

SOOJUSTAMATA LEHMALAUDA VÄLIS- JA SISEKLIIMA VAHELISEST SEOSEST

B. Reppo, E. Mikson

Eesti Maaülikool

Sissejuhatus

Levimas on soojustamata veiselautade ehitamine. Kasutusele võetakse nii endised kergehitised kui ka ehitatakse, arvestades nende suhtelist odavust, uusi, suurematele karjadele mõeldud loomapidamishooneid. Viimastel aastatel on uuritud ka endiste suurfarmide rekonstrueerimise võimalusi (Miljan, J., Leola, 2000) ja tasuvust (Miljan, J., Miljan, R., 1999). Neis rakendatakse veiste vabapidamist nii sügavallapanul kui ka puhkelatrites.

Soojustamata lauda sisekliima on suures sõltuvuses väliskliimast (Neste Air – IX, 1990). Soodsa sisekliima tagamise aluseks on korralikult toimiv ventilatsioon (õhutus). Ruumi pidev õhutus on vajalik ruumi õhutemperatuuri, -niiskuse ja puhtuse tagamiseks. Intensiivne õhuvahetus talvel põhjustab ruumi jahtumist (Mikson, 2000). Loomulik õhutus on sobivaimaks lahenduseks, sest see on müravaba, odav ja kergesti ehitatav ning vajab väga vähe hooldamist.

Ööpäevasele temperatuurimuutusele ei ole antud ametlikke normatiive, kuid lautades ei tohiks see kõikuda üle 5 °C (Neste Air – IX, 1990). Soovituslikud kõrgeimad, madalaimad ja optimaalsed loomade elamiseks vajalikud temperatuurid on toodud tabelis 1.

Weised taluvad madalamat temperatuuri paremini kui kõrget. Nimelt tekib neil negatiivne reaktsioon isegi sellistel temperatuuridel, mis inimesele tunduvad täiesti vastuvõetavana. On täheldatud (Vutt, 1983), et temperatuuril üle +15 °C suureneb hingamissagedus ja niiskuse eraldumine ning alates +21 °C hakkavad vähenema isu, toodang ja kehamass.

Tabel 1. Loomadele soovitatavad temperatuurid (Neste Air – IX, 1990)

Loomaliik	Kriitilised temperatuurid		Optimaalne
	madalaim	kõrgeim	
Lüpsilehm	-25...-15	23...27	5...15
Noorkari	-15...0	25...30	10...20
Vasikad	0...10	30	15...25
Lihakari, üle 3 kuu vanad loomad	-35...-15	25...30	-10...15

Soojustamata laudas on õhutus intensiivsem kui soojustatud laudas. Kõige paremini on see nähtav sise- ja välisõhu temperatuuride vahest. Kui erinevus on väga suur, on tegemist ebapiisava õhuvahetusega ja ruumi õhu suhteline niiskus ning süsinikdioksiidi sisaldus suureneb liialt, seintele tekib kondensvesi (Antelmann, 1992; Hilty *et al.*, 2002; Kavolelis, 2003; Rannamäe, 1985).

Lautade töökeskkonna uuringuid on tehtud peamiselt väikestes lautades, aga suund on suuremate lautade ehitamisele.

Töö eesmärgiks oli uurida talvel ja suvel väliskliima mõju puhkelatritega soojustamata veiselautade sisekliimale. Selleks mõõdeti ööpäevaringselt lautades õhu temperatuuri, suhtelist niiskust ja ammoniaagisisaldust. Samaaegselt mõõdeti ka välisõhu temperatuuri ja suhtelist niiskust (Mikson *et al.*, 2004; Reppo *et al.*, 2003).

Võtmesõnad: soojustamata puhkelatritega lehmalaud, väliskliima, sisekliima, õhutemperatuur, suhteline niiskus, ammoniaagisisaldus, Data Logger, arvutiprogramm.

Materjal ja meetodika

Siseõhu temperatuuri, suhtelist niiskust ja ammoniaagisisaldust mõõdeti talvel ja suvel ööpäeva vältel 500, 420 ja 250 lehmakohaga soojustamata laudas (edaspidi vastavalt laut 1, 2 ja 3) 1,5 m kõrgusel laudaruumi keskel (<http://25048>, Karhunen, 1992). Samaaegselt mõõdeti ka välisõhu temperatuuri ja suhtelist niiskust laudast u 10 m kaugusel varjulises kohas.

Uurimiste ajal peeti lautade 1, 2 ja 3 puhkelatrites vastavalt 475, 352 ja 220 lüpsilehma (tabel 2). Laut 1 on puidust ja laut 2 terasest kandekonstruktsiooniga uusehitis. Laut 3 on rekonstrueeritud endisest suurfarmi laudahoonest, mille aknad on asendatud ehitusliku võrguga (Mikson *et al.*, 2004). Vajadusel saab neid

kileraamidega kinni katta. Kõikides lautades on katuseharja pikkuses ülevalt kattega õhustuspilu, mille ava ei saanud mõõtmise ajal muuta. Lautade 1 ja 2 seinad on kaetud reguleeritavate kardinatega. Laudas 3 peetakse loomi allapanuta, lautades 1 ja 2 kasutati vastavalt saepuru ja põhku.

Sõnnik eemaldati lautades 1 ja 2 vastavalt traktoritega T-25 ja T-40, laudas 3 pidevalt tiibskreepereite ja pumbaga. Söötisel kasutati kõikides lautades erinevate firmade haagissegisti-jaoteid (tabel 2).

Tabel 2. Lehmalaudade andmed

Laut	Laut 1	Laut 2	Laut 3
Laut	Soojustamata	Soojustamata	Soojustamata
Lauda ruumala m ³	26 390	20 625	8141
Lüpsilehmi	475	352	220
Lauda ruumala lüpsilehma kohta m ³	55,6	58,6	37,0
Pidamisviis	Puhkelatrites	Puhkelatrites	Puhkelatrites
Lüpsimine	DeLaval 2×20	Stranko 2×20	DeLaval 2×14
Söötmine	DeLaval haagissegisti-jaoti	Eurocomp haagissegisti-jaoti	DeLaval haagissegisti-jaoti
Sõnniku eemaldamine	T-25 + lauplaadur + valgkanal + pump	T-40 + lauplaadur	Pidev, tiibskreepereid ja pump
Allapanu	Saepuru	Põhk	–
Õhutus	Loomulik	Loomulik	Loomulik

Sisekliima parameetreid uuriti seadmega ALMEMO Data Logger 8990-8 koos arvutiprogrammiga AMR WinControl. Siseõhu temperatuuri ja suhtelise niiskuse mõõtmiseks kasutati AMR firma sensorit FH646-1 mõõtmispiirkonnaga vastavalt $-20...+80$ °C (mõõtmistäpsusega 0,01 °C) ja 5...98% (mõõtmistäpsusega 0,1%). Õhu ammoniaagisisaldust mõõdeti sensoriga ZA 3601-FS2 (Bacarach EIT Co) mõõtmispiirkonnaga 0...100 ppm ja mõõtmistäpsusega 0,01 ppm. Välisõhu temperatuuri ja suhtelise niiskuse mõõtmiseks kasutati seadet HygroLog koos anduriga HygroClip S (mõõtmispiirkond $-40...+85$ °C ja 0...100%, -täpsus vastavalt $\pm 0,3$ °C ja $\pm 1,5\%$). Kliimaparameetrite arväärtusi mõõdeti talvel 1. laudas intervalliga 1 ja 2. laudas 2 minutit ning 3. laudas intervalliga 10 minutit. Suviseid mõõtmisi tehti kõikides farmides iga 60 sekundi järel. Mõõtmistulemusi analüüsiti arvutiprogrammiga AMR WinControl, HW3 ja MS Excel (Kiviste, 1999).

Tulemused

Selgus, et talvel mõõdetud välisõhu temperatuuride $-14,70...+8,81$ °C juures oli lautade siseõhu temperatuur vahemikus $-7,45...+13,76$ °C, olles keskmiselt vastavalt $-0,31$ ja $2,01$ °C (tabel 3, joonised 1a ja 2). Lautade 1, 2 ja 3 talviste kliimaparameetrite mõõtmistulemused on toodud tabelis 3 ja joonisel 2. Nendest nähtub, et kõige madalam siseõhu temperatuur esines laudas 3, keskmiselt $-2,79$ °C, selle lauda õhu suhteline niiskus oli suurim, 99,61%. Antud mõõtmisperioodil oli ka väljas madal õhutemperatuur ja suur suhteline õhuniiskus (vastavalt $-9,17$ °C ja 96,48%). Lautade 1 ja 2 siseõhu temperatuur ja niiskus olid keskmisena vastavalt $3,17$ ja $77,77\%$ ning $0,65$ ja $95,02\%$. Välisõhu temperatuuriks ja suhteliseks niiskuseks mõõdeti samal ajal vastavalt $2,2$ °C ja $85,19\%$ ning $-3,49$ °C ja $92,50\%$.

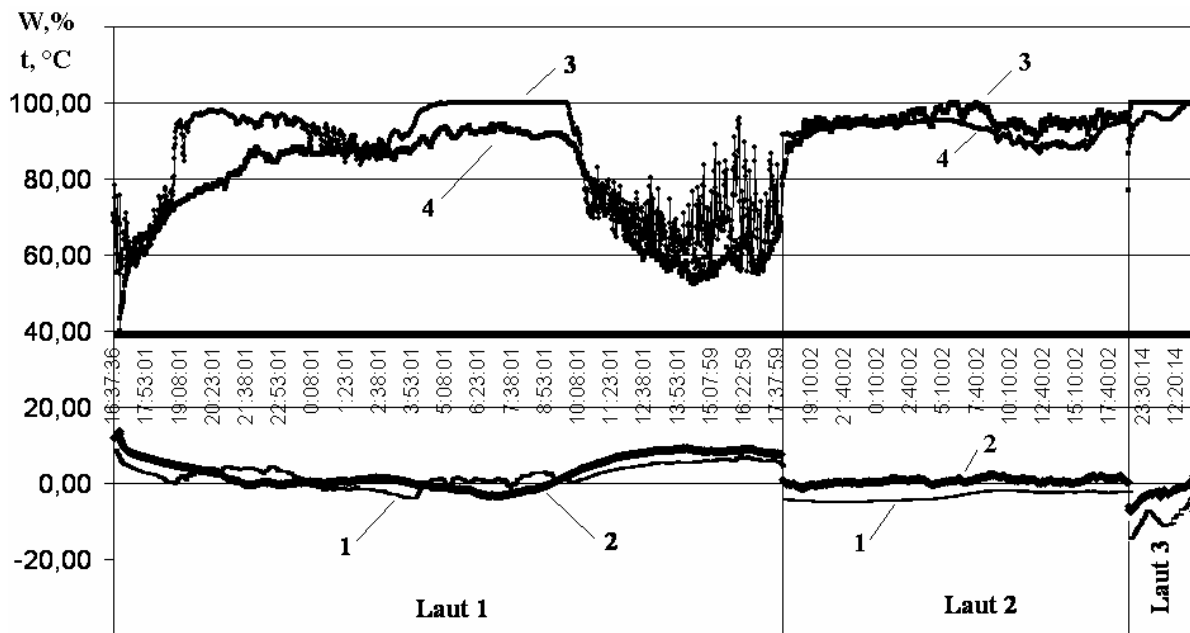
Välisõhu temperatuuride $8,38...23,19$ °C juures oli suvel lautade siseõhu temperatuur mõõdetud vahemikus $9,81...22,07$ °C, olles keskmiselt vastavalt $16,33$ ja $17,12$ °C (tabel 3, joonised 1b ja 2). Nagu nähtub tabelist 3, saadi suvel laudas 2 kõige suuremad siseõhu temperatuuri ja suhtelise õhuniiskuse arväärtused, keskmiselt vastavalt $22,07$ °C ja $100,00\%$. Välisõhu keskmised arväärtused olid samal ajal $20,44$ °C ja $96,25\%$.

Lautade siseõhu talviste (t_{iw}) ja suviste (t_{is}) temperatuuride ning välisõhu temperatuuride t_{ow} , t_{os} seost võib kirjeldada tabelis 4 olevate funktsioonidega, mis keskmiselt kehtivad antud lauda ruumala ja lüpsilehmade arvu kohta.

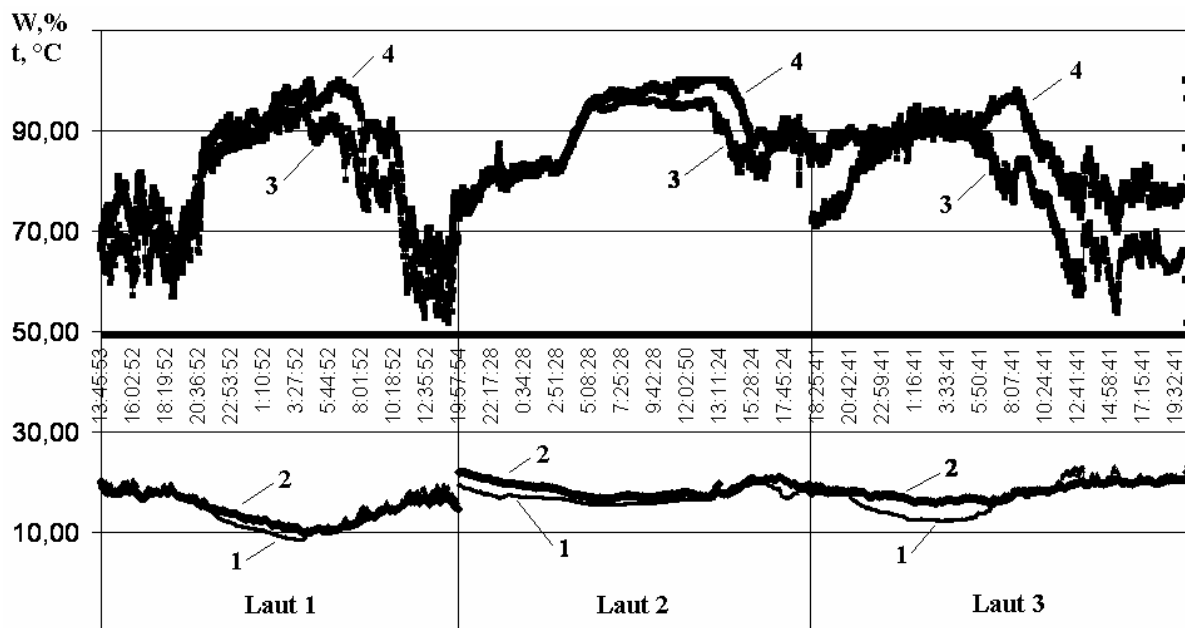
Talvel oli lautade 1, 2 ja 3 sise- ja välisõhu keskmiste temperatuuride vahe vastavalt $0,97$, $4,14$ ja $2,31$ °C, olles koondandmete (tabel 3) järgi keskmiselt $2,32$ °C, suvel olid need arväärtused vastavalt $0,06$, $1,63$ ja $0,90$ °C ning koondandmete keskmise järgi $0,79$ °C. Vaatamata siseõhu suvisele kõrgemale temperatuurile oli lautades õhk niiskem kui väljas, mida põhjustavad märjad, sõnnikuga kaetud pinnad.

Õhu ammoniaagisisaldus oli nii talvel kui ka suvel normidega lubatud piirides (20 ppm) (<http://...73153>). Kuid kui seda mõõdeti talvel piirides $0,43...3,40$ ppm, siis suvel laudaõhu kõrgematel temperatuuridel oli ammoniaagi emissioon suurem (mõõdetuna piirides $0,58...10,34$ ppm) (tabel 3 ja joonis 3). Õhu talvine suurim keskmine ammoniaagisisalduse arväärtus saadi laudas 3 ($2,35$ ppm). Suvine õhu suurim keskmine ammoniaagisisalduse arväärtus oli $7,68$ ppm laudas 2. Laudas kogunes sõnnikut, mida eemaldati lüpsi ajal traktoriga.

Ammoniaagisisalduse P_{NH_3} (ppm) sõltuvust suvise siseõhu temperatuurist t_{is} (°C) on antud joonisel 3.

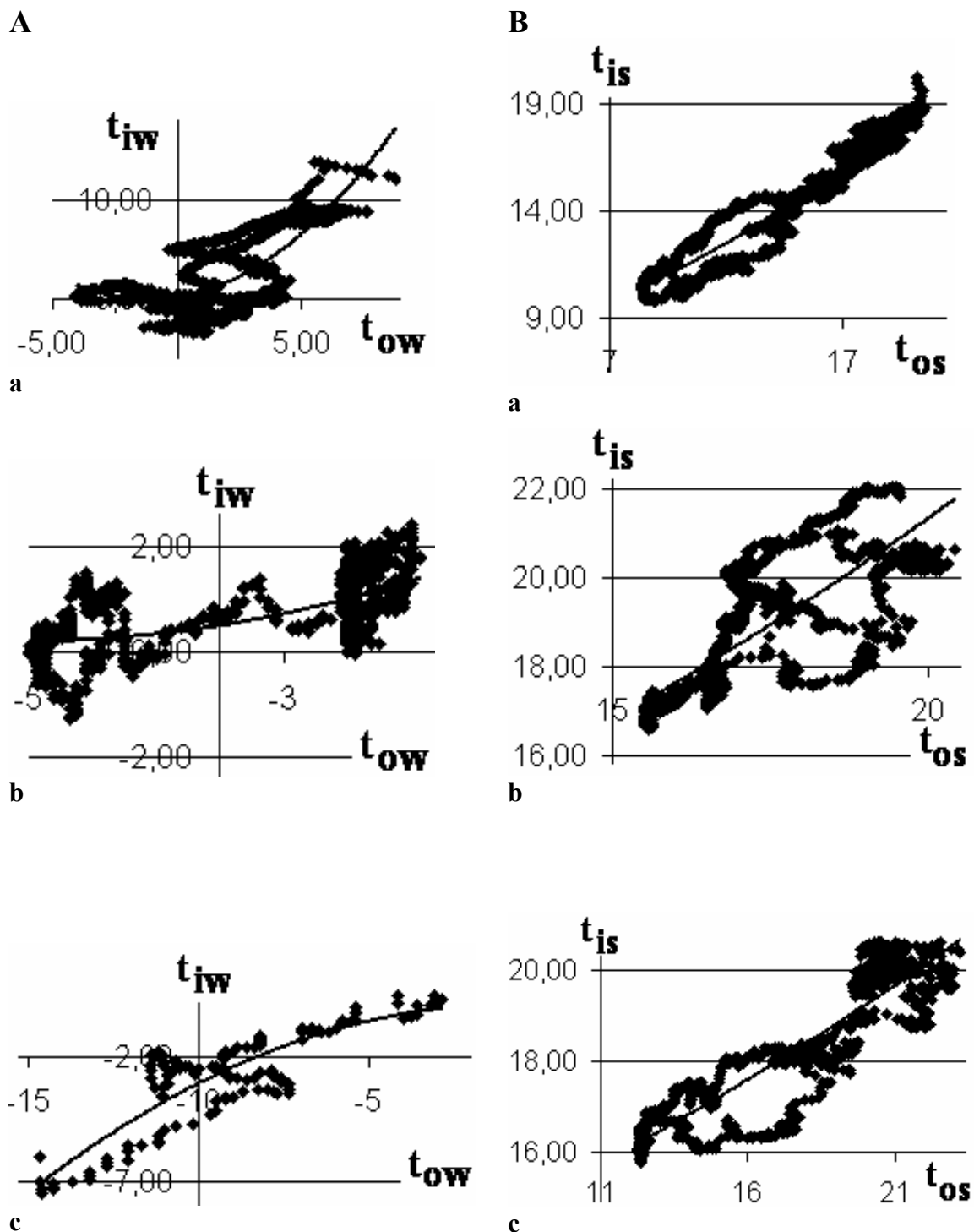


a



b

Joonis 1. Lautade 1, 2 ja 3 välis- ning sisetemperatuur ja suhteline niiskus talvel (a) ning suvel (b): 1 ja 2 – välis- ning sisetemperatuur; 3 ja 4 – välis- ning siseõhu suhteline niiskus



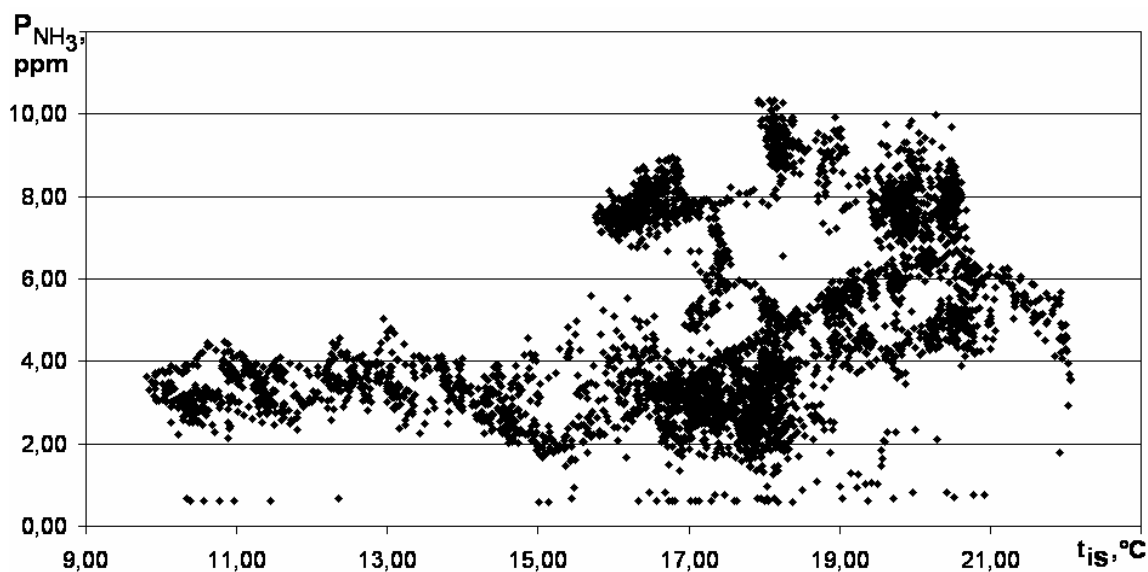
Joonis 2. Lautade 1 (a), 2 (b) ja 3 (c) talvine (A) ning suvine (B) vastavalt sise- (t_{iw} , t_{is}) ja välisõhu (t_{ow} , t_{os}) temperatuuride vaheline seos

Tabel 3. Lautade 1, 2 ja 3 sise- ning väliskliima parameetrite arvvaartused talvel ja suvel

Parameetrid	Talv					Suvi				
	sees			väljas		sees			väljas	
	t °C	W %	NH ₃ ppm	t °C	W %	t °C	W %	NH ₃ ppm	t °C	W %
Laut 1										
Min	-3,43	40,1	0,58	-4,06	55,1	9,81	60,2	0,58	8,38	51,8
Keskm	3,17	77,77	1,69	2,20	85,19	14,48	83,20	3,04	14,54	76,85
Max	13,76	94,4	3,40	8,81	100,0	20,29	100,0	5,58	20,50	96,4
σ_x	4,1	13,32	0,52	2,73	14,18	2,69	11,71	0,76	3,65	12,43
S_x	0,11	0,34	0,01	0,07	0,36	0,07	0,30	0,02	0,09	0,32
Laut 2										
Min	-1,27	78,5	0,43	-5,00	86,6	16,59	73,1	0,63	15,50	72,4
Keskm	0,65	95,02	2,21	-3,49	92,50	22,07	100,00	4,20	20,44	96,25
Max	2,42	100,0	3,20	-1,94	95,5	18,70	90,4	7,68	17,15	88,2
σ_x	0,71	2,75	0,31	1,14	2,38	1,47	7,68	1,28	1,28	6,47
S_x	0,03	0,10	0,01	0,04	0,09	0,04	0,20	0,03	0,03	0,17
Laut 3										
Min	-7,45	77,0	0,58	-14,70	90,4	15,76	69,7	0,63	12,25	53,8
Keskm	-2,79	99,61	2,35	-9,17	96,48	18,16	85,65	7,45	17,26	77,16
Max	0,46	100,0	3,39	-2,90	99,8	20,62	98,1	10,34	23,19	95,0
σ_x	1,94	2,40	0,27	2,69	2,10	1,47	6,33	1,54	3,31	10,83
S_x	0,16	0,20	0,01	0,22	0,17	0,04	0,16	0,04	0,08	0,27
Koondandmed										
Min	-7,45	40,1	0,43	-14,70	55,1	9,81	60,2	0,58	8,38	51,8
Keskm	2,01	84,61	1,92	-0,31	88,21	17,12	86,38	4,88	16,33	80,66
Max	13,76	100,0	3,40	8,81	100,0	22,07	100,0	10,34	23,19	96,4
σ_x	3,69	13,78	0,53	4,16	11,92	2,70	9,32	2,24	3,20	11,51
S_x	0,07	0,28	0,01	0,08	0,24	0,04	0,14	0,03	0,05	0,17

Tabel 4. Lautade sise- (t_{iw} , t_{is}) ja välisõhu (t_{ow} , t_{os}) temperatuuride vaheline seos

	Talvel	Suvel
Laut 1	$t_{iw} = 0,1749 t_{ow}^2 + 0,4038 t_{ow} + 0,1409$	$t_{is} = 6,8407e^{0,0476 t_{os}}$
475 lüpsilehma	$R^2 = 0,6186$	$R^2 = 0,9109$
Laut 2	$t_{iw} = 0,1226 t_{ow}^2 + 1,2462 t_{ow} + 3,347$	$t_{is} = 8,2434e^{0,0476 t_{os}}$
352 lüpsilehma	$R^2 = 0,3826$	$R^2 = 0,6152$
Laut 3	$t_{iw} = -0,0377 t_{ow}^2 - 0,0678 t_{ow} + 0,0263$	$t_{is} = 12,328e^{0,0476 t_{os}}$
220 lüpsilehma	$R^2 = 0,7332$	$R^2 = 0,8266$

**Joonis 3.** Õhu ammoniaagisisalduse sõltuvus sisetemperatuurist suvel

Kokkuvõte

Uurimistöö käigus mõõdeti talvel ja suvel kolme erineva suuruse ja lehmade arvuga soojustamata lehmalauda siseõhu temperatuuri, suhtelist niiskust ja ammoniaagisisaldust. Samaaegselt määrati ka lauda välisõhu temperatuur ja suhteline niiskus.

Talvistel mõõtmistel oli laudaõhu temperatuur välistemperatuurist kõrgem keskmiselt 2,32 °C, suvel aga vastavalt 0,79 °C. Suvel mõõdeti lautades suurem õhuniiskus kui väljas, mis on seletatav loomade poolt eritatava ja põrandapindadelt eralduva niiskusega.

Õhu ammoniaagisisaldus oli talvel suhteliselt väike, muutudes piirides 0,43...3,40 ppm, suvel aga täheldati suuremaid ammoniaagisisaldusi, 0,58...10,34, mis jäid lubatud piiridesse.

Tänuavaldus

Käesolev uurimistöö on valminud Eesti Teadusfondi rahalisel toetusel (grant nr 5428).

Kasutatud kirjandus

- Antelmann, B. 1992. Klima im Stall. DEULA, Nienburg, 43 S.
- Hilty, R., Kaufmann, R., van Caenegem, L. 2002. Building for cattle husbandry. – Yearbook Agricultural Engineering, 14. Munster, Germany, S. 163–174.
<http://www.riigiteataja.ee/ert/act.jsp?id=25048>.
<http://www.riigiteataja.ee/ert/act.jsp?id=73153>.
- Karhunen, J. 1992. Kaasut ja pöly elainsuojien ilmanvaihtoissa. Vakolan Tiedote: 52/92, 25 s.
- Kavolelis, B. 2003. The parameters of ventilation system in uninsulated cowshed. – Proceedings of the 31. International Symposium on Agricultural Engineering. Opatija, Croatia, p. 301–06.
- Kiviste, A. 1999. Matemaatiline statistika MS Exceli keskkonnas. Tallinn: GT Tarkvara OÜ, 86 lk.
- Luts, V., Miljan, J. 1998. Lüpsikarjalautade rekonstrueerimine. Jänedä Öppe- ja Nõuandekeskus, 40 lk.
- Mikson, E. 2000. Lehmalauda ja lüpsiplatsi sisekliima. – Magistriväitekiri. Tartu, 114 lk.
- Mikson, E., Reppo, B. 2004. Energetic Load of Herdsmen by the Operating Environment of Uninsulated Cowshed. – Proceedings of the International Scientific Conference, June 28–29, 2004. Latvia University of Agriculture, p. 151–156.
- Mikson, E., Reppo, B., Vaarak, V. 2004. Soojustamata lauda lüpsikoja sisekliima talvel. – Agraarteadus, 3, lk 155–164.
- Miljan, J., Leola, A. 2000. Problems and Experiences of Cattle House Reconstruction. – Transactions of Estonian Agricultural University. 206, p. 90–97.
- Miljan, J., Miljan, R. 1999. An economic comparison of construction and reconstruction of contemporary cattle sheds. – CIVIL ENGINEERING '99: Scientific conference dedicated to the 60-th anniversary of Latvia University of Agriculture, p. 21–22.
- Neste Air – IX. 1990. Maatalouden tuotantorakennusten ilmastointi ja lämmitys. Espoo, 37 s.
- Rannamäe, R. 1985. Looma- ja linnukasvataja töötavishoid. Tallinn: Valgus, 208 lk.
- Reppo, B., Mikson, E., Pajumägi, A., Miljan, J. 2003. Indoor Climate of Uninsulated Cowsheds During Wintertime. 31st International Symposium "Actual Tasks on Agricultural Engineering". Croatia, p. 307–316.
- Tuure, V.-M. 1995. Työympäristö kylmissä pihatoissa. Maatalousteknologian Julkaisuja, 18. Helsinki, 143 s.
- Vutt, O. 1983. Mida peab teadma laudaõhu temperatuurist. – Põllumajanduse päevaprobleeme. Tallinn: Valgus, lk 204–206.