa
1 Pa	= 0,10	mm H ₂ O	1 mm H ₂ O = 9,81 Pa
1 kPa	= 7,51	mm Hg	1 mm Hg = 0,13 kPa
1 g/kWh	= 0,74	g/hvh	1 g/hvh = 1,36 g/kWh

Etuliitteitä

mega = M = 1000000	milli = m = 0,001
kilo = k = 1000	mikro = μ = 0,000001

VAKOLAn koetuselostuksissa ryhdytään käyttämään uutta arvosteluasteikkoa, kuuden arvosanan sijasta käytetään viittä. Kirjallisten arvosanojen lisäksi käytetään myös numeroasteikkoa.

1) Käyttöominaisuudet ja kestävyys arvostellaan seuraavia arvosanoja käyttäen:

erittäin hyvä — 5
hyvä — 4
tyyydyttävä — 3
välttävä — 2
huono — 1

1) Bruksegenskaperna och hållbarheten bedöms enligt följande skala:

mycket god — 5
god — 4
nöjaktig — 3
försvarlig — 2
dålig — 1

1) The functional performance and durability ratings are:

very good — 5
good — 4
satisfactory — 3
fair — 2
poor — 1

Koetus- ja tutkimustulosten vanhenemisen vuoksi sekä väärinkäsitysten ja harhauttavien tietojen välttämiseksi koetus- ja tutkimuselostuksia tai erillisiä koetus- ja tutkimuslaskelmia ei ole lupa julkaista eikä kirjallisesti esittää ilman tutkimuslaitoksen kussakin tapauksessa erikseen antamaa kirjallista lupaa.

