

RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE
Būvniecības fakultāte
Siltuma, gāzes un ūdens tehnoloģijas institūts

Anna Ramata

Siltuma, gāzes un ūdens tehnoloģijas doktora programmas studente

**ENERGOEFEKTĪVAS UN VIDEI DRAUDZĪGAS
VENTILĀCIJAS SISTĒMAS CŪKU NOVIETNĒS**

Promocijas darba kopsavilkums

Zinātniskais vadītājs
LZA korespondentloceklis
Dr.habil.sc.ing., profesors
Andris Krēsliņš

RTU Izdevniecība
RĪGA 2010

UDK 697.9+631.223(043)
Ra 427 e

Ramata Anna. Energoefektīvas un videi draudzīgas ventilācijas sistēmas cūku novietnēs. Promocijas darba kopsavilkums.- R.:RTU, 2010.- 22lpp.

Iespiests saskaņā ar Promocijas padomes „RTU P-12” 2010. gada 15. novembra lēmumu, protokols Nr.3.

Promocijas darbs tapis ar Eiropas Sociālā fonda līdzfinansēto projektu «Doktorantūras studiju programmu un to kvalitātes attīstība Rīgas Tehniskajā universitātē» un «Atbalsts RTU doktora studiju īstenošanai» līdzekļu atbalstu.

© Rīgas Tehniskā universitāte 2010

© Anna Ramata 2010

ISBN

PROMOCIJAS DARBS IZVIRZĪTS INŽENIERZINĀTŅU DOKTORA GRĀDA IEGŪŠANAI RĪGAS TEHNISKAJĀ UNIVERSITĀTĒ

Promocijas darbs inženierzinātņu doktora grāda iegūšanai tiek publiski aizstāvēts 2010.g. 17.decembrī Rīgas Tehniskās universitātes Būvniecības fakultātē, Āzenes ielā 16, sēžu zālē.

OFICIĀLIE RECENZENTI

Profesors, Dr.habil.sc.ing. Namejs Zeltiņš
Fizikāli Enerģētiskais institūts

Dr.sc.ing.Juris Jurševskis
Latvijas Lauksaimniecības universitāte

Asoc.profesors, Dr.sc.ing. Ivars Kudriņickis
Latvijas universitāte

APSTIPRINĀJUMS

Apstiprinu, ka esmu izstrādājusi doto promocijas darbu, kas iesniegts izskatīšanai Rīgas Tehniskajā universitātē inženierzinātņu doktora grāda iegūšanai. Promocijas darbs nav iesniegts nevienā citā universitātē zinātniskā grāda iegūšanai.

Anna Ramata(Paraksts)

Datums:

Promocijas darbs ir uzrakstīts latviešu valodā, satur ievadu, 5 nodaļas, slēdzienus, literatūras sarakstu, 37 zīmējumus un ilustrācijas, 14 tabulas, kopā 117 lappuses. Literatūras sarakstā ir 98 nosaukumi.

Promocijas darbs tapis ar Eiropas Sociālā fonda līdzfinansēto projektu «Doktorantūras studiju programmu un to kvalitātes attīstība Rīgas Tehniskajā universitātē» un «Atbalsts RTU doktora studiju īstenošanai» līdzekļu atbalstu.



Saturs

Ievads	5
Pētījuma aktualitāte.....	5
Pētījumu metodika	6
Darba mērķi un uzdevumi.....	7
Darba zinātniskā novitāte un praktiskais pielietojums.....	7
1. Gaisa parametri cūku fermās	8
2. Enerģijas patēriņa aprēķini metodikas izstrādei	10
3. Temperatūras un mitruma režīmu eksperimentālā pārbaude	16
4. Smaku izplatība un to ierobežošana.....	18
5. Biogāzes ražošanas priekšrocības vides saglabāšanā un ekonomikā.....	19
Slēdzieni.....	20
Publikācijas	21

Ievads

Pieaugošās energoresursu cenas un enerģija ir būtisks faktors industrializētajā cūkgaļas ražošanas procesa ekonomikā salīdzinājumā ar kapitālieguldījumiem, materiāliem un darbu, tādēļ enerģijas taupīšanai ir vislielākā ietekme uz ražošanu un gala produkciju. Intensīvās lopkopības produkcijas ražotnes ir ievērojami energoresursu patērētāji. Būtisku daļu no kopējā enerģijas patēriņa ražotnēs izmanto dzīvniekiem nepieciešamā mikroklimata nodrošināšanai. Dzīvnieki un to mikrovide ir cieši saistīti, jo mainoties mikrovides apstākļiem, dzīvnieki dažādi reaģē uz šīm izmaiņām. Ventilācijas iekārtu darbības shēmu un to enerģijas patēriņu optimizēšana ir svarīgs pasākums gan no dzīvnieku labturības, gan izmaksu samazināšanas, gan apkārtējās vides saglabāšanas viedokļa. Pasaulē notiek intensīvi zinātniski pētījumi par mikroklimata nodrošināšanu dzīvnieku novietnēs, enerģijas patēriņa samazināšanu un dažādu siltuma atguves iekārtu pielietošanu ventilācijas sistēmās. Pie tiem strādājuši A. Krēsliņš, A. Lešinskis, P. Šipkovs, A. Šķēle, J. Jurševskis, Ē. Ziemeļis, A. Ilsters, R. MacDonald., P. Eng, B. K. Pedersen, V. I. Bodrov, M. B. Rajak, G. Jegiazarov.

Latvijā „Dzīvnieku aizsardzības likumā” un saskaņā ar tiem izdotie MK noteikumi Nr. 743 „Cūku labturības prasības” reglamentē cūku turēšanas apstākļus. 2008. gada 2. janvārī ir pieņemti Latvijas MK noteikumi Nr.5 „Lauksaimniecības dzīvnieku vispārīgās labturības prasības”, kas izdotas saskaņā ar Dzīvnieku aizsardzības likumu. Ražošanas izmaksu samazināšana un līdz ar to gala produkta pašizmaksa lielā mērā ir atkarīga no tā, cik enerģijas tiek patērēts, cik efektīvi un lietderīgi tā tiek izmantota.

Promocijas darbā ir izstrādāta metodika enerģijas patēriņu aprēķinam dažādām ventilācijas sistēmu komplektācijām gaisa apstrādes procesos, izmantojot sistēmu optimizāciju. Dažādu gaisa apstrādes iekārtu darbība tika analizēta pēc ārgaisa, pieplūdes gaisa un nosūces gaisa apstrādes procesu entalpijas izmaiņām. Izstrādājot aprēķinu metodiku, izmantoju Latvijas klimatoloģiskos datus par 5 gadu intervāla ārgaisa parametru kombināciju atkarīgos biežumu, tos pārrēķinot uz ārgaisa parametru entalpiju. Pēc tā tika noteikts, cik enerģijas apkures perioda laikā nepieciešams, lai nodrošinātu dzīvnieku labturības normām atbilstošu mikroklimatu.

Lielā dzīvnieku koncentrācija ir galvenie smaku rašanās cēloņi, jo ražošanas koncentrācija ir priekšnoteikums labu ekonomisko rādītāju sasniegšanai. Darbā tiek aplūkotas dažādas smaku izplatības samazināšanas iespējas. Viena no tām ir mēsļu pārstrāde biogāzē. Biogāzes iegūšanai, izmantojot kūtsmēslus, ir vairākas vides saglabāšanas priekšrocības, piemēram, metāna, amonjaka un slāpekļa dioksīda emisiju samazināšana, daudz mazāk jūtama nepatīkamā smaka, daudz augstāka slāpekļa mēslojuma kvalitāte apstrādātajos kūtsmēslos. Biogāzes ražošana ir vidi saudzējoša, efektīva atkritumu pārstrādes tehnoloģija.

Pētījuma aktualitāte

Eiropas Savienības (ES) stratēģija paredz sasniegt ilgtspējīgu lauksaimniecības ražošanu, kura mērķēta uz to, lai nodrošinātu efektīvu līdzsvaru starp komerciālo lauksaimniecību un vides saglabāšanu.

Pieaugošās energoresursu un elektroenerģijas cenas ir būtisks faktors industrializētajā cūkgaļas ražošanas procesa ekonomikā salīdzinājumā ar kapitālieguldījumiem, materiāliem un darbu, tādēļ enerģijas taupīšanai ir vislielākā ietekme uz ražošanu un gala produkciju. Intensīvās lopkopības produkcijas ražotnes ir ievērojami energoresursu patērētāji. Mikroklimats ir viens no svarīgākajiem faktoriem

dzīvnieku labturības nodrošināšanā un tas kopā ar citiem faktoriem rada apstākļus, kas ir labvēlīgi dzīvnieku augšanai, saglabāšanai, attīstībai un paaugstina produkcijas ieguvi. Būtisku daļu no kopējā enerģijas patēriņa ražotnē izmanto dzīvniekiem nepieciešamā mikroklimata nodrošināšanai. Dzīvnieki un to mikrovide ir cieši saistīti, jo mainoties mikrovides apstākļiem, dzīvnieki negatīvi reaģē uz šīm izmaiņām. Ventilācijas iekārtu darbības shēmu un to enerģijas patēriņu optimizēšana ir svarīgs pasākums gan no dzīvnieku labturības, gan izmaksu samazināšanas, gan apkārtējās vides saglabāšanas viedokļa.

Cūkkopības nozarē turpinās strukturālas pārmaiņas un ražošana tiek koncentrēta lielākajās saimniecībās. 2009. gadā par 9,12 % samazinājās mazo saimniecību (1–9 cūkas) skaits. Salīdzinājumā ar 2008. gadu par 29,5 % palielinājās cūku skaits saimniecībās, kuru ganāmpulkā ir 5000 līdz 10 000 dzīvnieku, savukārt saimniecībās ar 500 līdz 1000 dzīvnieku lielu ganāmpulku cūku skaits pieauga par 48,3%. Šīm saimniecībām jāievēro tāds saimniekošanas modelis, kas orientēts uz tirgu un vienlaikus kalpo sabiedrības interesēm. Tām jāstrādā saskaņā ar vides, dzīvnieku veselības un dzīvnieku labturības standartiem un prasībām, kā arī jānodrošina bezatkritumu tehnoloģijas ražošana. Darbā risināti industriālās cūkkopības enerģijas patēriņa optimizēšanas jautājumi, kas saistīti ar dzīvnieku labturības nodrošināšanu, vides uzturēšanu un saglabāšanu.

Pētījumu metodika

Aprēķinot dzīvnieku novietņu siltuma bilanci ņēmām vērā optimālos mikroklimata parametrus katrai cūku saimnieciskās izmantošanas grupai un pielietoto turēšanas tehnoloģiju. Tas ietvēra sekojošus aprēķinus: norobežojošo konstrukciju siltuma noturību; maksimālo dzīvnieku blīvumu un kopējo svaru novietnē; kopējo dzīvnieku izdalīto siltumu un mitrumu. Mikroklimata parametri, kuru nosacījumi jāievēro: ventilācijas intensitāte; zemākā kritiskā temperatūra; pieļaujama gaisa kustības ātrums, mitruma saturs, CO₂ koncentrācija.

Mikroklimata pētījumi tika veikti ņemot vērā Latvijas cūku audzētāju pieredzi un praksi, ka dzīvnieki tika grupēti trijās pamatgrupās pēc vecuma, dzīvsvara un saimnieciskās izmantošanas grupas:

- 1) pirmsatnešanās/atnesušās cūkas ar sivēniem līdz 21. dienai (sivēni no dzimšanas līdz 7 kg svara sasniegšanai);
- 2) atšķirtie sivēni 22 – 65 dienu vecumam;
- 3) vaislas cūkas /nobarojamās jauncūkas 65-165 dienas.

Darbā pētījām mehāniskās pieplūdes - nosūces ventilācijas sistēmas katrai fermai:

- tradicionālā mehāniskā pieplūdes sistēma ar gaisa sildīšanu kaloriferā (I),
- sistēma ar gaisa sildīšanu kaloriferā un adiabatisku mitrināšanu (II),
- ar siltuma un mitruma reģeneratīvo siltummaini, kaloriferu un mitrināšanu (III).

Izmantojot klimatoloģiskos datus par ārgaisa temperatūru un mitruma kombināciju atkārtotās biežumu Rēzeknei, aprēķināju 1 gada apkures sezonas katra temperatūru un relatīvā mitruma intervāla entalpiju un ilgumu. Pēc fermu nepieciešamās iekšgaisa, nosūces gaisa un ārgaisa parametru entalpiju starpības aprēķināju apkures sezonas enerģijas patēriņu, tika analizētas ventilācijas sistēmu darbības shēmas un gaisa parametri cūku novietnēs. Eksperimentāli izveidots datormodelis aprēķinu veikšanai ietver datus par cūku novietņu siltuma bilanci, ārgaisa parametriem, fermas iekšgaisa parametriem un pielietoto gaisa apstrādes iekārtu enerģijas patēriņu.

Darba mērķi un uzdevumi

Izveidot videi draudzīgu cūku novietņu mikroklimata sistēmu, kas nodrošina optimālu dzīvnieku produktivitāti un enerģijas patēriņu.

Lai sasniegtu šo rezultātu, ir risināti sekojoši uzdevumi:

- analizēt dzīvnieku mītņu mikroklimata režīmus un to ietekmējošos faktorus ņemot vērā ražošanas tehnoloģisko procesu specifiku;
- noteikt gada (apkures sezonas) enerģijas bilanci, ietverot vairākus faktorus: ēku norobežojošo konstrukciju siltuma noturība, ārgaisa klimatisko parametru svārstības, relatīvā mitruma un temperatūras kombināciju atkārtosānās biežums un ilgums apkures sezonā;
- izveidot gaisa apstrādes iekārtu enerģijas patēriņa aprēķinu metodiku dažādām ventilācijas iekārtu kombinācijām un darbības shēmām;
- veikt izstrādātās metodikas datormodelēšanas eksperimentālu pārbaudi;
- izvērtēt smaku emisiju cēloņus cūku novietņu ventilācijas sistēmu nosūces gaisā;
- izvērtēt iespējamus pasākumus un paņēmienus šī vides piesārņojošā faktora novēršanai vai samazināšanai.
- nodrošināt dzīvnieku novietnēs nepieciešamo mikroklimatu ar iespējami mazāku enerģijas patēriņu, optimizējot ventilācijas iekārtu darbības shēmas.

Darba zinātniskā novitāte un praktiskais pielietojums

Darba zinātniskā novitāte ir izstrādātā ventilācijas sistēmu enerģijas patēriņu optimizācijas metodoloģija, kurā ir izmantoti Latvijai raksturīgie klimatoloģiskie dati un kompleksi izvērtē mikroklimata iespaidu uz vidi, dzīvnieku produktivitāti un enerģijas patēriņu.

Promocijas darba rezultātu praktiskā pielietošana dos pozitīvu ekonomisko efektu: samazināsies enerģijas patēriņš, paaugstināsies dzīvnieku labturības līmenis, no kā atkarīga saražotās produkcijas kvalitāte, samazināsies sivēnu saslimšana un bojāeja, kas palielinās galaproduktu ieguvu, kapitālieguldījumi iekārtās un sistēmās atmaksāsies ātrāk. No veiksmīga šo jautājumu risinājuma ir atkarīga saražotās produkcijas kvalitāte un līdz ar to arī saimniecības ilgtspēja.

Izstrādāta metodika enerģijas patēriņu optimizācijai izmantojot klimatoloģiskos datus par dažādu ārgaisa entalpijas, temperatūras un relatīvā mitruma kombināciju atkārtosānās biežumu un enerģijas patēriņiem dažādās kombinētās gaisa apstrādes iekārtās. Pēc izveidotās jaunās metodikas salīdzināti enerģijas patēriņi apkures sezonai dažādām gaisa apstrādes iekārtu darbības shēmām.

Izmantojot šo metodiku fermu projektēšanas stadijā, var prognozēt novietņu ventilācijas sistēmu enerģijas patēriņu, plānojot kapitālieguldījumus un ekspluatācijas izdevumus paredzamai jaunai iekārtai. Izstrādātā metodika var tikt pielietota:

- gaisa apstrādes sistēmu salīdzināšanai ar dažādu konfigurāciju un energoefektivitāti, kas izteikta ar enerģijas patēriņu apkures sezonā;
- nosakot sistēmas darbības ilgumu pēc klimatoloģisko datu kombināciju atkārtosānās biežuma, izvēlēties optimālu gaisa apstrādes iekārtu ar optimālu dažādo komponentu jaudu pirms projekta realizācijas;
- salīdzināt gaisa apstrādes iekārtu dažādu iekārtu un komplektāciju efektivitāti projektēšanas stadijā, pirms iekārtu iepirkumu izsludināšanas.

Zinātniskajā darbā izstrādāto metodiku varēs izmantot LLU un RTU studentu mācību procesā.

1. Gaisa parametri cūku fermās

Siltumenerģijas patēriņa svārstības lauksaimniecības ražotnēs saistītas gan ar iekšējiem, gan ārējiem faktoriem. Ārējie faktori – meteoroloģiskie apstākļi, saules radiācija, vēja virziens, u.c. varbūtējie un gadījuma apstākļi. Iekšējie faktori – l/s ražošanas apjoma izmaiņas, prasības pēc noteikta mikroklimata dažādās dzīvnieku augšanas un dzīves stadijās. Apkures – ventilācijas sistēmu darbība atkarībā no meteoroloģiskajiem parametriem svārstās ne tikai sezonāli, bet arī diennakts laikā. Meteoroloģisko parametru svārstības saistītas ar temperatūras un relatīvā mitruma izmaiņām.

Temperatūras intervāls no 15 °C līdz 22 °C, kas ietver optimālās produktivitātes un efektivitātes līmeņus, parāda vēlamos projektēšanas nosacījumus attiecībā uz sasniedzamo maksimālo rezultātu un efektivitāti. Līdzsvarota temperatūra, prasību ievērošana un efektivitāte nepasliktina cūku augšanu tikmēr, kamēr nav sasniegtas zemākās vai augstākās kritiskās temperatūras, un potenciālā nepieciešamo prasību pasliktināšanās temperatūras intervālā no 10 °C līdz 25 °C varētu būt pieļaujama. Savā darbā vadījos pēc cūku izmantošanas grupas nepieciešamajiem temperatūru un relatīvā mitruma parametriem:

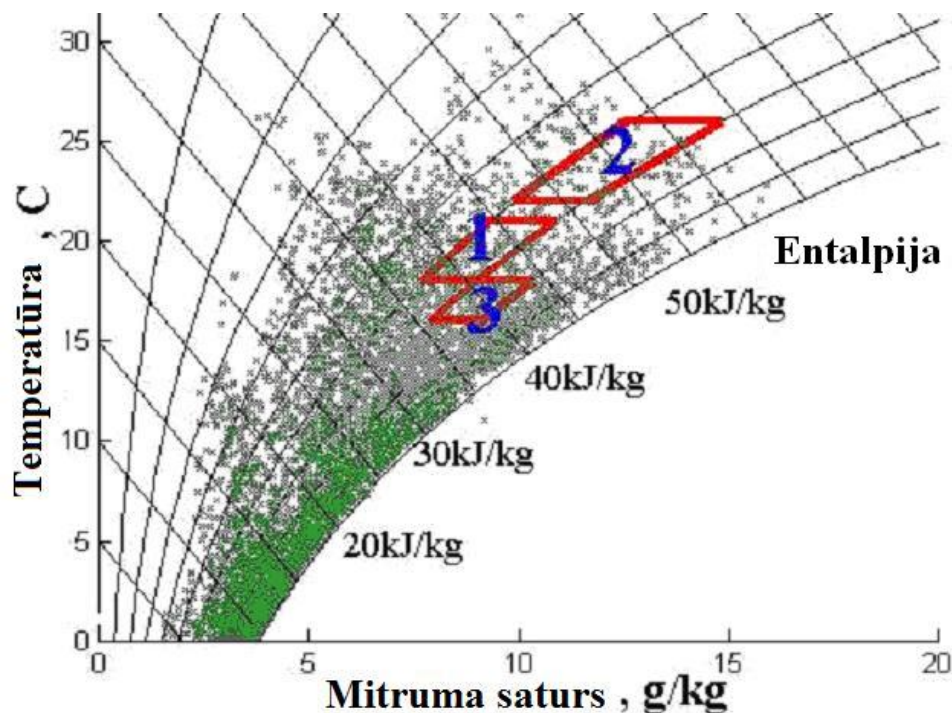
- 1) pirmsatnešanās/atnesušās cūkas ar sivēniem līdz 21. dienai (sivēni no dzimšanas līdz 7 kg svara sasniegšanai);
- 2) atšķirtie sivēni 22 – 65 dienu vecumam;
- 3) vaislas cūkas /nobarojamās jauncūkas 65-165 dienas.

1.1. tab. Gaisa parametri dažādām cūku grupām.

N.p.k.	Mikroklimata parametri / cūku grupa	Sivēnmātes ar sivēniem	Atšķirtie sivēni	Nobarojamas un vaislas cūkas
1.	Temperatūra, °C	18-20	22-26	15-18
2.	Relatīvais mitrums, %	60-70	60-70	70-80
3.	Vēdināšanas apjoms, m ³ /cnt	35-60	35-60	35-70
4.	Gaisa kustības ātrums, m/s	0,15-0,20	0,20-0,60	0,20-1,0
5.	NH ₃ , (mg/m ³)	līdz 10	līdz 10	līdz 10
6.	CO ₂ , %	0,20	0,20	0,20
7.	H ₂ S, (mg/ m ³)	līdz 10	līdz 10	līdz 10

Atnešanās aizgaldā jāparedz divas mikroklimata zonas: viena sivēnmātei, otra sivēniem. Atšķirtajiem sivēniem nepieciešams tāds pats mikroklimats, kā atnešanās aizgaldā sivēniem. Pirmajās dienās pēc atšķiršanas temperatūrai jābūt ne zemāk par 26°C. Tad pakāpeniski nedēļas laikā samazina līdz 22°C. Lai nodrošinātu sivēniem siltumu, papildus izmanto sildlāmpas vai sildošus paliktņus guļvietās. Nobarojamām un vaislas cūkām ir līdzīgas mikroklimata prasības.

Intensīva cūku audzēšana saistīta ar lielu dzīvnieku blīvumu, kas rada aptuveni zināmu mēslu daudzumu un smakas. Elpojot tiek patērēts skābeklis un izdalīts oglekļa dioksīds, kura koncentrācija ietekmē dzīvnieku labturību un drošību. Dzīvnieku veselību un produktivitāti ietekmējošās gāzes, kas rodas fermā: amonjaks (NH₃), oglekļa dioksīds (CO₂), oglekļa monoksīds (CO), sērūdeņradis (H₂S) un metāns (CH₄). Nepietiekošs svaigā gaisa daudzums, toksiskās gāzes un putekļi kaitē dzīvniekiem un personālam.



2.1. att. Āra gaisa un mītnes komforta zonu gaisa parametri.

Cūku novietnēs galvenie enerģijas patērētāji ir apkures, ventilācijas un apgaismes sistēmas. Kurināmais un elektrība ir būtiska daļa no gala produkcijas izmaksām, tādēļ enerģijai ir liela nozīme barības konversijā un dzīvnieku produkcijas ieguvē. Pārdomāta apkures un ventilācijas sistēmu projekta izstrāde, ekspluatācija un uzturēšana samazina enerģijas patēriņu un paaugstina cūku labturību.

Visas ventilācijas sistēmas darbojas pēc siltuma bilances vienādojuma principa, t.i., dzīvnieku izdalītais siltums pret siltuma zudumiem caur norobežojošām konstrukcijām un caur ventilācijas sistēmām. Tiklīdz siltuma bilance ir negatīva, nepieciešams papildus siltums, lai novērstu novietņu temperatūras pazemināšanos, vai arī pieļaut ventilācijas šahtu aizvēršanu. Jaundzīvniekiem papildus siltums nepieciešams visa gada laikā, kā arī lai nepieļautu iekšgaisa temperatūras pazemināšanos zem minimālās kritiskās temperatūras. Tas garantē, ka barība netiek izmantota nelietderīgi dzīvnieku ķermeņa siltuma uzturēšanai. Telpas temperatūra pati par sevi ne vienmēr nozīmē, ka faktiskā vide ir virs zemākās kritiskās temperatūras. Citi to ietekmējošie faktori ir: grīdas veids, ēkas siltumizolācija un ventilācijas sistēmas darbība.

Enerģijas ietaupījums praksē ir enerģijas kopējā patēriņa samazinājums. Tas iespējams, izmantojot energoefektīvas tehnoloģijas, t.i., tiek patērēts mazāks enerģijas apjoms tā paša rezultāta sasniegšanai. Arī izmainot iekārtu darbības organizāciju (vadību), var samazināt enerģijas patēriņu. Enerģijas taupīšana rezultējas finansu ietaupījumā, vides saglabāšanā un drošībā, dzīvnieku labturības nodrošinājumā. Pareizi projektēta un nokomplektēta ventilācijas sistēma maksimāli paaugstina cūku labturību, bet samazina enerģijas ieguldījumu un cenu. Tādēļ visā pasaulē notiek intensīvs darbs, lai samazinātu mikroklimate nodrošināšanas sistēmu enerģijas patēriņu

2. Enerģijas patēriņa aprēķini metodikas izstrādei

Siltuma gada patēriņš tiek noteikts pēc zemāko ārējais temperatūru ilguma. Klimatoloģiskie dati ir apkopoti Latvijas būvnormatīvā LBN 003-01 „Būvklīmatoloģija”. Pēc Rēzeknes klimatoloģiskajiem datiem par piecu gadu intervālu tika aprēķināta viena gada apkures sezonas vidējās temperatūru un relatīvā mitruma intervālu vērtības. Izmantojot aprēķinus par āra gaisa temperatūrām, par to cik bieži un ilgi Latvijā ir noteikts temperatūru un relatīvā mitruma kombināciju ilgums, aprēķinājām vidējo ārējais parametru entalpiju atkārtotās biežumu. Pēc tā tika aprēķināts fermas gaisa apstrādes iekārtu varbūtējais enerģijas patēriņš apkures periodam. Pamatojoties uz pieņēmumu par klimatu kā ierobežotu sistēmu h-x diagrammā, kurā katrs ārējais parametru punkts ir ar nevienmērīgu atkārtotās biežumu, nosakām katra intervāla entalpiju izmaiņu pret darba zonas entalpiju. Tālākā pētījuma gaitā izmantojot dažādas ventilācijas sistēmas un siltuma apmaiņas aparātus, to pielietojumu, tika meklēts ekonomiski izdevīgākais ventilācijas sistēmu veids, lai iegūtos datus būtu iespējams izmantot tālākā nākotnē, plānojot kapitālieguldījumus un atmaksāšanos. Klimatoloģiskie dati par ārējais temperatūru t un relatīvā mitruma ϕ kombināciju atkārtotās biežumu apkopoti 2.1. tabulā.

Tabula 2.1. Ārējais parametru temperatūras t un relatīvā mitruma ϕ atkārtotās biežums τ stundās apkures sezonā.

Temp. $t, ^\circ\text{C}$	Relatīvais mitrums, ϕ							
	0,2-0,3	0,3-0,4	0,4-0,5	0,5-0,6	0,6-0,7	0,7-0,8	0,8-0,9	0,9-1,0
20-25			2					
15-20		7	6	8	5	4	3	3
10-15	1	18	20	24	32	29	38	39
5-10		11	23	42	65	94	185	234
0-5	4	9	26	58	105	302	358	644
-5-0			14	31	91	268	466	510
-10- -5		1	10	26	50	148	266	246
-15- -10			2	9	30	64	149	81
-20- -15			1	3	16	58	72	26
-25- -20			2	3	4	11	14	11
-30- -25					4	1	1	

Āra gaisa parametru aprēķini balstās uz piecu gadu meteoroloģiskajiem novērojumiem gan siltajam, gan aukstajam gada periodam. Ārējais entalpija h_0 pie dažādām temperatūru un relatīvā mitruma kombinācijām aprēķināta un apkopota 2.2. tabulā.

Tabula 2.2. Ārgaisa entalpija pie dažādiem temperatūras un relatīvā mitruma intervāliem.

Temperature T °C	Temperature T °C	Relatīvais mitrums % / Ārgaisa parametru entalpija ho (kJ/kg)							
		20 - 30%	30 - 40%	40 - 50%	50 - 60%	60 - 70%	70 - 80%	80 - 90%	90 - 100%
		25%	35%	45%	55%	65%	75%	85%	95%
20 - 25	22,5			42,07					
15 - 20	17,5		28,66	31,82	34,94	38,14	41,34	44,58	47,76
10 - 15	12,5	18,26	20,52	22,82	25,03	27,38	29,66	31,90	34,27
5 - 10	7,5		13,20	14,80	16,44	18,04	19,68	21,34	22,94
0 - 5	2,5	5,37	6,50	7,64	8,76	9,88	11,02	12,15	13,28
-5 - 0	-2,5			0,87	1,64	2,41	3,16	3,93	4,70
-10 - -5	-7,5			-5,35	-4,86	-4,36	-3,87	-3,36	-2,87
-15 - -10	-12,5		-11,5	-11,20	-10,85	-10,57	-10,24	-9,92	-9,60
-20 - -15	-17,5			-16,64	-16,54	-16,36	-16,16	-15,96	-15,75
-25 - -20	-22,5			-22,08	-21,94	-21,90	-21,68	-21,56	-21,44
-30 - -25	-27,5					-27,23	-27,14	-27,02	

Siltuma bilance izvērtē saistību starp kūtī izdalījušos un ieplūstošo siltumu no vienas puses un no kūts izplūstošo (zaudēto) siltumu.

$$Q_{dzivn} + Q_{papild} = Q_k + Q_v + W_{iztv}, \quad (2.1.)$$

kur:

Q_{dzivn} – dzīvnieku izdalītais brīvā siltuma daudzums, W;

Q_{papild} – papildus pievadāmais siltums, W;

Q_k – siltuma zudumi caur kūts būvkonstrukcijām, W;

Q_v – siltuma daudzums svaigā, pievadītā gaisa uzsildīšanai, W

W_{iztv} – zudumi mitrumam iztvaikojot no konstrukciju virsmām, %.

Siltumam no dzīvniekiem un sildierīcēm, jābūt vienādam ar siltuma zudumiem caur novietnes sienām, griestiem, jumta pārsegumiem un ventilācijas zudumiem Pamatsakarība siltuma zudumu noteikšanai caur kūts norobežojošiem elementiem ir sekojoša

$$Q_k = F \cdot U (t_i - t_o), \text{ kW, kur } t_i - t_o = \Delta t, \quad (2.2.)$$

kur: U – siltuma pārejas koeficients, $\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$;

F – attiecīga norobežojošā elementa laukums, m^2 ;

t_i, t_o – attiecīgi kūts un āra gaisa temperatūra, $^{\circ}\text{C}$.

Atkarībā no turēšanas sistēmas, siltuma zudumiem papildus pieskaita 8 – 30%, ko rada no mītnes konstrukciju virsmām iztvaikojošais mitrums W_{iztv} , kg/h;

Cūku izdalītā mitruma daudzums:

$$W_p = w \cdot n, \text{ kg/s}, \quad (2.3.)$$

kur: w – vienas cūkas izdalītais mitrums, kg/s;

n – cūku skaits novietnē.

Nepieciešamais pieplūdes gaisa daudzums:

$$L = m \cdot n \cdot l_p \cdot 1,2, \text{ kg/s}, \quad (2.4.)$$

kur: m – cūkas vidējais svars, kg;

l_p – nepieciešamais svaigā gaisa daudzums uz 1 kg dzīvsvara, m^3/s ;

1,2 – gaisa masa, kg/m^3 .

Vēdināšanas apjomu aukstajam gada periodam aprēķina pēc izvadāmā mitruma un pārbauda pēc ogļskābās gāzes koncentrācijas kūts gaisā. Siltajam gada periodam aprēķinus veic pēc liekā siltuma daudzuma un pārbauda pēc izvadāmā mitruma daudzuma.

$$L_{\text{CO}_2} = C/c_n - c_g, \text{ m}^3/\text{h}, \quad (2.5.)$$

kur: L_{CO_2} – mītnē ievadāmā svaigā gaisa daudzums, m^3/h ;

C – dzīvnieku izdalītais CO_2 daudzums, l/h;

c_n – vislielākais pieļaujama CO_2 daudzums pēc zoohigiēnas normām, l/m^3 ;

c_g – CO_2 daudzums āra gaisā, l/m^3 .

Tālākā darba gaitā pēc novietnes siltuma bilances dažādos temperatūru intervālos tika aprēķināts pieplūdes un nosūces entalpijas intervāls Δh , pieļaujama mitruma satura intervāls darba zonā Δx . Entalpiju starpība ir atkarīga no āra gaisa temperatūras. Ja entalpija pie katra temperatūru intervāla mainās, tad mitruma saturs ir konstants.

Noplūdes un pieplūdes gaisa entalpiju starpība:

$$\Delta h = Q/L = h_E - h_S, \text{ kJ/kg}. \quad (2.6.)$$

Pieplūdes h_S un nosūces h_E gaisa entalpijas:

$$h_S = h_I - \Delta h/2, \quad (2.7.)$$

$$h_E = h_I + \Delta h/2, \quad (2.8.)$$

kur: h_E – nosūces gaisa entalpija, kJ/kg;

h_S – pieplūdes gaisa entalpija, kJ/kg;

h_I – darba zonas entalpija, kJ/kg.

Mitruma satura starpība pieplūdes un nosūces gaisam:

$$\Delta x = W/L = x_E - x_S, \text{ g/kg.} \quad (2.9.)$$

Pieplūdes x_S un nosūces x_E gaisa mitruma saturs:

$$x_S = x_I - \Delta x/2, \text{ g/kg;} \quad (2.10.)$$

$$x_E = x_I + \Delta x/2, \text{ g/kg,} \quad (2.11.)$$

kur: x_E – nosūces gaisa mitruma saturs, g/kg;
 x_S – pieplūdes gaisa mitruma saturs, g/kg;
 x_I – darba zonas mitruma saturs, g/kg.

Aprēķinu modelī par ventilācijas sistēmu darbību un enerģijas patēriņiem tika iekļauti dati par dzīvnieku siltuma un mitruma izdalījumiem, par norobežojošo konstrukciju siltumnoturību, par nepieciešamā gaisa daudzumu, papildus mitruma izdalījumiem no konstrukciju un tehnoloģisko turēšanas sistēmu virsmām, kā arī tika ņemti vērā gaisa apstrādes procesi un to virziens:

Pieplūdes gaisa entalpija:

$$h_s = h_t - \frac{((n \cdot q_0) - ((U \cdot F \cdot \Delta t) + W_{iztv})) \cdot 3600}{m \cdot n \cdot 0,01 \cdot l_p \cdot 1,2 \cdot 2} \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}. \quad (2.12.)$$

Pieplūdes gaisa mitruma saturs:

$$x_s = x_t - \frac{n \cdot w_0 \cdot 3600}{m \cdot n \cdot 0,01 \cdot l_p \cdot 1,2 \cdot 2} \frac{\text{g}}{\text{kg}}. \quad (2.13.)$$

Siltuma zudumi caur norobežojošām konstrukcijām var mainīties, jo tiek celtas jaunas novietnes un to celtniecībā izmantojamo materiālu siltuma vadīšanas īpašības mainās. Tai pat laikā tiek rekonstruētas vecās fermas, siltinātas, mainīti logi un durvis, griestu pārsegumi, kas samazina siltuma zudumus caur norobežojošām konstrukcijām. Ja mainās kāds no izejas parametriem – dzīvnieku svars, skaits novietnē, pēc citiem standartiem aprēķinātie siltuma un mitruma izdalījumi no dzīvniekiem vai konstrukciju virsmām, konstrukciju materiālu siltuma vadīšanas koeficients pēc iespējamās renovācijas, pēc citiem kritērijiem izvēlēti temperatūru intervāli, tad izstrādātā metodika arī būs pielietojama izmainot konkrēta parametra vērtību. Ja gada laikā mainās klimatoloģiskie dati par ārgaisa parametriem, tad arī to var pārrēķināt esošajā modelī, bet lietderīgi ņemt datus par ilgstošāku periodu. Aprēķinu gaita un rezultāti apkopoti 2.3.. tabulā.

Tālākā pētījumu gaitā izmantojot klimatoloģiskos datus par ārgaisa entalpiju pie dažādām temperatūru un relatīvā mitruma kombinācijām un atkārtotās biežumu τ , pēc nepieciešamās pieplūdes un nosūces gaisa entalpijas, pēc nepieciešamās gaisa apmaiņas novietnēs tika aprēķināts enerģijas patēriņš gaisa apstrādei katrai dzīvnieku grupai pie 3 dažādiem ventilācijas sistēmu darba režīmiem (kWh/a). Enerģijas patēriņš apkures sezonā G ar ārgaisa uzsildīšanu (I vent. sistēma) un ar ārgaisa uzsildīšanu un mitrināšanu (II vent. sistēma) katrai no ārgaisa kombinācijām tika noteikts pēc formulas:

$$G = \tau \cdot (h_s - h_0) \cdot L, \text{ kWh/a;} \quad (2.14.)$$

kur: τ – ārgaisa temperatūras un relatīvā mitruma kombinācijas biežums stundās/gadā.

Ventilācijas sistēmas nosūces gaisa siltuma utilizāciju ar reģeneratīvo siltummaiņu, otreizēju uzsildīšanu un mitrināšanu katrai no ārgaisa kombinācijām aprēķināju pēc formulas:

$$G = \tau \cdot h_s - [h_0 + 0,5 \cdot (h_E - h_0)] \cdot L, \text{ kWh/a;} \quad (2.15.)$$

kur koeficients 0.5 apzīmē siltummaiņa efektivitāti, pie kādas tika veikti visu novietņu aprēķini. Gada patēriņa aprēķina piemērs parādīts 2.4. tabulā.

2.4. tabula. Enerģijas patēriņa aprēķins III ventilācijas sistēmai.

Ieēnotas ir ārējais parametru kombinācijas, pie kurām h ir mazāks par 0 un nav enerģijas patēriņa sildīšanai.

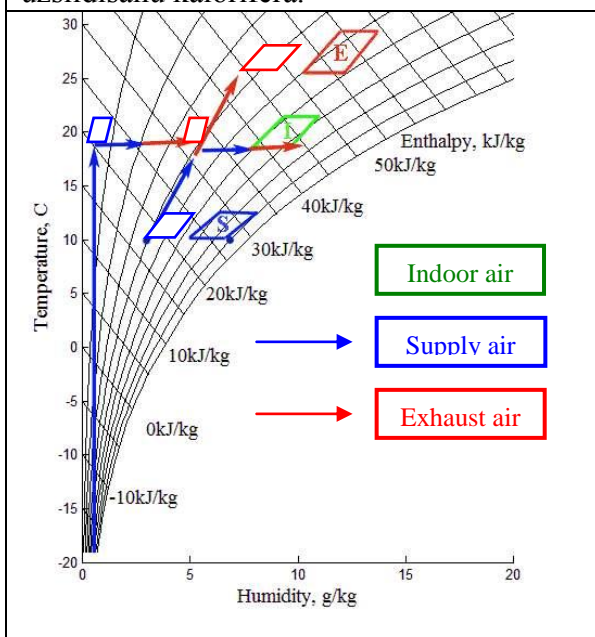
Temperature T °C	hE (kJ/kg)	Relative humidity, %								ΣG, kWh/a
		20 - 30%	30 - 40%	40 - 50%	50 - 60%	60 - 70%	70 - 80%	80 - 90%	90 - 100%	
20 - 25	55,52			-228,84						0,00
15 - 20	54,18		-560,43	-517,72	-739,46	-493,68	-420,16	-334,27	-353,06	0,00
10 - 15	52,85	-51,69	-1010,61	-1213,52	-1560,24	-2229,09	-2150,37	-2985,42	-3245,30	0,00
5 - 10	51,51		-372,29	-850,92	-1689,55	-2819,66	-4381,36	-9227,87	-12409,58	0,00
0 - 5	50,17	-41,92	-114,54	-389,27	-996,35	-2035,40	-6532,44	-8533,65	-16797,32	0,00
-5 - 0	48,84			88,26	147,79	294,00	475,16	110,16	-643,01	1 115,37
-10 - -5	47,50		15,92	264,77	662,79	1225,34	3487,06	5994,79	5311,44	16 962,11
-15 - -10	46,16			91,72	406,73	1339,21	2814,11	6457,66	3459,48	14 568,91
-20 - -15	44,83			64,50	192,90	1023,14	3686,03	4547,39	1630,84	11 144,80
-25 - -20	43,49			166,27	248,57	331,12	905,81	1149,53	900,61	3 701,91
-30 - -25	42,15					404,56	100,98	100,75		606,29
										48 099,39

3. Temperatūras un mitruma režīmu eksperimentālā pārbaude

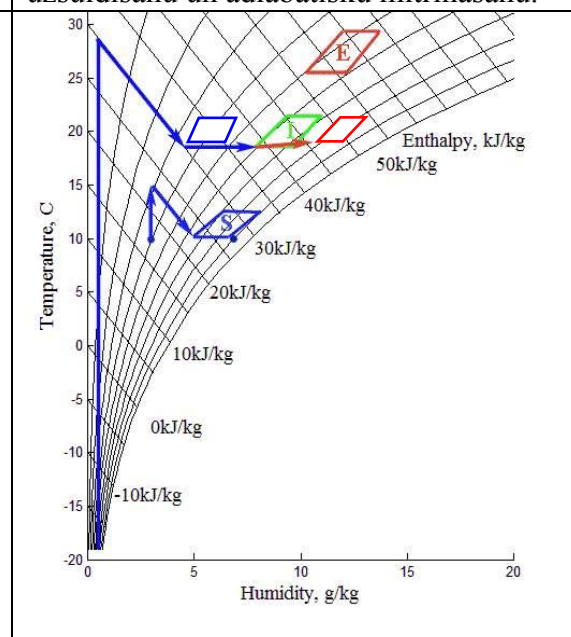
H-x diagrammā attēlotās un analizētās optimālās funkcionēšanas shēmas papildus analītiskajam aprakstam un konkrētam klimatoloģisko parametru punktam ļauj spriest par gaisa apstrādes iekārtas funkcionēšanu, kā arī sniedz nepieciešamos datus par tehniski ekonomisko salīdzināšanu.

Pēc h-x diagrammas un iegūtajiem aprēķinu rezultātiem tika analizētas ventilācijas sistēmu darbības shēmas un gaisa parametri cūku novietnēs. Attēlos 3.1. – 3.3. parādīti gaisa apstrādes procesi pie dažādām ārējais parametru kombinācijām, trīs dažādu ventilācijas iekārtu kombinācijām sīvēnmāšu fermā.

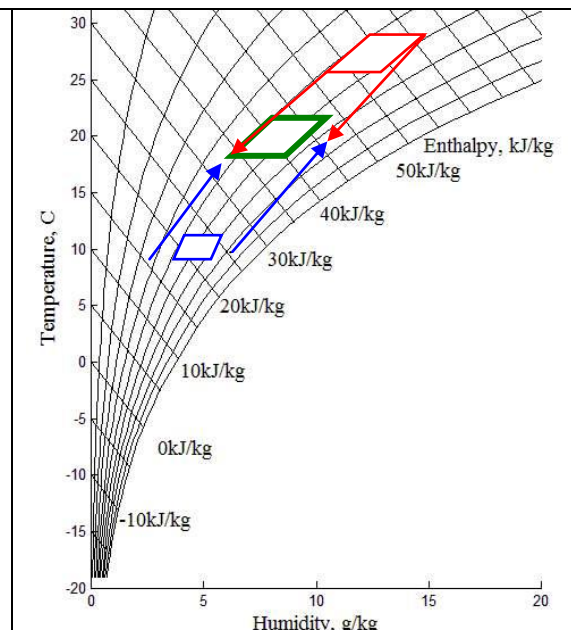
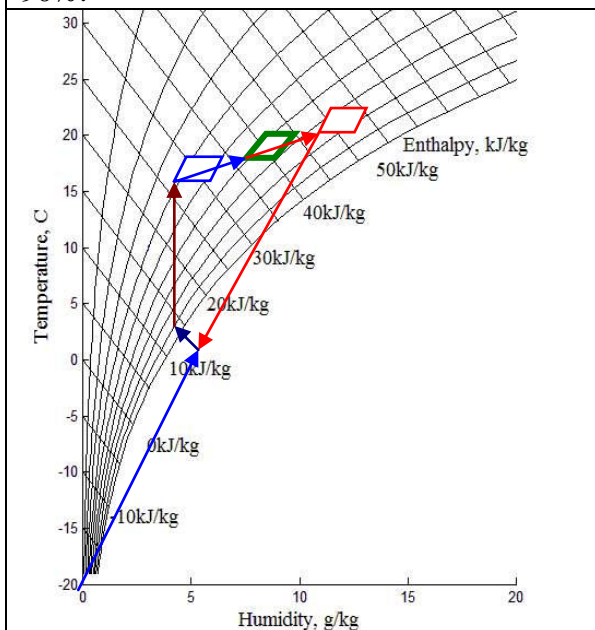
3.1. attēls. Ventilācijas sistēma ar ārējais uzsildīšanu kaloriferā.



3.2. attēls. Ventilācijas sistēma ar ārējais uzsildīšanu un adiabatisku mitrināšanu.



3.3. un 3.4. attēls. Ventilācijas sistēma ar reģeneratīvo siltummaini, ar gaisa sildītāju un mitrinātāju. Attēlā pa kreisi gaisa apstrādes process pie ārējais temperatūras -20°C . Attēlā pa labi gaisa apstrādes procesi pie 10°C , ja ārējais relatīvais mitrums ir 40% un 90%.



Dažādi ražotāji saviem siltummaiņiem tehniskajā dokumentācijā norāda siltummaiņa efektivitāti no 0,4 līdz 0,75 vai pat 0,9. Ņemot vērā to, ka no cūku novietnēm izplūst diezgan piesārņots gaiss, kā arī veidojas kondensāts uz siltummaiņa virsmām, kas ziemā pie nepareizas ekspluatācijas var sasalt (apledot), es savos aprēķinos izmantoju vidējās vērtības. Nepieciešamības gadījumā aprēķinu modeli šo vērtību var mainīt gan uz mazāku gan lielāku efektivitāti. Līdz ar to mainīsies iekārtas enerģijas gada patēriņš.

Ja ārējais gaisa parametrs atrodas Δx intervālā, t.i., kad ārējais mitruma saturs $x > x_s$ (g/kg), tad pieplūdes gaisa parametri tiek aprēķināti katrai ārējais parametru kombinācijai pēc ārējais un pieplūdes gaisa temperatūru vērtībām:

$$G = \tau \cdot (t_s - t_0) \cdot c_p \cdot L, \text{ kWh/a} \quad (3.1.)$$

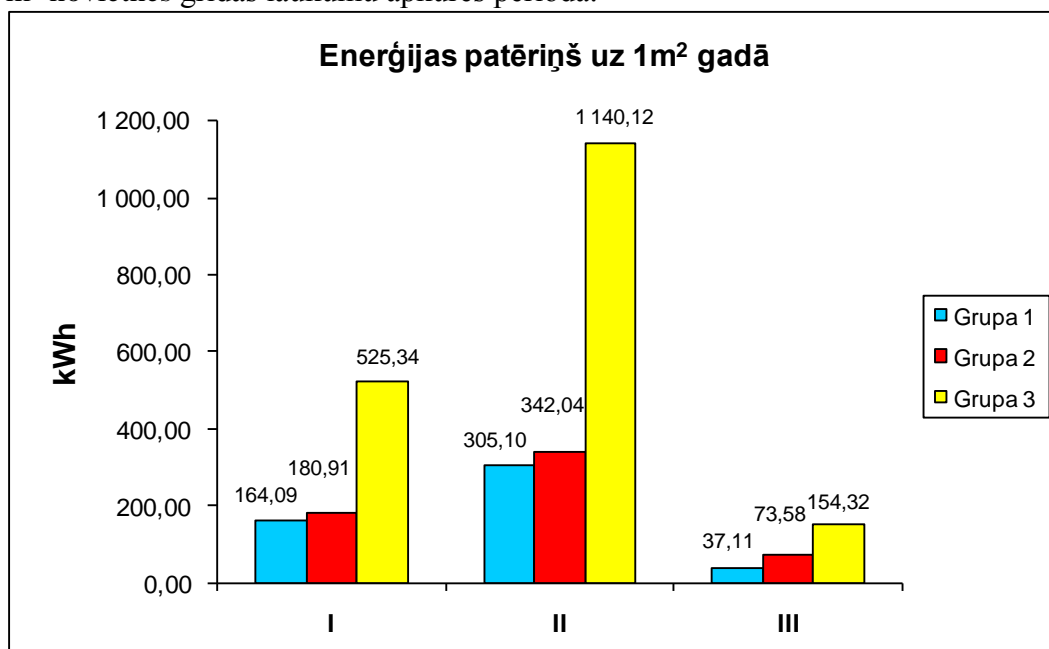
Triju ventilācijas sistēmu enerģijas patēriņu vērtības apkopotas 3.1. tabulā.

3.1. tabula. Ventilācijas sistēmu enerģijas patēriņu salīdzinājums.

n.p.k.	Grupa	I vent sistēma kWh	II vent sistēma kWh	III vent.sistēma kWh
1.	Mītne sivēnmātēm ar sivēniem	212415,67 53,7%	395415,12 100%	48099,39 12,16
2.	Mītne atšķirtajiem sivēniem	234454,23 52,9%	443282,34 100%	95365,91 21,5%
3.	Mītne nobarojamām un vaislas cūkām	680841,42 46,1%	1477592,3 100%	199995,74 13,5%

Rezultāti par enerģijas patēriņiem dažādu gaisa apstrādes iekārtu sistēmās katrā cūku kūtī uzskatāmi parādīti grafiski (3.4.att.).

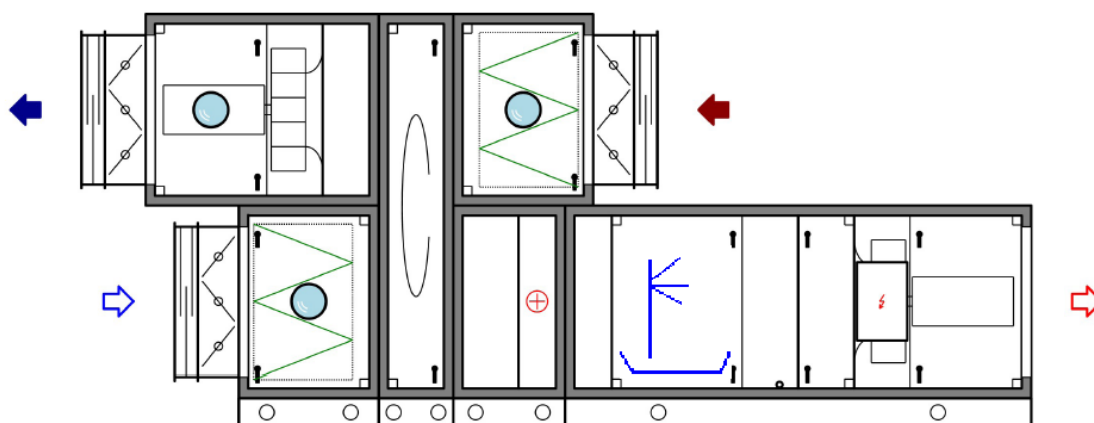
3.5. att. Enerģijas patēriņš gadā I, II un III ventilācijas sistēmai katrai cūku grupai uz 1 m² novietnes grīdas laukumu apkures periodā.



Gaisa apstrādes iekārtas tiek izgatavotas un komplektētas atbilstoši novietņu vajadzībām. Gaisa apstrādes iekārtas komplektāciju nosaka ventilējamo novietņu nepieciešamo pieplūdes gaisa parametru nodrošināšana. Gaisa apstrādes iekārtas enerģijas patēriņa aprēķinā jāņem vērā vēlami pieplūdes gaisa parametri, ārējais un

nosūces gaisa parametri; sildīšanas sekcijas, mitrinātāja sekcijas un ventilatoru nominālās jaudas, rotora efektivitātes dati un nominālā jauda, sekciju secība. Cūku fermu gaisa apstrādes iekārtu konfigurācija:

- siltuma utilizatori: plākšņu siltuma utilizatori, reģeneratīvie siltuma utilizatori; izmantotais enerģijas veids – elektrība;
- gaisa sildītāji: elektriskie vai ūdens sildīšanas kaloriferi; izmantotais enerģijas veids – elektrība;
- gaisa mitrinātāji: enerģijas avots – elektrība, ūdens;
- gaisa sorbtīvie sausinātāji;
- ventilatori: enerģijas avots – elektrība; enerģijas patēriņš ir atkarīgs no ventilatora raksturlīknes, pārvaramās pretestības, apgriezību skaita (3.6.att.).

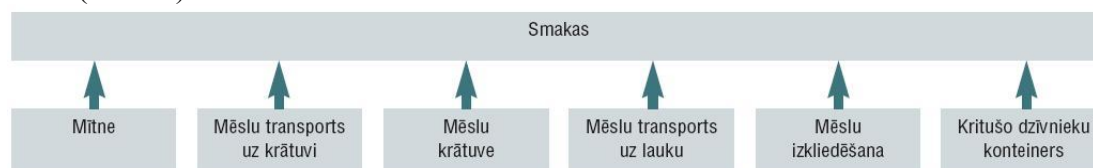


3.6. att. Cūku fermas iespējamā gaisa apstrādes iekārtas shēma.

4. Smaku izplatība un to ierobežošana

Lopkopības industrializācijas, kā arī demogrāfisko pārmaiņu rezultātā lauku teritorijās ir radušās smagas līdzāspastāvēšanas problēmas. Galvenie konfliktu cēloņi starp ražotājiem un viņu kaimiņiem ir vides piesārņošana un nepatīkama smaka, kas nāk no lopu kūtīm, mēslu krātuvēm un zemes mēslošanas. Vides aizsardzības un sociālie jautājumi ir vislielākā problēma, ar kuru pašlaik saskaras Latvijas lopkopības kompleksi. Rezultātā dažos Latvijas reģionos ir konflikti starp iedzīvotājiem un cūkkopības ražotņu īpašniekiem.

Galvenie smaku cēloņi fermās ir dzīvnieku lielā koncentrācija, ķermeņu izgarojumi un mēsli, jo ražošanas koncentrācija ir priekšnoteikums labu ekonomisko rādītāju sasniegšanai. Tikai lielos kompleksos iespējams racionāli pielietot modernas tehnoloģijas, mehanizāciju un automatizāciju. No cūkām fizioloģisko procesu rezultātā izdalās ogļskābā gāze, sviedri un specifiski izgarojumi caur ādu, kā arī mēsli (4.1.att.).



4.1.att. Smaku emisiju avoti cūku kompleksos.

Smakas caur ventilācijas sistēmu tiek izvestas atmosfērā. Nākošais posms, kur rodas smakas ir mēslu transports no mītnēm uz mēslu krātuvi un iztukšojot krātuves, mēslus izklīdinot uz lauka Cūku mītnēs smaku rašanos un izplatīšanos visvairāk ietekmē cūku turēšanas veids, mēslu izvākšanas tehnoloģija un ventilācijas sistēmu darbības rezultāts.

Ventilācijas sistēmu nosūces gaisa smaku emisiju samazināšanas metodes: ķīmiskās metodes, bioloģiskās attīrīšanas metodes, kombinētās attīrīšanas metodes, gaisa attīrīšana ar aktīvo skābekli, mehāniskās metodes, pārstrāde biogāzē. Gaisa attīrīšanas iekārtu izmaksas ir augstas, kas liek izsvērt attiecību starp ražošanas izdevumu paaugstināšanu, smaku samazināšanas raksturlielumu un vides ieguvumu.

5. Biogāzes ražošanas priekšrocības vides saglabāšanā un ekonomikā

Biogāzi var izmantot siltuma un elektroenerģijas ražošanai. Ražojot siltumu, biogāzi sadedzina, līdzīgi kā dabas gāzi, katlu kurtuvēs, izmantojot īpaši pielāgotus, parasti zemspiediena vai difūzijas degļus. Rodas salīdzinoši mazāk kaitīgo izmešu, labi aprīkotam katlam slāpekļa oksīdi ir ap 35–50 mg/MJ, kas ir apmēram puse no tā, kas rodas, sadedzinot šķidro kurināmo. Ja biogāzi lieto sadedzināšanai katla kurtuvē, tai nav nepieciešama cita attīrīšana, bet tikai kondensāta novadīšana. Gadījumos, kad gāzē ir augsts sērūdeņraža saturs, to nepieciešams attīrīt.

Biogāzi visplašāk izmanto koģenerācijas iekārtās, kas reizē ražo elektroenerģiju un siltumu. Sadalījums starp siltumu un elektroenerģiju vidēji ir 35–41% elektrības un 59–65% siltuma, un no tā kopējie zudumi nepārsniedz 10%. Kaitīgo izmešu no iekšdedzes dzinējiem gan ir vairāk nekā no katliem, bet mazāk kā lietojot šķidro degvielu. Pirms sadedzināšanas biogāze jāsausina, un parasti nepieciešama arī iekārta sērūdeņraža atdalīšanai.

Biogāzes ražošanā galvenais ir tas, ka tā ir vidi saudzējoša, efektīva atkritumu pārstrādes tehnoloģija. Tomēr pēdējā laikā straujais energoresursu cenu kāpums ir padarījis biogāzi par vienu no visperspektīvākajiem energoresursiem, arī raugoties tikai no enerģētiskā viedokļa. Biogāzes ieguves tehnoloģija vai biomasas anaerobā pārstrāde dod šādus ekonomiskos efektus:

- 1) enerģijas resursu ekonomiju;
- 2) kvalitatīvāku mēslojuma izmantošanas efektu – ražas paaugstināšanu, jo, ražojot biogāzi, tiek iegūts arī augsti kvalitatīvs mēslojums (kvalitatīvāks nekā nepārraudzēts organiskais mēslojums);
- 3) samazinātu cilvēku un dzīvnieku saslimstību, jo anaerobās fermentācijas procesā aiziet bojā patogēnie mikroorganismi un helminti;
- 4) herbicīdu un pesticīdu ekonomiju (piemēram, pārraudzētajos organiskajos mēslos nezāļu sēklas zaudē dīgtspēju);
- 5) samazinātu zaudējumus no dabas piesārņošanas;
- 6) autonomu energoapgādi (drošuma un neatkarības efekts);

Slēdzieni

1. Izvēloties atbilstošas ventilācijas sistēmu shēmas un režīmus, dominējošais nosacījums ir dzīvnieku labturības (zootehniskās) normas. Minimālo pieļaujamo parametru zonā ir nepieciešams nodrošināt ierobežotu shēmu un režīmu „izvēles brīvību”, lai noteiktu enerģijas patēriņa optimuma un produkcijas zudumu minimuma robežas. Tas attiecas uz mikroklimate parametru pieļaujamo noviržu regulēšanas precizitāti.
2. Nodrošinot ventilācijas minimumu caur ventilatoriem, un papildinot sistēmu ar siltuma utilizācijas iekārtām, lielu daļu siltumenerģijas, un līdz ar to arī elektrības, var ietaupīt. Pievērsties ventilācijas iekārtu shēmu izvēlei, nepieciešama jaunāko tehnisko risinājumu attīstības tendenču izpēte turpmākiem 10 – 15 gadiem. Jāņem vērā arī automātiskās regulēšanas iekārtu ekspluatācijas īpatnības.
3. Lauksaimniecības ražotņu siltumapgādes procesu lietderība tiek vērtēta ekonomiskās kategorijās, kur galvenā nozīme ir neenerģētiskiem faktoriem: datrbaspēka ietaupījumi, produkcijas kvalitātes un kvantitātes pieaugums.
4. Atsevišķu siltumapgādes procesu efekts nav nosakāms, jo neenerģētiskais efekts ir daudz augstāks, piemēram, jaundzimušo dzīvnieku mītņu apsilde, kas būtiski ļauj saglabāt dzimušo sivēnu skaitu un nodrošina to dzīvsvara pieaugumu. Pēc pētījumu rezultātiem optimāla mikroklimate nodrošināšana samazina dzīvnieku saslimšanu un krišanu, paaugstina produktivitāti par 10 – 30%, vienlaicīgi samazinot barības patēriņu par 15 – 25% uz iegūtās produkcijas vienību.
5. Izstrādāta metodika enerģijas patēriņu optimizācijai izmantojot klimatoloģiskos datus par dažādu ārgaisa entalpijas, temperatūras un relatīvā mitruma kombināciju atkārtosānās biežumu un enerģijas patēriņiem dažādās kombinētās gaisa apstrādes iekārtās. Pēc izveidotās jaunās metodikas salīdzināti enerģijas patēriņi apkures sezonai dažādām gaisa apstrādes iekārtu darbības shēmām. Pielietojot šo metodiku tipveida projekta cūku fermai enerģijas patēriņi dažādu komplektāciju ventilācijas sistēmās, tika samazināti par 30% un 84%;
6. Pareizi projektēta un nokomplektēta ventilācijas sistēma maksimāli paaugstina cūku labturību, bet samazina enerģijas ieguldījumu un cenu. Pēc gaisa apstrādes iekārtu darbības shēmu enerģijas patēriņiem, ņemot vērā ārgaisa parametru stāvokļus, aprēķināti un grafiski attēloti h-x diagrammā gaisa apstrādes procesi un tam nepieciešamais enerģijas patēriņš apkures sezonai. Grafiskā gaisa apstrādes procesu attēlošana sniedz kvalitatīvu priekšstatu par sistēmas funkcionēšanu
7. Izstrādātā metodika var tikt pielietota:
 - gaisa apstrādes sistēmu salīdzināšanai ar dažādu konfigurāciju un energoefektivitāti, kas izteikta ar enerģijas patēriņu apkures sezonā;
 - nosakot sistēmas darbības ilgumu pēc klimatoloģisko datu kombināciju atkārtosānās biežuma, izvēlēties optimālu gaisa apstrādes iekārtu ar optimālu dažādo komponentu jaudu pirms projekta realizācijas;
 - salīdzināt gaisa apstrādes iekārtu dažādu kombināciju efektivitāti projektēšanas stadijā;
8. Biogāzes ražošanas procesā anaerobā kūtsmēsļu raudzēšana samazina smaku emisiju un patogēno mikroorganismu saturu kūtsmēslos. Biogāzes ražošanā papildus var izmantot organiskos atkritumus, kas palielina biogāzes iznākumu

- un padara ražotni rentablāku. Smaku emisiju novēršana vai samazināšana, lai sasniegtu normatīvos noteiktās vides aizsardzības prasības;
9. Ne Latvijā ne ES netiek pietiekoši ražota siltuma un elektrības iegūšanai izmantojamā biogāze no lauksaimniecības un lopkopības atkritumproduktiem. Parastos apstākļos, uzglabājot un lietojot dzīvnieku kūtsmēslus, izdalīsies ievērojams daudzums metāna; savācot biogāzi ar gāzes iekārtām, kopējās metāna emisijas lauksaimniecībā samazināsies.
 10. Sadedzinot metānu, notiek siltumnīcefektam pretēja iedarbība, jo ogļskābā gāze ir daudz nekaitīgāka par metānu, bet biogāzes oksidācijā iegūtā enerģija aizvieto fosilās enerģijas avotus. Biogāzes ražošana no kūtsmēsliem dod ne tikai lētu enerģiju, bet arī būtiski samazina no ventilācijas iekārtām aizplūstošo kaitīgo gāzu izdalīšanos apkārtējā vidē.

Publikācijas

1. Turlajs D., Rusovs D., Birulis A., Ramata A. Present Situations and Trends in Small Scale Combined Heat and Power (SSCHP) Generation in Latvia// Proc. 18th National ISHMT-ASME and 7th Heat and Mass Transfer Conference. - IIT, Guwahati, (India), 4 – 6. 01. 2006. - p.1805-1812.
2. А. Креслиньш, А. Рамата. Мероприятия по экономии энергии в вентиляционных системах животноводческих ферм // Научно-практическая конференция Энергоэффективность – 2007, 15-17 октября 2007 г. Киев, Украина. (Referēts)
3. Turlajs D., Melko A., Rusovs D., Jaundalders S., Ramata A. Situation and Tendencies in Small Scale Combined Heat and Power (SSCHP) Generation in Latvia// 4th European Congress on Economics and Management of Energy in Industry. - Porto, (Portugal), 27-30. 11. 2007.- 5 p. On CD-ROM. (Referēts)
4. Kreslins A., Ramata A.. Measures of Energy Economy in Livestock Housing.// 5th European Conference „Economics and Management of Energy in Industry”. - Vilamoura, (Portugal), 14-17. 04. 2009.- 6 p. On CD ROM. (Referēts)
5. Kreslins A., Ramata A.. Energy Efficient Ventilating Systems in piggeries.// 6th Annual Conference of Young Scientists on Energy Issues. - Kaunas Lithuania, 28-29. 05. 2009.- 8 p. On CD-ROM. (Referēts)
6. Kreslins A., Ramata A. Energy Economy in Ventilating Systems of Livestock Housing// Proc. 10th REHVA World Congress „Sustainable Energy Use in Buildings – Clima 2010”. - Antalya, (Turkey), 9-12. 05. 2010.- 7 p. On CD ROM. (Referēts)