

VAKOLAN TIEDOTE 21/73

L. Räisänen, J. Karhunen

Eläinsuojien koneellinen ilmanvaihto



Eläinsuojien koneellinen ilmanvaihto

Erikoistuminen ja tuotantoyksiköiden suureneminen lisäävät kotieläintuotannon harjoittajan mielenkiintoa tuotoksen määrän ja laadun kohottamiseen. Samalla tuottaja pystyy tiedon lisääntyessä yhä paremmin erittelemään ne tekijät, joilla on vaikutusta eläinten tuotoksiin.

Eläinsuojan on tarjottava eläimille mahdollisimman edulliset ympäristöolot. Eläinten hyvinvointi ja siihen kytkeytyen terveys ja tuotos ovat läheisessä yhteydessä eläinsuojan ilmaston johon ilman lämpötilan, kosteuden ja kemiallisen koostumuksen lisäksi vaikuttavat monet muut yksittäiset tekijät, kuten ilman liike, eläinsuojan rakenne ja lämmön eristys, ruokinta- ja lannapoistomenetelmät, valaistus, vesien käyttö jne. Suotuisa eläinsuojan ilmasto vaikuttaa myös siellä työskentelevien ihmisten työoloihin ja rajoittaa kosteuden ym. tekijöiden myös eläinsuojalle aiheuttamia haittoja ja vaurioita.

Eläinsuojan lämpötila

Eläinsuojan ilmasto on jatkuvien muutosten alainen. Ulkoilman lämpötila saattaa muuttua hyvinkin lyhyin aikaväleihin. Eläinsuojassa olevien eläinten lukumäärä, paino ja ikä voivat vaihdella tuntuvasti. Eläimet luovuttavat lämpöä öisin eri tavoin kuin päivällä. Esim. sikojen ja kanojen tuottama lämpö on yöllä vain n. 1/3 siitä,

mitä se on päivällä. Muutoksia esiintyy myös siitä riippuen, syökö eläin vai ei ja liikkuuko, seisooko vai makaa ko eläin. Jotta voidaan ymmärtää eläinsuojan ilmaston ja eläinten hyvinvoinnin välinen vuorovaikutus, on tiedettävä, miten eläinsuojan ilmastotekijät vaikuttavat eläinten elämistään ja päinvastoin.

Eläinten eläinsuojaa lämmittävä vaikutus perustuu nii-

den pinnasta säteilemällä ja johtamalla poistuvaan ns. vapaaseen lämpöön. Sen lisäksi eläinten ulosteiden bakteeritoiminta tuottaa lämpöä. Sitä vastoin eläinten ihohuokosten ja hengityselinten kautta luovuttamalla vesihöyryyn sitoutuneella lämmöllä ei ole välitöntä eläinsuojaa lämmittävää vaikutusta. Lämpöä vapautuu vasta silloin, kun vesihöyry tiivistyy eläinsuojan rakenteeseen. Miten eläin luovuttaa lämpöä, riippuu eläinsuojan lämpötilasta: mitä suurempi eläinsuojan lämpötila on, sitä suurempi on vesihöyryyn sitoutuneen lämmön osuus suhteessa vapaaseen lämpöön (piirros 1).

Vastasyntyneiden eläinten kokonaislämmön tuotto on melko pieni. Vuonien ja vasikoiden lämmön tuotos suurenee tosin melko nopeasti, mutta porsaiden tuntuvasti hitaammin. Lämmön tuotos riippuu ruokinnan runsaudesta. Se on suurin korkeatuottoisilla lypsylehmillä.

Kriittinen lämpötila

Sitä eläinsuojan lämpötilaa, jonka alapuolella eläimen on lisättävä lämmön tuotostaan pitääkseen ruumiin lämpönsä vakiona, nimitetään kriittiseksi lämpötilaksi. Tätä kylmemässä ympäristössä eläin käyttää osan syömistään rehusta normaalin ruumiinlämpönsä ylläpitämiseen eikä tuotoksensa tai elopainonsa lisäämiseen. Lämpötilan ollessa kriittistä lämpötilaa korkeampi eläin tuottaa enemmän lämpöä kuin se ruumiinlämpönsä ylläpitämiseksi tarvitsee. Eläimen kriittiseen lämpötilaan vaikuttavat ennen kaikkea eläimen lämmön tuotos ja lämmönjohtokyky. Koska nuorten eläinten lämmön tuotos on pieni ja niiden lämmön johtokyky ensimmäisinä elonpäivinä hyvin suuri, ne vaativat runsaasti lämpöä. Taulukossa 1 on esitetty eri eläinten kriittisen lämpötilan arvoja.

Eläinten kriittinen lämpötila on ns. lämpöneutraalin vyöhykkeen alaraja. Tämän vyöhykkeen yläraja on se lämpötila, missä eläinten ruumiinlämpö ei liiallisesta kuumuudesta johtuen pysy enää vakiona. Tällöin eläin pienentää rehunkulutustaan ja kasvu ym.

Taulukko 1. Kotieläinten kriittisen lämpötilan arvoja.

Kriittinen lämpötila °C

Täysi-ikäinen lehmä	....	+ 2
Nuori vasikka	.....	+10
Porsiva emakko	.....	+10
Vastasyntynyt porsas	..	+25
Lihasila	.....	13...18
Täysi-ikäinen kana	....	+ 7
Broileri, ikä 3...7 viikkoa		+20

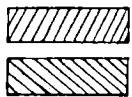
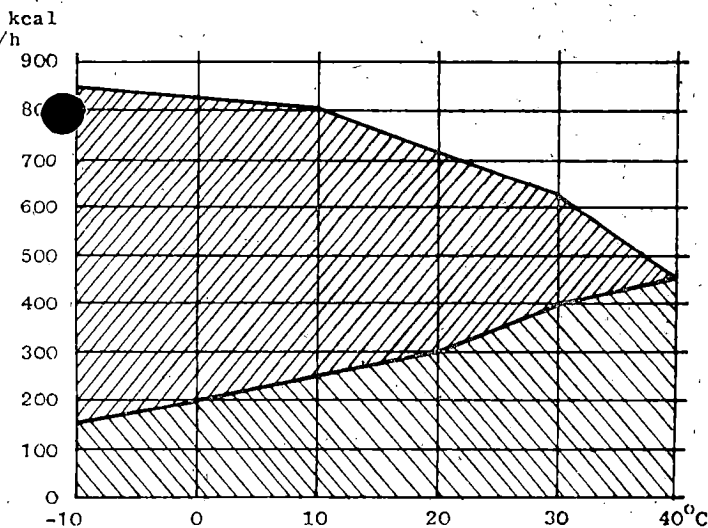
tuotos alenevat. Eläinsuojassa, jonka ilman kosteus on 70 %, sen lämpötilan yläraja, missä eläimet voivat olla vielä pitkään aikaa, vaihtelee eri tutkimusten mukaan sikojen kohdalla n. 27...30°C, nautojen n. 25...30°C ja lampaiden n. 30°C.

Eläinten käyttäytymistavat poikkeavat lämpötilan vaihteluista johtuen. Kylmissä tiloissa eläimet seisovat enemmän kuin lämpimissä ja maattaessaan kokoontuvat tiiviisti yhteen lämmittäen toisiaan. Eläinsuojan paikallisilla ilmastovyöhykkeillä on merkitystä eläinten lämmön säätöön. Liian lämpimässä eläimet etsivät paikkoja, missä ilman liike on suurin ja välttävät toistensa läheisyyttä ja kylmässä karttavat seinän vierustoja ja kylmää alustaa.

Eläinsuojan lämpötilan vaikutus eläinten tuotokseen

Lämpötilalla on suuri merkitys eläinten tuotokseen. Kylmähäkiössä ympäristöoloissa rehun kulutus suurenee ja peittää yleensä lämmön tarpeen eikä vaikuta sanottavasti tuotokseen, joskin tuotos rehuhyökköä kohden pienenee. Liian lämpimässä ympäristössä eläin voi luovuttamansa lämmön pienentämiseksi joutua vähentämään rehunkulutustaan siinä määrin, että se johtaa tuotoksen pieneneeseen. Yleisesti voidaan todeta, että lämpötilan nousu vaikuttaa helpemmin tuotokseen kuin lämpötilan aleneminen.

Taulukossa 2 esitetyillä eläinsuojan optimilämpötiloilla, joissa eläinten tuotos, rehunkulutus ja terveys ovat edullisimmassa suhteessa, on suuri merkitys ilmanvaihdon suunnitteluun. Eri tutkimusten tulokset poikkeavat kuitenkin



vapaalämpö
vesihöyr. sid. lämpö

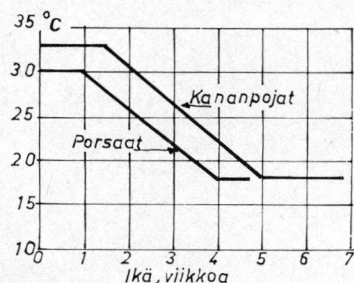
Piirros 1. Lehmän luovuttaman vesihöyryyn sitoutuneen ja vapaan lämmön riippuvuus lämpötilasta.

jonkin verran toisistaan.

Taulukko 2. Eläinten optimilämpötila-arvoja

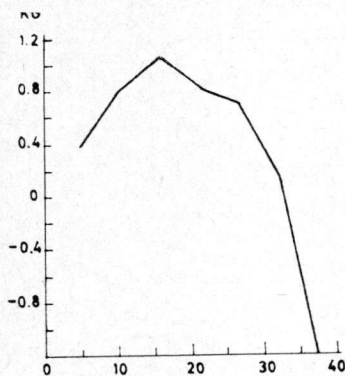
	Optimilämpötila °C
Lehmä	10...15
Hieho	12...15
Vasikka	15...22
Emakko	10...15
Pikkuporsas	22...30
Porsas	18...22
Lihotussika	13...18
Kana	12...15
Broileri	18...33

Nuoret eläimet ovat ympäristön lämpötilan suhteen melko vaateliaita. Lämpötilan ollessa korkea, 30...35°, esim. vastasyntynyt porsas saavuttaa normaalin ruumiin lämpönsä 1-2 vuorokauden kuluttua ja alhaisessa lämpötilassa vasta 8...10 vuorokauden perästä. Porsaiden ja kananpoikien oleskelupaikan optimilämpötilat eri ikäkausina käyvät ilmi piirroksista. Lämpötila on pidettävä piirroksen esittämässä rajoissa paikallislämmityksen avulla. Kaikilla eläimillä optimilämpötilaa korkeampi lämpötila aiheuttaa lämmön pautoutumista ja ruokahaluttomuutta, jolloin tuotos pienenee ja nesteen kulutus lisääntyy.



Piirros 2. Porsaiden ja kananpoikien optimilämpötilat eri ikäkausina.

Päivittäinen lisäkasvu



Lämpötila

Piirros 3. Sikojen painon lisäys vuorokaudessa ja keskimääräinen rehunkulutus rehuyksikköä 1 kg lisäpainoa kohden eri lämpötiloissa. 75...115 kg painoisilla sioilla. Katkoviivalla merkitty tarkoittaa päivittäistä rehunkulutusta rehuyksikköinä.

Eläinsuojan lämpötila on sovitettava eläinlajin, rodun, iän ja käyttötarkoituksen mukaan. Piirroksessa 3 on esitetty eri kokoisten sikojen painon lisäys ja rehunkulutus lämpötilan vaihdellessa 40...80 kg painoisten sikojen painon lisäys on edullisin lämpötilan ollessa n. 20°C ja vastaavasti 80...100 kg painoisten n. 15°C lämpötilassa.

Samoin kuin sioilla myös muilla kotieläimillä on vuorovaikutus tuotoksen ja eläinsuojan lämpötilan välillä. Lihakanojen ruokintakokeissa lämpötilan ollessa 13°C 1 kg painon lisäykseen kului rehua 2,73 kg ja vastaavasti lämpötilan ollessa 24°C 2,5 kg. Taulukosta 3 käy ilmi lypsylehmien maidon tuotoksen suhteelliset arvot eri lämpötiloissa. Lehmien maidon tuotosta ±10°C vaihtelut optimilämpötilasta ovat pienentäneet n. 9%, kun taas +30°C lämpötilassa tuotos on pienentynyt jo n. 33%.

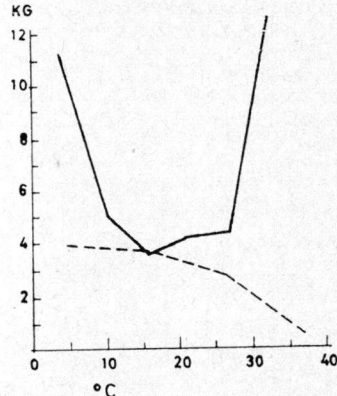
Taulukko 3. Maidon tuotoksen riippuvuus eläinsuojan lämpötilasta.

Lämpötila °C	Tuotoksen suhteelliset arvot (+10°C=100)
-15	76
-10	81
-5	86
± 0	91
+5	95
+10	100
+15	95
+20	91
+25	83
+30	67
+35	44

Eläinsuojan ilman kosteus ja haitalliset kaasut

Eläinten hengittäessään luovuttama vesihöyry ja ihon kautta tapahtuva haihtuminen aiheuttavat sen, että eläinsuojan ilman vesihöyryn määrä

Rehunkulutus



Taulukko 4. Eläinten luovuttamat vesihöyryn ja hiilidioksidin määrät.

Eläinlaji ja koko	Vesihöyryä g/h			Hiilidioks. (CO ₂) l/h
	10°C	15°C	20°C	
Lehmät, 500 kg	285	390	535	190
Hiehot, 12-24 kk	120	165	230	100
Hiehot, 6-12 kk	80	110	150	75
Vasikat	40	55	75	45
Hevoset	285	390	535	190
Vuohet	40	55	75	—
Lihasiat (50 kg)	50	65	85	17
Kanat	5,7	6,2	6,7	3
Broilerit		0,9	1,9	0,7
Emakot	120	165	230	35

(absoluuttinen kosteus, g/m³) on aina suurempi kuin ulkoilman. Koska eläinsuojan lämpötila on yleensä ulkoilman lämpötilaa suurempi, eläinsuojan suhteellinen kosteus (%) saattaa olla pienempikin kuin ulkoilman, koska lämmin ilma pystyy sitomaan vesihöyryä runsaammin kuin kylmä ilma. Vesihöyryn muodostumista lisäävät myös eläinten ulosteet, pesu- ja huuhteluvedet ja vesipitoiset rehut. Taulukossa 4 on esitetty eri eläinten luovuttamat vesihöyryn määrät. Jos eläinsuojan ilmanvaihto ei ole riittävä, vesihöyryä tiivistyy seiniin ja muihin pintoihin, joiden lämpötila on ympäröivää sisäilman lämpötilaa pienempi. Mitä huonompi lämpöeristys on, sitä enemmän seinät ja muut pinnat kostuvat. Eläimiin ilman kosteus vaikuttaa yleensä haitallisimmin lämpötilan ollessa yli 25°C.

Eläinsuojan suhteellisen kosteuden ylärajaksi suositellaan n. 80...85%. Tätä pienempien kosteuspitoisuuksien saavuttaminen ei eläinsuojassa ilman lisälämmitystä ole useinkaan mahdollista. Sitä, mitkä ovat eläinten kannalta edullisimmat ilman kosteuspitoisuudet, ei vielä kaikin osin riittävästi tunneta. Suositellut suhteellisen kosteuden arvot vaihtelevat yleensä seuraavasti: lehmät, siat ja munivat kanat 60...85% ja lihakanat 50...70%.

Paitsi lämpöä ja vesihöyryä, eläimet luovuttavat hengittäessään myös hiilidioksidia. Tämän lisäksi ulosteista muodostuu ammoniakkia, rikkivetyä ja metaania. Liian suurin määrin esiintyessään nämä kaasut aiheuttavat eläimille terveydellisiä haittoja.

Eläinten vuorokaudessa luovuttama hiilidioksidin (CO₂) määrä käy ilmi taulukosta 4. Ilman CO₂-pitoisuuksien vaikutusta eri eläinten terveyteen ja tuottoon ei ole vielä riittävästi selvitetty. Eri tutkijoiden mukaan CO₂-pitoisuus eläinsuojan ilmassa ei saisi olla yli 0,22%.

Ammoniakki (NH₃) ja rikki-

vety (H₂S) aiheuttavat silmien ja hengityselinten limakalvojen ärsytystä ja tulehdusta. Rikkivety kiihottaa lisäksi keskushermostoa. Pienille eläimille, kuten porsaille, 0,1% ammoniakkipitoisuus aiheuttaa tuntuva pahoinvointi ja 0,6% johtaa kuolettavaan keuhkotulehdukseen. Ammoniakkipitoisuuden eläinsuojassa pitäisi olla pienempi kuin 0,01%.

Rikkivetyä muodostuu yleensä runsaimmin, kun eläinten ulosteet jäävät pitkähköksi ajaksi eläinsuojan ilman kanssa kosketukseen. Eläinten terveyttä vahingoittavana H₂S-pitoisuuden alarajana eräät tutkijat pitävät n. 0,002...0,003%. Rikkivety on pahin ilman saastuttaja lietalannan käsittelyssä. Lietalannan käsittelymenetelmästä ja ilmanvaihdon järjestelystä riippuu missä määrin H₂S esiintyy. Mikäli lietalannan poisajon yhteydessä rikkivetyä pääsee eläinsuojaan huonosta ilmanvaihdosta johtuen, on ainakin tiineet eläimet syytä poistaa eläinsuojasta lanta- ja keuhkojen tyhjentämisen aikana keskenpoikimisen estämiseksi.

Koska eläinsuojan ilman vesihöyryn ja haitallisten kaasujen pitoisuudet vaihtelevat samansuuntaisesti, eri tekijöiden vaikutusta eläinten terveyteen ja tuotokseen on vaikea erottaa toisistaan ilman kosteutta pidetäänkin usein sopivana lähtöarvona eläinsuojan ilmanvaihdon laskemisessa, koska ne ilmamäärät, jotka ovat niin suuria, että eläinsuojan ilman kosteus pysyy optimaalueella, ovat yleensä riittäviä poistamaan myös haitallisia kaasuja siinä määrin, ettei sallittuja raja-arvoja ylitetä. Lietalantajärjestelmää käytettäessä ilmanvaihdon suunnittelussa on otettava huomioon haitallisten kaasujen poistamiseen tarvittavat erityiset toimenpiteet.

Ilman liike

Ilma on johdettava eläinsuojaan niin, että ilman virtausnopeus suojan eri osissa on

mahdollisimman tasainen eikä itse eläinten oleskeluvyöhykkeessä ylitä tiettyjä raja-arvoja. Erityisesti kanat ja pikkuporsaat ovat vedolle arkoja. Mitä suurempi ulko- ja sisälämpötilojen ero on, sitä voimakkaammin pienikin ilman liike tuntuu vetona. Ulkoilman lämpötilan ollessa alhainen ilman nopeus eläinvyöhykkeessä ei yleensä saisi olla suurempi kuin 0,2 m/s. Lämpiminä vuodenaikoina ilman virtausnopeus voi eläinvyöhykkeessä olla jopa yli 0,5 m/s, jolloin myös eläinten välittömään ympäristöönsä luovuttaman liiallisen lämmön patoutumat poistuvat, ja eläinten lämmön luovutus säilyy tasapainossa. Ilmanvaihdon suunnittelussa on erityisesti kiinnitettävä huomio, paitsi tuloilman nopeuteen, myös sen suuntaukseen niin, että virtausnopeus olisi tasainen koko eläinvyöhykkeessä.

Rakennukset ja eläinsuojan ilmasto

Eläinsuoja antaa eläimille täyden suojan tuulta ja sateita vastaan, kun taas eläinsuojan lämpötilaan ja ilman kosteuteen itse rakennus vaikuttaa vain rajoitetusti.

Rakennusaineet vaikuttavat eläinsuojan lämpötilaa tasavasti niin, että raskaat rakennusaineet ulkolämpötilan alentuessa jäähtyvät ja vastaavasti nouseessa lämpiävät hitaammin kuin kevyet. Eläinsuojaa ympäröivien seinä- ja laipiorakenteiden osuus eläintä kohden on nykyisten leveiden rakennusten ja pinta-alaa kohden melko suurten eläinmäärien vuoksi suhteellisesti pienentynyt. Hyvällä lämmön eristykellä, joka nykyisin on toteutavissa myös kevyehköjä rakenteita käyttäen, on kuitenkin myös nykyisiä ilmastoinnin mahdollisuuksia hyväksi käyttäen, suuri merkitys. Leveähköt eläinsuojat ovat lämpötilouden kannalta edullisempia kuin kapeat. Raitis ilma voidaan johtaa sisään edullisimmin, kun eläinsuojan korkeus on määräsuhteessa leveyteen. Korkeutta määrättäessä on otettava huomioon myös eläinten määrä pinta-alaa kohden. Eläinsuojan, jonka leveys on alle 8 m, vähimmäiskorkeuden on yleensä oltava n. 2,40 m ja vastaavasti yli 8 m n. 2,80 m. Hyvin leveiden, esim. yli 16 m, eläinsuojien ilmanvaihto muodostuu laitteisto- ja käyttökustannuksiltaan melko kalliiksi ja se voi eräissä rakennustyypeissä olla monesti hankala toteuttaa, joskin se voidaan teknisesti ratkaista.

Jos eläinsuojan ilman kosteus on yli 80..85 %, se vaikuttaa kasteveden muodostumi-

seen rakenneosissa, ellei niitä ole riittävästi eristetty (jos niiden lämpötila laskee alle kastepisteen). Kasteveden tunkeutuessa seiniin ja laipioihin, tai muodostuessa niiden sisässä, niiden eristyskyky muiden häirtävaikutusten ohella pienenee. Esim. tiiliseinän kosteuden lisääntyessä vain 1 tilavuus-%:n sen lämmönjohtokyky suurenee tiilien ominaispaineesta riippuen 8..30 %.

Eläinsuojan tilavuus on määrättävä ennalta arvioidun eläinmäärän mukaan. Tarpeettoman suuren lämmön eristykseen rajoittamiseksi suositellaan eri eläinsuojissa eläinten elopainon 100 kg kohden mm. seuraavia keskimääräisiä tilavuuksia lehmät 4 m³, lihasiat 5 m³ ja emakot 8 m³.

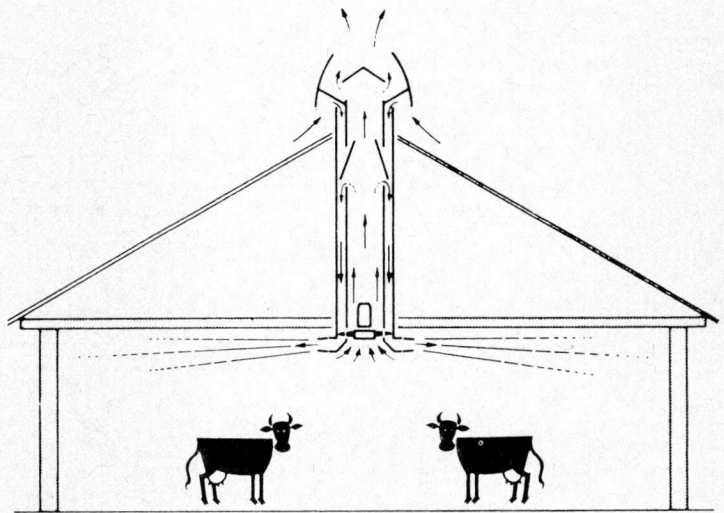
Eläinsuojan lämmön eristystä on kohtuutonta mitoitaa niin tehokkaaksi, että lämpötila kylmimpinäkin talvivuorokausina säilyisi optimaalueella. Kylminä kausina lämpötila voi muutamien päivien aikana laskea ilman sanottavaa tuotoksen pienemistä tuntuvastiinkin alle optimilämpötilan (vrt. taulukko 3) Toisaalta ilmanvaihtoa pienentämällä voidaan tilapäisesti ylittää myös ilman kosteuden yläraja.

Ilmanvaihtolaitteistot

Eläinsuojan ilmanvaihto voi tapahtua ilman luonnollisen kiertokulun tai puhaltimien avulla. Puhaltimet voidaan sijoittaa tuloilman puolelle, jolloin eläinsuojassa vallitsee ylipaine tai poistupuolelle, jolloin eläinsuojassa vallitsee alipaine tahi tulo- ja poistoilman puolelle, kuten on laita ns. tasapainoilmanvaihdossa. Luonnollisen, eri lämpötiloissa olevien ilmassojen painoeroihin perustuvan ilmanvaihdon pahimpana häirtana on se, että se toimii huonoimmin lämpimällä säällä, jolloin ilmanvaihdon tarve on suurin, kun taas talvella, jolloin vaihtuvan ilman määrä on pakko rajoittaa lämpötilouden kannalta mahdollisimman pieneksi, ilma vaihtuu tehokkaimmin.

Ilmanvaihtojärjestelmät

Alipainejärjestelmä, jossa ilma imetään eläinsuojasta puhaltimella, on yleisin ilmastointijärjestelmä kaikissa Pohjoismaissa. Alipainejärjestelmän etuna on mm. että se vähentää vesihöyryn tunkeutumista ilmavirran mukana eläinsuojan rakennelmiin ja muihin eläinsuojaan liittyviin tiloihin. Tuloilma valitsee alipainejärjestelmässä vähemmän vastuksen reitin. Ilmavuodot ikkunoiden, ovien yms. raoista aiheuttavat vetoa. Laitteistoltaan alipainejärjestelmä on



Piirros 4. Samalla puhaltimella, joka puhaltaa ilman eläinsuojaan ja imee sieltä pois, järjestetty tasapaineilmanvaihto.

yksinkertaisempi kuin muut järjestelmät.

Ylipainejärjestelmässä raitis ilma puhalletaan eläinsuojaan yleensä kanavien kautta. Kapeissa eläinsuojissa tulokanava sijoitetaan toiselle seinustalle. Leveähköissä eläinsuojissa käytetään yhtä laipion keskellä olevaa ja hyvin leveissä kahta tulokanavaa, joissa ilmantuloaukot ovat kanavan molemmissa syrjissä. Jos kanavat on sijoitettu ullakolle, ilma voidaan johtaa niistä vain muutamien lämpöeristettyjen kimmolevyllä varustettujen aukkojen kautta, joista tuloilma hajaantuu joka suuntaan eläinsuojaan. Koska ylipainejärjestelmässä puhaltimia on yleensä vähän, ilman esilämmitys voidaan järjestää edullisesti Ylipainejärjestelmän etuna on mm. että ikkunoiden ym. raoista ei tule vetoa ja puhaltimet joutuvat tekemisiin vain puhtaan ulkoilman kanssa. Olkoonpa kysymys mistä järjestelmästä tahansa, eläinsuojan on oltava mahdollisimman tiivis tarkoitettujen ilmavirtojen aikaansaamiseksi.

Tasapainejärjestelmässä sekä tulo- että poistoilman johtaminen tapahtuu puhaltimilla, joiden tehojen on oltava imu- ja poistopuolella yhtä suuret. Tuloilma johdetaan kuten ylipainejärjestelmässä ja poistoilma suoraan ulos tai myös kanavien kautta. Tasapainojärjestelmässä voidaan käyttää myös menetelmää, jossa yhdellä puhaltimella varustettu laite puhaltaa ilmaa eläinsuojaan ja imee sieltä pois (piirros 4). Tällöin osa eläinsuojaan tai sieltä pois puhalletusta ilmasta joutuu kiertoon uudelleen. Etuna on, että koko laitteisto voidaan toimittaa yhtenä valmiina kokonaisuutena.

Ilmanvaihdon ilmamäärät

Optimaalisen ilmaston säilyttämiseksi eläinsuojassa, lähinnä ylimääräisen lämmön ja kosteuden poistamiseksi, ilmanvaihdon määrää on säädettävä ulkoisten ilmastotekijöiden vaihteluiden mukaisesti. Ulkoilman lämpötila ja kosteus saattavat vaihdella tuntuvasti, paitsi eri vuodenaikoina, myös saman vuorokauden kuluessa. Lämpimällä säällä lämpötila ei saa nousta sanottavasti ulkoilman lämpötilaa suuremmaksi. Tämän eron rajoittamiseksi käytettävä tehokasta ilmanvaihtoa. Suurin ilmanvaihdon teho maksimi-ilmanvaihto, on siis määrättävä eläinten luovuttaman vapaan lämmön sekä sisä- ja ulkolämpötilojen eron mukaan lämpiminä kesäpäivinä. Taulukossa 5 on ilmoitettu pohjoismaiset suositukset maksimi-ilmanvaihto, on siis määrättävä eläinten luovuttaman vapaan lämmön sekä sisä- ja ulkolämpötilojen eron vaihdelta 2..8°C sekä eläinten lämmön tuotokset vastaavassa eläinsuojan lämpötilassa. Ulkoilman kosteuden poistaminen, lähes 100 %, ja lämpötilan melko alhainen, kuten on laita etenkin syksyllä, jolloin sisä- ja ulkolämpötilan erotus saattaa olla vain muutamia asteita, voi olla syytä käyttää mahdollisimman tehokasta ilmanvaihtoa, koska kostea ulkoilma pystyy sitomaan tilavuusyksikköä kohden vain hyvin rajoitetusti vesihöyryä.

Optimilämpötilan säilyttäminen kylminä talvipäivinä eläinsuojaan tulevan kylmän ilman määrä on rajoitettava mahdollisimman pieneksi. Tämän minimi-ilmanvaihdon määrää eläinsuojasta poistettava vesihöyryn määrä.

Taulukko 5. Eläinten lämmön tuotos, tarvittavat ilmanvaihdon määrät eläintä kohden eläin-suojan lämpötilan ollessa +25°C ja minimi-ilmanvaihto.

Eläinlaji	Koko kg	Lämmön tuotos kcal/h		Ilmanvaihdon määrä, m ³ /h sisä- ja ulkolämpötilan erotus					Minimi-ilmanvaihto m ³ /h
		vapaana	sidottuna	2°C	3°C	4°C	6°C	8°C	
Vasikat	50	75	75	125	85	65	40	30	8
Hiehot	100	150	150	250	165	125	85	65	12
—, —	200	200	200	330	220	165	110	85	15
—, —	300	250	250	420	280	210	140	105	20
—, —	400	300	300	500	335	250	165	125	25
Lehmät	400	375	375	580	390	290	195	145	35
—, —	500	375	375	630	420	315	210	155	40
—, —	600	400	400	670	440	335	220	165	45
Siat	1,5	2,1	2,1	4,0	3,0	2,0	1,5	1,0	0,2
—, —	4,0	6,3	6,3	12,0	8,0	6,0	4,0	3,0	1
—, —	8,0	15,0	15,0	24,0	16,0	12,0	8,0	6,0	2
—, —	10,0	22,0	22,0	36,0	24,0	18,0	12,0	9,0	2,5
—, —	15,0	28,0	28,0	48,0	32,0	24,0	16,0	12,0	3
—, —	20,0	32,0	32,0	56,0	36,0	28,0	18,0	14,0	4
—, —	30,0	41,0	41,0	72,0	48,0	36,0	24,0	18,0	5
—, —	50,0	53,0	53,0	90,0	60,0	45,0	30,0	22,0	6
—, —	70,0	63,0	63,0	105,0	70,0	55,0	35,0	26,0	7
—, —	90,0	74,0	74,0	125,0	85,0	65,0	40,0	30,0	8
—, —	125,0	90,0	90,0	150,0	100,0	75,0	50,0	36,0	9,5
—, —	150,0	100,0	100,0	165,0	110,0	85,0	55,0	42,0	10
—, —	180,0	113,0	113,0	190,0	130,0	95,0	65,0	48,0	11
Vuohet	50,0	75,0	75,0	125,0	85,0	65,0	40,0	30,0	8
Kanat	2,0	5,0	3,3	8,5	5,5	4,0	3,0	2,0	0,8
Broilerit	1,3	3,9	5,9	6,5	4,5	3,0	2,5	1,5	0,5

Kun tunnetaan eläinten tuot-tama kosteus eri lämpötiloisa, voidaan laskea se ilman-vaihdon määrä, joka tarvitaan tämän kosteuden poistamiseen. Kuten aikaisemmin on mainittu, ne ilmamäärät, jotka ovat niin suuria, että eläin-suojan ilman vesihöyryn määrä pysyy riittävän alhaisena, ovat yleensä riittäviä poistamaan haitallisia kaasuja niin, ettei sallittuja raja-arvoja ylitetä. Ilmanvaihto on siis järjestettävä taulukon 5 mukaisesti niin, että ilmamääriä voidaan säätää em. maksimi- ja minimi-arvojen välillä lämpötilasta riippuen. Lietelantakanavissa ja -säiliöissä ulosteiden hajoamistuloksina muodostuvien kaasujen pääsy on pyrittävä rajoittamaan mahdollisimman pieneksi järjestäen ainakin osittainen, yleensä minimi-ilmanvaihtoa vastaava tuuletus kanavien ja säiliöiden kautta. Ilmanvaihtoa suunniteltaessa on myös otettava huomioon tarvittavat toimenpiteet eläin-suojan ympäristön hajun pienentämiseksi.

Ilman virtaukset

Eläin-suojan ilmanvaihtoon ja ilman virtauksiin vaikuttavat ilman tulo- ja poistoaukkojen koko, muoto, sijainti ja lukumäärä, puhaltimen aikaansaa-man ilmavirran nopeus ja paine sekä eläin-suojan sisäiset rakenteet.

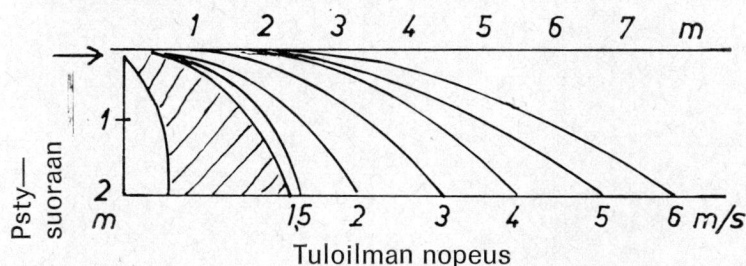
Tuloilman on jakaannuttava tasaisesti koko eläin-suojaan. Koska kylmän tuloilman tiheys on suurempi kuin lämpimän eläin-suojassa olevan ilman, tu-

loilma laskeutuu painovoiman vaikutuksesta nopeasti alas-päin, jos sen nopeus on pieni. Ilman nopeuden ollessa riittävän suuri tuloilma laskeutuu kaaren muotoisesti ja tempaa mukaansa lämmintä eläin-suojan ilmaa (piirros 5) Ilmasuihku ulottuu sitä kauemmaksi ja sekoittuu sitä paremmin, mitä suurempi ilman nopeus on. Tuloilman ja eläin-suojan ilman sekoittumisen on tapahduttava pääasiassa eläin-vyöhykkeen ulkopuolella, eläin-suojan ylimmässä neljänneksessä. Paineen alainen tuloilma jarrutuu eläin-suojan ilmaan jouduttuaan melko nopeasti. Toisaalta, mitä kauemmin tuloilma liikkuu eläin-suojan laipion läheisyydessä, sitä kauemmaksi ilmasuihku ulottuu ja sitä paremmin se sekoittuu eläin-suojan ilmaan. Näin ollen raittiin ilman tuloaukot olisi sijoitettava mahdollisimman ylös lähelle laipiota, jolloin ilman sekoittuminen ja jarrutuminen tapahtuvat ylätilassa.

Näin ei eläin-vyöhykkeessä kylminäkään vuodenaikoina kohtuullista ilman nopeutta käytettäessä synny haitallista vetoa.

Paitsi ilman nopeus ja tuloaukkojen koko, eläin-suojan ilman virtauksiin vaikuttaa tuloaukkojen etäisyys toisistaan. Jos niiden etäisyys on suuri, kustakin aukosta tuleva ilmavirta muodostaa itsenäisiä pyörteitä. Aukkojen ollessa melko lähellä, n 1 m, toisiaan pyörteet yhtyvät melko pian ja ilma joutuu saman tapaiseen liikkeeseen koko eläin-suojan pituudella kuin yhtäläisen raon kautta tullessaan. Eläin-suojan rakenteet voivat kuitenkin hajoitaa tasaisen ilman virran useampiin osiin. Erittäin haitallisia ovat laipiossa olevat ilmavirtaan nähden poikittaiset kannatinpalkit tms., jotka saavat aikaan ilman äkillisen kääntymisen alaspäin, jolloin ilma voi tulla eläin-vyöhykkeeseen liian suurella nopeudella. Kannatinpal-

Etäisyys taulukosta vaakasuoraan



Piirros 5. Ilmasuihkuun rata puhallettaessa 3 cm korkuisesta raosta ulko- ja sisälämpötilojen eron ollessa 30°C. Viivoitetulla alueella ilman liike on epämääräinen

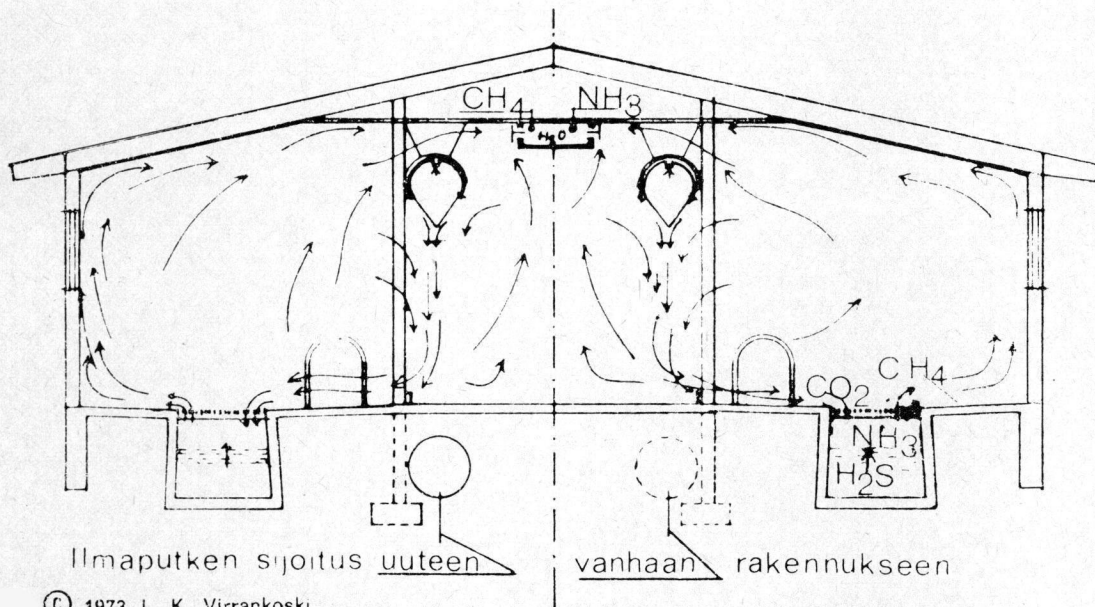
kit olisi varustettava tuloilman puolelta viistopinnoilla, joiden nousu ei saisi olla yli 20°

Vihtiläinen rakennusmestari L. K. Virrankoski on tutkinut ilman virtauksia eläin-suojissa, joissa on luonnollisella vedolla toimiva ilmanvaihto. Hän on havainnut, että eläimet kärsivät vedosta eikä ulkolämpötilan ollessa alle -20°C lämpötilaa pystyttyä pitämään tarpeeksi suurena, jos tarpeellinen minimi-ilmanvaihto halutaan pitää yllä. Tutkimustensa tuloksena hän on kehittänyt maaperälämpöä hyväksikäyttävän, sisääntulevan ilman lämmittävän ilmanvaihtojärjestelmän (piirros 6). Järjestelmällä on vielä se etu, että kesällä sisääntuleva ilma jäähtyy maan alla kulkiessaan.

Ilman tuloaukot

Tuloilma johdetaan eläin-suojaan joko suoraan ulkoilma- tai ullakolta seinän ja laipion rajasta olevista aukoista, rakennuksen päädyistä johdetun tulokanavan kautta tai rakennuksen harjalta. Aukot voivat olla pyöreitä, neliömäisiä ja suunnikkaan muotoisia tai muodostaa pitkiä yhtenäisiä rakvoja. Ilman tuloaukkojen koko riippuu ulkoilman ja eläin-suojan lämpötilojen erotusta, käytetystä ilmanvaihdon säätöjärjestelmästä ja tavoitellusta ilmamäärästä ja ilman nopeudesta. Jos puhallin on jatkuvatoiminen, eläin-suojaan tulevan ilman määrää ja nopeutta on voitava säätää ilman lämpötilan vaihteluiden mukaan tuloaukkojen kokoa muuttaen tai sulkemalla osa aukoista. Jos ilmanvaihdon säätö tapahtuu puhaltimen pyörimisnopeutta muuttaen tai pysäyttämällä osa useammasta puhaltimesta, olisi näin tapauksissa ilman virtauksen kannalta edullista, jos tuloaukkojen kokoa voitaisiin säätää. Näin pystyttäisiin pitämään tuloilman nopeus riittävän suurena ja estämään kylmän ilman putoaminen tuloaukoista lattialle ja eläinten päälle. Mikäli ilmanvaihdon säätö tapahtuu pysäyttämällä tarvittaessa puhallin kokonaan, käytetään vakion kokoisia tuloaukkoja.

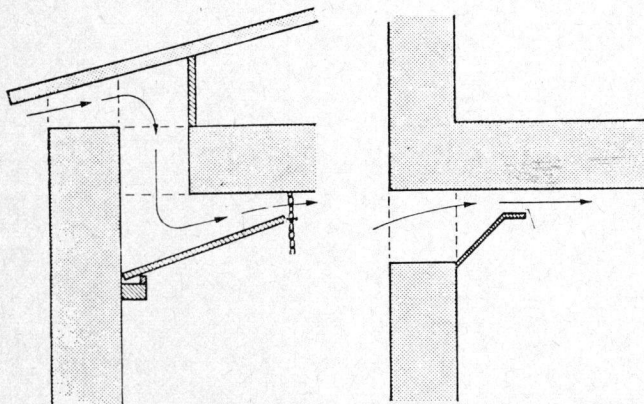
Ilman tuloaukot olisi pyrittävä sijoittamaan aina tuulen pääsuunnan puolelle ja ne on varustettava ulkopuolelta tuulisuojuksilla. Jos raitis ilma otetaan ullakolta, on varmistuttava siitä ettei aurinkoisina kesäpäivinä tuloilma ole liian lämmintä ilmavirran ohjaamiseksi pitkin laipiota tuloaukoissa voidaan käyttää viistoon ylös suunnattuja ohjauspintoja (piirros 7) Viistopinnan muodostama rako voi olla säädettävä ainakin silloin,



Ilmaputken sijoitus uuteen vanhaan rakennukseen

© 1973 L. K. Virrankoski

Piirros 6. Maaperälämpöä hyväksi käyttävä ilmanvaihtojärjestelmä.



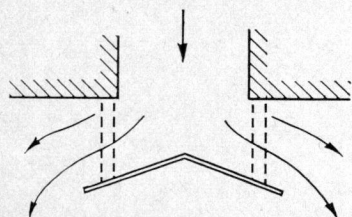
Piirros 7. Tuloilma on pyrittävä ohjaamaan laipion rajaan viistopintoja tms käyttäen

ri ä sijoittamaan tuulen k... ilma virtaa koko seinän pituudelta olevan raon kautta. Tuloilma voidaan johtaa myös reikälevyllä varustetun pinnan kautta, jolloin tuloilma hajaantuu melko vedottomasti eläinsuojaan (piirros 8). Sitä etäisyyttä puhallusaukosta, jossa ilman nopeus on pienentynyt arvoon 0,2 m/s nimitetään heittopituudeksi. Pyöreän puhallusaukon heittopituus (L) metreinä lasketaan kaavasta $L = 25 \times d \times v$, missä d

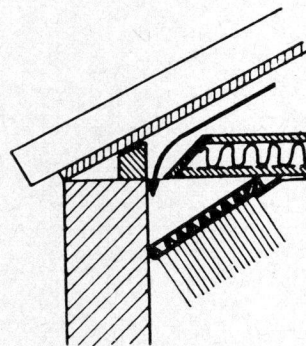
aikaansaavista, yksittäissuihkuja muodostavista aukoista on aukon läpimitta (m) ja v on ilman nopeus aukossa (m/s). Rakomaisesta aukosta puhallettaessa $L = 100 \times h \times v^2$, missä h on raon korkeus (m). Jos raitis ilma otetaan suoraan ullakolta tai katon harjalta, tuloaukon alla voidaan käyttää vastalevyä, joka hajottaa ilmavirran laipion rajassa eri suuntiin (piirros 9).

Poistoaukot

Poistoaukkojen sijainnilla ja muodolla eläinsuojan ilman virtauksiin ei ole niin suurta merkitystä kuin tuloaukkojen. Eläinsuojan leveydestä ja ilmastoitijärjestelmästä riippuen poistoilma johdetaan yleensä joko seinustojen tai laipion kautta. Poistoaukot on suojattava eläinsuojan ulkopuolelta tuulen vaikutukselta ja, mikäli ne on sijoitettu vain toiselle seinustalle, ne olisi py-



Piirros 9. Jos tuloilma otetaan laipion kautta, tuloaukon alla, on syytä käyttää vastalevyä ilmavirran ohjaamiseksi.



Piirros 8. Rei'itetystä levyistä valmistettu ilman tuloaukko.

pääsuunnan vastakkaiselle puolelle

Poistoaukkojen koon ei tarvitse olla säädettävissä. Talvella ilmamäärää pienennettäessä poistoaukkoja voidaan sulkea. Eläinsuojan seinällä olevat poistoaukot sijoitetaan yleensä sisätilan puoleen korkeuteen. Jos poistoilma johdetaan katon harjan kautta voidaan käyttää vähemmän, mutta läpimitaltaan suurehkoja poistoaukkoja. Kun poistoilma johdetaan harjan kautta hajun leviäminen lähiympäristöön pienenee jonkin verran eikä tuulen paine vaikuta niihin siinä määrin kuin seinille sijoitettuihin aukkoihin.

Kapeahkoissa eläinsuojissa poistoaukot olisi sijoitettava samalle sivulle kuin tuloilman aukot, jolloin ilma ehtii paremmin sekoittua ja niistä poistuu vähemmän tuloilmaa kuin vastakkaiselle puolelle sijoitettuihin (piirros 10). Raitis ilma ja eläinsuojan ilma sekoittuvat tässä tapauksessa paremmin, jos tuloilma johdetaan hyvän tunkeutumiskyvyn

vaakasuorasti eläinsuojaan. Erittäin kapeissa eläinsuojissa suihkujen törmäämistä luan kovasti vastakkaiseen seinään voidaan rajoittaa sijoittamalla tuloaukot n. 1/5 eläinsuojan korkeudesta laipiosta alaspäin. Tällöin ilmasuihkut suoraan vapaaseen tilaan jouduttuaan jarruttuvat nopeammin kuin laipion rajassa kulkiessaan.

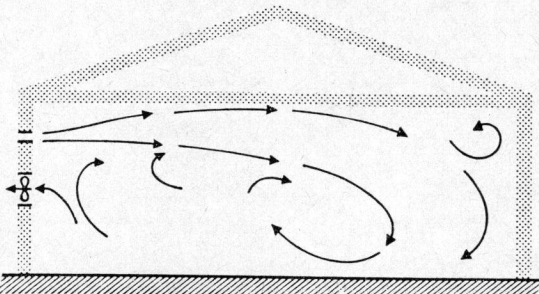
Eläinsuojissa, joiden leveys on n. 3-4 kertaa niiden korkeus tuloaukot sijoitetaan yleensä laipion ja seinän rajaan ja poistoaukot vastakkaiselle puolelle (piirros 11). Tätä suhteellisesti leveämmät eläinsuojat on jaettava kahteen ilmantulovyöhykkeeseen, jolloin ilmar tuloaukot voidaan sijoittaa esim. molemmille seinustoille ja poistoilma johtaa toisella seinustalla olevien aukkojen tai katon harjan kautta (piirros 12). Erittäin leveissä (leveys 5 x korkeus) eläinsuojissa on käytettävä kahta ilman tulo- ja poistoaukkoriviä (piirros 13).

Ilmakanavat

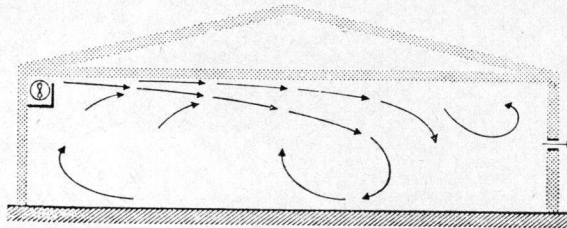
Ilmakanavat ovat poikkileikkaukseltaan ioko suorakaiteen tai ympyrän muotoisia. Ilmakanavat eivät poikkea rakenteeltaan toisistaan. Alipainejärjestelmässä kanavia käytetään vain poikkeustapauksissa. Mikäli ilmakanavan läpimitta on puhaltimen läpimittaa suurempi, kanavaa on supistettava puhaltimen kohdalla. Pyörteiden syntymisen ja painehäviöiden rajoittamiseksi supistuksen jyrkkyys ei saisi olla yli 10 %.

Jos paineilmakanavan läpimitta on koko sen pituudelta yhtä suuri, paine on pienempi kanavan loppupäässä. Tästä johtuen tasaisen ilmavaihdon aikaansaamiseksi ilman tuloaukkojen kanavan alkupäässä olisi oltava 50 % pienempiä ja loppupäässä vastaavasti 50 % suurempia kuin keskellä (piirros 14) tai jos kanavassa on yhtenäinen rako, sen supistuksen on oltava vastaavan suuruinen. Mikäli yhtenäisen raon keskimääräinen korkeus jäsille 2 cm. on käytettävä erillisiä aukkoja. Kanavan keskimääräinen aukon koon laskemiseksi on kanavan pituuden metriä kohden tarvittava ilmamäärä jaettava halutulla ilman-tulonopeudella.

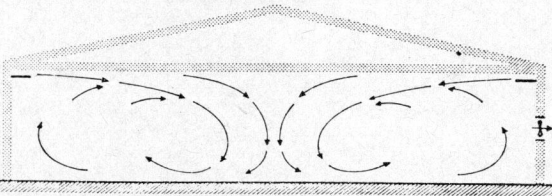
Jos kanavan syrjässä olevien aukkojen yhteenlaskettu pinta-ala on yhtä suuri kuin kanavan läpimitta, eläinsuojaan tuleva ilmamäärä kanavan alkupäässä on 10 % suurempi ja loppupäässä vastaavasti 10 % pienempi kuin keskellä. Jos kanavan läpimitta on vähintään 2 kertaa niin suuri kuin sen syrjässä olevien aukkojen yhteenlaskettu pinta-ala, kaikista aukoista vir-



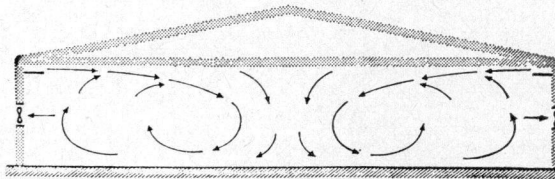
Piirros 10. Kapeahkoissa eläinsuojissa poistoaukot olisi sijoitettava samalle sivulle kuin tuloaukot ilman sekoittumisen parantamiseksi. (Piirroksessa alipainejärjestelmä).



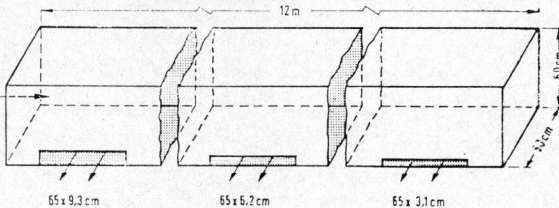
Piirros 11. Eläinsuojissa, joiden leveys on noin 3...4 kertaa niiden korkeus, tulo- ja poistoaukot voidaan sijoittaa vastakkaisille seinustoille. (Ylipainejärjestelmä).



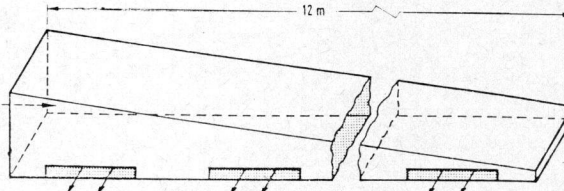
Piirros 12. Leveissä (leveys 4...5 x korkeus) eläinsuojissa tuloaukot voidaan sijoittaa molemmille seinustoille ja poistoilma johtaa toiselta seinustalta. (Alipainejärjestelmä).



Piirros 13. Erittäin leveissä eläinsuojissa on käytettävä kahta ilmantulovyöhykettä. (Alipainejärjestelmä).



Piirros 14. Jos ilmakehän läpimitta on koko sen pituudelta yhtä suuri, tuloaukkojen kanavan alkupäässä on oltava 50 % pienempiä ja loppupäässä 50 % suurempia kuin keskellä.



Piirros 15. Supistuvassa ilmakehässä tuloaukkojen koko on yhtä suuri.

taava ilmamäärä on lähes yhtä suuri

Käytettäessä tasaisesti loppupäättään kohden supistuvaa kanavaa sen kaikista samankokoisista aukoista tulee lähes yhtä paljon ilmaa (piirros 15). Supistuksen jyrkkyys riippuu kanavan pituudesta. Supistetun kanavan päädyn pinta-alan on oltava vähintään yhtä suuri kuin aukkojen pinta-ala kanavan pituusmetriä kohden.

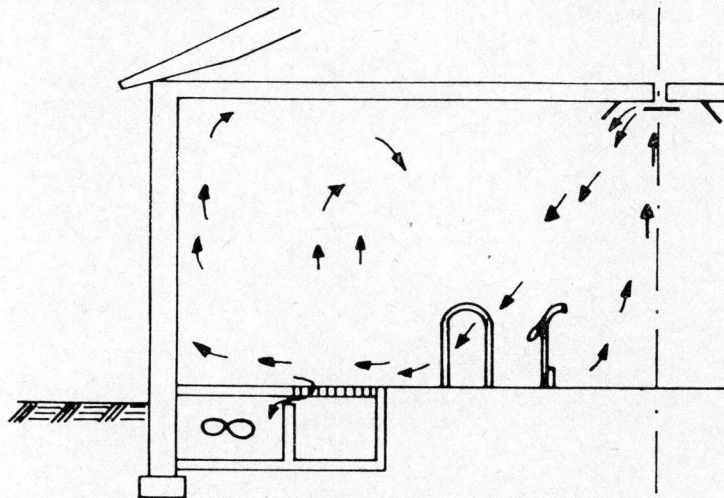
Jos ilmakehän seinämä on paksu, kanavan syrjässä olevien aukkojen reunojen on oltava ulospäin levittäen viistettyjä. Tämä pienentää painehäviöitä ja vaikuttaa tuloilman suuntaan. Aukkojen koon säätämiseksi ne on edullista varustaa työnnettävillä luukuilla.

Kanavien suunnittelussa on pyrittävä välttämään mutkia, jotka aiheuttavat painehäviöitä. Ellei mutkia voida välttää, ne on painehäviöiden pienentämiseksi tehtävä loivasti kaareviksi. Jyrkät mutkat on joka tapauksessa varustettava ilmavirran ohjauslevyillä, jotka rajoittavat ilmavirran törmäämistä mutkan seinämään ja haitallisten pyörteiden syntymistä.

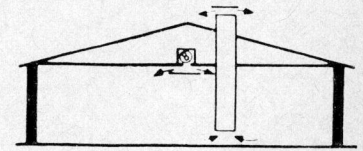
Koska eläinsuojan läpi kulkevat tulokanavat ja kylmien tilojen läpi kulkevat poistokanavat joutuvat kylminä vuodenaikoina kosketukseen toiselta puolelta lämpimän sisäilman kanssa ja toiselta puolelta kylmän ulkoilman kanssa, ne on vesihöyryn tiivistymisen rajoittamiseksi lämpö-

eristettävä. Jos tulokanavat sijoitetaan kylmälle ullakolle, niitä ei tarvitse lämpöeristää muualta kuin tuloaukon kohdalta.

Lietelantajärjestelmässä on huolehdittava siitä, että lantäsäiliöstä ja kanavista ei pääse ilmaa virtaamaan eläinsuojaan. Ainakin



Piirros 16. Lietelantajärjestelmässä ainakin osa ilmanvaihdosta olisi järjestettävä lietelantakanavan yhteyteen.

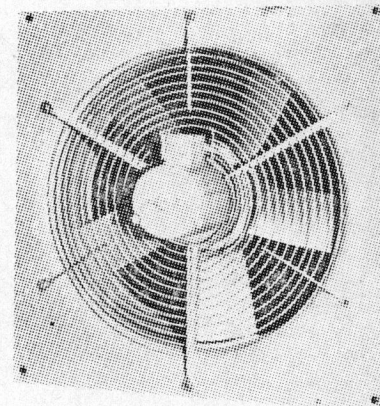


Piirros 17. Lattiatasoon voidaan laittaa ilmanpoistokaappi, joka imee lantakanavasta tulevia kaasuja.

osa ilmanvaihdosta, likimain minimi-ilmanvaihtoa vastaava ilmamäärä olisi järjestettävä lietelantakanavan yhteyteen (piirros 16). Lietelantakanavan viereen sijoitetun imukanavan on oltava sen puhdistamisen helpottamiseksi riittävän avara. Poistoilma imeetään kanavan syrjässä olevien aukkojen kautta lietelantakanavasta. Jos ilman poisto tapahtuu ulkakatton kautta, lattiatasoon lietelantakanavan kohdalle voidaan johtaa ilmanpoistokaappi (piirros 17) joka imee myös lantakanavasta tulevia kaasuja. Ilmanpoistokaapissa on säädettävät tuukut, joiden kautta ilma voidaan imeä permannon ja laipion läheltä halutussa suhteessa. Molemmilla menetelmillä on se etu, että eläinsuojan lämpötila, joka laipion rajassa on yleensä n. 2°C suurempi kuin permannolla, taantuu.

Puhallimet

Eläinsuojan ilmanvaihtoon käytetään pääasiassa potkuripuhallimia (kuva 1), joissa siipipyörän napa on kytketty suoraan moottoriin. Potkuripuhallimet soveltuvat hyvin ilman kuljettamiseen, kun vastapaine on pienehkö, kuten on laita yleensä eläinsuojan ilmanvaihdossa. Laitteiston järjestelyn kannalta potkuripuhallimien etuna on myös se, että ilman virtaus tapahtuu suuntaa vaihtamatta, joten puhallin voidaan sijoittaa suoraan ilmakehän päähän. Potkuripuhallimia on saatavana sellaisia malleja, jotka kuljettavat suuria ilmamääriä staattisen paineen ollessa jopa tun-



Kuva 1. Potkuripuhallin.

tuvasti yli 5 mm vp (kp/m²). Keskipakopuhaltimien siivikko on sijoitettu tilavaan kammioon poikittain puhallussuuntaan nähden. Niillä saadaan aikaan tuntuvasti suurempia paineita kuin potkuri- puhaltimilla. Vastapaineen nousussa niiden teho pienenee vain vähän. Keskipakopuhaltimien kehittämästä suuresta paineesta johtuen ne vaativat teholtaan tuntuvasti suuremman moottorin kuin potkuri- puhaltimet.

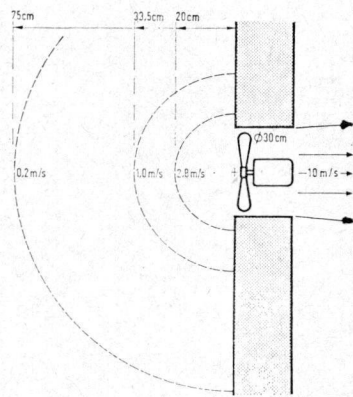
Puhaltimet sopivat yhtä hyvin sekä imu- että painepuolella käytettäviksi, mutta jos pyörimissuuntaa muutetaan niiden teho pienenee. Aina on kuitenkin otettava selvää, soveltuuko puhallin käytettäväksi vaaka- ja/tai pystyasennossa. Etenkin eläinsuojasta poistoilmaa siirrettäessä puhaltimen on oltava syöpymisen kestä. Elleivät puhaltimet ole m n riittävän suojaissa paikassa, ne on varustettava suoja verkolla ja sijoitettava niin, että ne ovat sateelta ja roiskevesiltä suojatut.

Ilman nopeus

Koneellisessa ilmanvaihdossa puhaltimen aikaansaama energia aiheuttaa aina tietyn ilman nopeuden. Tilavuusyksikköä kohden tuleva ilman nopeus riippuu ilman tulo- ja poistoaukon koosta. Saman ilmamäärän puhaltamiseen tarvittava ilman nopeus on sitä suurempi mitä pienemmästä aukosta ilma virtaa. Aukosta tulevan ilman nopeus (m/s) on yhtä suuri kuin puhaltimen aikayksikössä puhaltama ilmamäärä (m³/s) jaettuna tuloaukon pinta-alalla (m²).

Ilman nopeuden tuloaukon pitäisi olla vähintään 2...3 m/s mi-ilmanvaihtoa käytettä. Minimi-ilmanvaihdossa vastaava nopeus saadaan aikaan tuloaukkojen kokoa pienentämällä. Tuloaukkojen koon maksimi-ilmanvaihdossa olisi oltava n. 1...1,5 cm² ilmamäärän kuutiometriä kohden tunnissa.

Alipainejärjestelmässä ilman nopeus imupuolella on suuri vain puhaltimen välittömässä läheisyydessä. Vapaassa tilassa nopeus pienenee puolipallon muotoisesti ja se on puhaltimen läpimitan etäisyydellä enää vain n. 1/3 suurimmasta nopeudesta ja pienenee puhaltimen välittömässä läheisyydessä alle 0,2 m/s (piirros 18). Alipaineilmanvaihdossa ei siis itse puhallin aiheuta haitallisesti suuntautuvia ilmavirtoja eläinsuojassa, vaikka se olisi melko tehokaskin. Poistoilma puhaltimet, joiden teho on 3000...5000 m³/h voidaan sijoittaa n. 6...10 m välein. Tällöin saadaan aikaan vielä melko ta-



Piirros 18. Poistopuhaltimen luona ilman nopeus on suuri vain puhaltimen välittömässä läheisyydessä.

sainen ilman vaihto. Suoraa puhallusta (ilman kanavia) käytettäessä suurimmaksi yhden puhaltimen tehoksi suositellaan enintään 5000 m³/h.

Jos ilman poisto tapahtuu ennen puhallinta olevan poistoilmakaapin kanavan tai muun ilmavirran ohjainten kautta, niiden läpimitan on painehäviöiden rajoittamiseksi oltava niin avara, että ilman nopeus niissä ei nouse yli 5 m/s. Pitkissä sisäpinnaltaan sileissä kanavissa, joissa seinämien aiheuttamat painehäviöt ovat pieniä, nopeus voi olla n. 8 m/s.

Painehäviöt

Aukosta tulevan ilman nopeus riippuu paitsi aukon koosta myös puhaltimen aiheuttamasta paineesta. Puhaltimen tiivistämä ilma pyrkii laajenemaan alkuperäiseen tilaansa aiheuttaen ympäristöönsä staattisen paineen. Ilmavirralla on nopeutensa johdosta myös dynaamista painetta. Puhaltimesta tulevan ilmavirran on voitettava laitteiston aiheuttama vastus, joka ilmenee painehäviöinä. Paineen on oltava riittävän suuri vastuksen voittamiseksi. Mitä vähemmän puhaltimen puhaltama ilmamäärä pienenee paineen suuretes-

sa sitä tehokkaammin tarvittava ilmamäärä voidaan johtaa laitteistosta. Eläinsuojassa vastus on yleensä vähintään 3 mm vp ja 3-kerroksisilla häkeillä varustetuissa häkkikanaloissa vastus voi olla yli 6 mm vp. Puhaltimen tehokuvio ilmaistaan ns. tunnuskaivana (piirros 19). Käyrästä voidaan lukea laitteiston aiheuttamaa vastusta vastaava puhaltimen antama ilmamäärä. Eläinsuojan ilmanvaihdossa puhaltimen valinta tapahtuu yleensä staattisen paineen tunnuskaivran perusteella ottamalla huomioon koko laitteiston aiheuttama vastus (mm vp). Yleensä vain suurehkoissa laitteistoissa otetaan huomioon dynaaminen paine. Painehäviöitä aiheuttavat ilmavirran suunnassa laitteiston seinämät, mutkat jne. Rakennuksen tuulen puolella ilmavirran patoutumat ja tyynen puolella imuvaikutuksen voittaminen vaativat myös melkoisesti painetta. Mitä suurempi ilman nopeus on, sitä suurempi on esteiden aiheuttama painehäviö.

Ilmaviiviseen tilaan puhallettaessa ilmamäärä ei enää lisääny kun kullekin puhaltimelle ominainen suurin staattinen paine on saavutettu. Jos ilmastointijärjestelmässä on paljon esteitä tai ulkona imuaukon kohdalla tuulen aiheuttama patoutuma, nämä voivat vaikuttaa samalla tavoin kuin ilmatiivis tila käytettäessä sellaisia puhaltimia, joiden staattisen paineen alue on pieni.

Ilmanvaihdon säätöjärjestelmät

Eläinsuojassa olisi sääolojen vaihteluista riippumatta valittava optimaaliset ilmasto-olot niin lämpötilan, kosteuden kuin haitallisten kaasujenkin suhteen. Kaikkien näiden tekijöiden samanaikainen sovittaminen eläinten kannalta edulliseksi ei kuitenkaan ole mahdollista. Koska sallittavat vaihtelurajat eläinsuojan suhteellisen kosteuden kannalta ovat suuremmat kuin optimilämpö-

tilan suhteen, eläinsuojan ilmastoinnin tarvetta määrätessä käytetään lähtöarvona yleensä ilman lämpötilaa. Eläinsuojan lämpötilan säätö voidaan järjestää usealla eri tavalla eri kytkentä- ja säätölaitteita käyttäen.

Yksinkertaisin menetelmä on kytkeä puhallin tai puhaltimet käyntiin ja pois toiminnasta käsin. Puhaltimet voidaan pitää myös jatkuvasti toiminnassa ja säätää ilmastoinnin tehokkuutta muuttamalla tulo- tai poistoaukkojen kokoa tai sulkemalla osa aukoista kokonaan. Edellä mainittuihin tarvitaan luonnollisesti jatkuvaa valvontaa eikä niillä sääolojen jatkuvasti vaihdellessa päästä tyydyttävään tulokseen.

Automaattista ilmanvaihdon säätöjärjestelmää on nykyisin pidettävä välttämättömänä eläinsuojan koneellisessa ilmanvaihdossa. Sen osuus kokonaiskustannuksista suhteessa säästettyyn työaikaan ja ennen kaikkea ilmanvaihdon paraneamiseen on pieni.

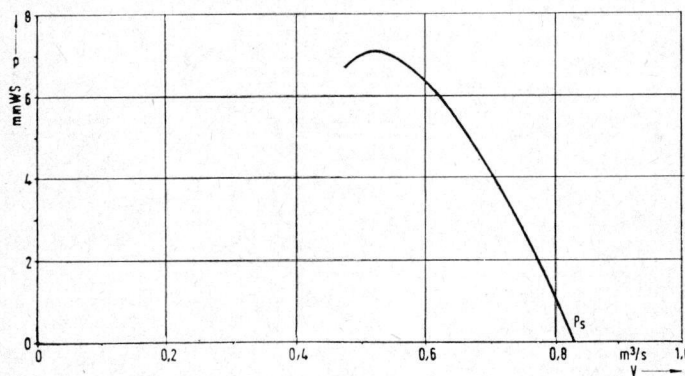
Kaksiasentosäätö termostaattilla

Nykyisin vaaditaan, että kaikissa ilmanvaihtolaitteistoissa on oltava termostaatti (lämpötilan säädin). Kaksiasentosäädössä termostaattissa on määrätty kytkentäalue. Lämpötilan laskiessa alle sallitun rajan termostaatti pysäyttää puhaltimen toiminnasta ja vastaavasti lämpötilan noustessa määrärajan puhallin kytkeytyy automaattisesti käyntiin. Termostaatin kytkentä-pysäytysalueen on oltava mahdollisimman pieni esim. 1...2°C. Kaksiasentosäädön haittana on se, että lämpötilan laskiessa ja puhaltimen pysähtyessä minimi-ilmanvaihdon edellyttämä kosteus ja kaasut eivät poistu.

Osittainen pysäytys

Tässä järjestelmässä käytetään kahta tai useampaa puhallinta. Liiallisen vedon rajoittamiseksi on edullista käyttää useita teholtaan pienemmäjä puhaltimia. Pienin tarvittava ilmamäärä saadaan aikaan jatkuvasti käyväällä puhaltimella, jonka teho on mitoitettu minimi-ilmanvaihdon mukaan. Muiden puhaltimien kytkentä-pysäytys voi tapahtua 2-3 vaihtermostaattilla esim. niin, että puhaltimien käynnistymislämpötilat on asetettu eri lämpötila-alueille. I 12°C, II 14°C ja III 15°C. Lämpötilan ollessa korkea kaikki puhaltimet käyvät siis jatkuvasti. Suuremmissa laitteistoissa useampia puhaltimia voidaan kytkeä myös ryhmittäin toimiviksi.

Talvella tuloaukkojen pinta-alaa on pienennettävä, koska muuten ilman nopeudet jää-



Piirros 19. Puhaltimen tunnuskaivra.

vät liian pieniksi. Niiden puhaltimen aukot, jotka kylmänä vuodenaikana eivät toimi, on suljettava tiiviisti.

Laitteiston osittainen pysäytys on edullinen ennen kaikkea kun on kysymys vedolle alttiista eläimistä, kuten kanoista, pikkuporsaista ja lihasioista Puhaltimina voidaan käyttää myös eri nopeuksisia, esim. kaksinopeuksisia puhaltimia (esim. 700 ja 1400 r/min) tehon tarpeen mukaan ja melun voimakkuuden rajoittamiseksi.

Ajoittainen pysäytys (intervallikytkentä)

Tässä järjestelmässä laitteiston käynti- ja seisonta-ajat ajoitetaan ilmanvaihdon tarpeen mukaan virtajohtoon yhdistetyllä impulssi- tai teho-kytkimellä. Puhaltimen ollessa käynnissä se toimii aina täydellä teholla ja tuloaukkojen koko on ulkoilman lämpötilasta riippumatta aina muuttumaton Puhaltimen käynti- ja seisonta-aikojen suhde säädetään vuoden ja vuorokauden lämpötilojen vaihteluiden mukaan. Puhaltimien käynti- ja seisonta-ajat toistuvat hyvin lyhyinä jaksoina, esim. niin, että 1 minuutin aikana puhallin on käynnissä 10 s ja lopun ajasta pysähdyksissä. Mikäli käyntiaika on valittu liian pitkäksi on eläinsuojan liiallisen jäähtymisen rajoittamiseksi käytettävä termostaattia, joka pysäyttää puhaltimen lämpötilan laskiessa alle tietyn minimirajan.

Puhaltimen nopeuden säätö

Ilmanvaihdon ohjaus voi tapahtua puhaltimen nopeutta joko portaittain tai portaattomasti säätäen Säätkytkin voi olla käsikäyttöinen tai automaattinen.

Käsin hoidettavaa portaitaista pyörimisnopeuden säätintä, jonka kytkentää muutetaan sääolojen vaihteluiden mukaan, käytetään pienissä yksinkertaisissa laitteistoissa. Puoliautomaattisen nopeuden

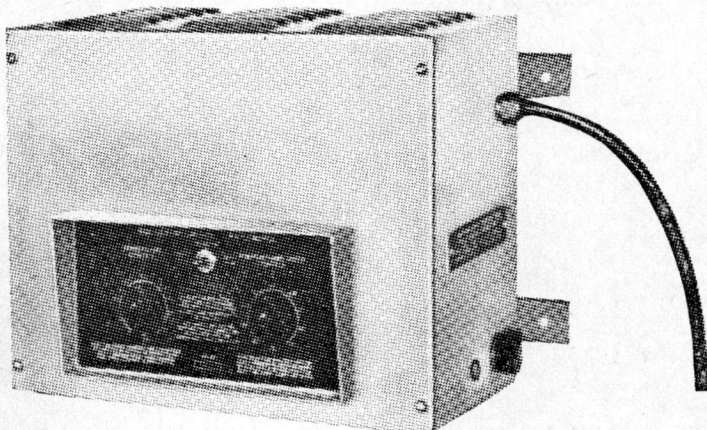
säätöjärjestelmään kuuluu alaja ylärajatermostaatti. Lämpötilan noustessa sallittua suuremmaksi termostaatti kytkee kaikki puhaltimet täydellä nopeudella toimiviksi ja lämpötilan laskiessa käsin säädettyä pyörimisnopeutta vastaavaksi. Jos lämpötila laskee liikaa, alarajatermostaatti pysäyttää puhaltimet toiminnasta ja lämpötilan noustessa puhaltimet käyvät aluksi pienimmällä säädetyllä nopeudella. Sopivan nopeusalueen valinta vaatii kokemusta, jotta termostaatilla säädettyä alarajaa ei turhaan aliteta.

Automaattiseen nopeuden säätöjärjestelmään kuuluu puhaltimien lisäksi säätökeskus (kuva 2) Eläinsuojassa on lämpötilan tuntoelin, joita suurissa eläinsuojissa keskilämpötilan toteamiseksi voi olla useita. Puhaltimien nopeuden alaraja valitaan minimi-ilmanvaihdon mukaisesti. Lämpötilan noustessa puhaltimien nopeus suurenee lopulta maksimi-ilmanvaihtoa vastaavaksi.

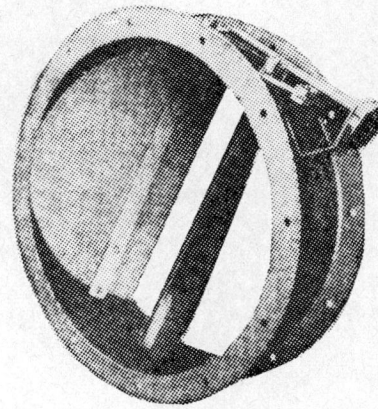
Tavoitellun ilman nopeuden säilymiseksi tuloaukot on nopeuden säätöä käytettäessä sovitettava vaihtelevien ilmamäärien mukaan.

Kierroilmansäätö

Tässä järjestelmässä puhallin käy aina suurimmalla tehollaan ja puhaltaa ulko- ja sisäilman seosta. Tarpeellinen ilmanvaihto määrätään säätämällä ulko- ja sisäilman suhdetta Piirroksessa 20 on poistopuhaltimen koteloon tehty kääntyvä läppä, joka säätää myös korvausilman aukkoa. Fristamat-järjestelmässä termostaattiohjatut läpät säätävät seosta. Puhaltimen siivikon ulkokehä puhaltaa tuloilman ympyrän kehälle sijoitetuista aukoista ja siivikon keskiosa poistoilman puhaltimen keskeltä (ks. piirros 4). Näillä järjestelmillä on se suuri etu, ettei tuloaukkoja tarvitse jatkuvasti säätää, koska ilmamäärä on aina sama ja ilman virtaus eläinsuojassa pysyy hallittuna.



Kuva 2. Puhaltimen nopeuden säätökorkeus.



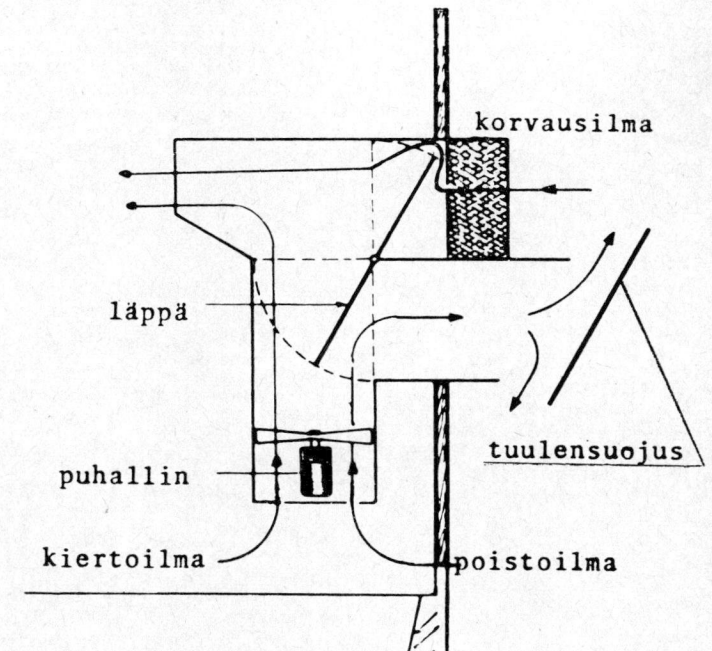
Kuva 3. Peltiläpällä varustettu ilman kuristin.

Kuristussäätö

Samoin kuin edellisessä tapauksessakin, puhallin käy aina samalla nopeudella. Ilmamäärää säädetään esim. siipitai läppäsäätimellä (kuva 3). Tuloaukkoja on säädettävä ilmamäärän mukaisesti.

Varolaitteet

Ilmanvaihtolaitteiston toiminnan pysähdyttyä, esim. virtahäiriön vuoksi, vain erittäin suurissa laitteistoissa voi tulla kysymykseen virtaa kehittävä generaattorin käyttö. Laitteiston pysähtymisen ilmaisemiseen käytetään yleensä asuinsuojaan kytkettyjä hälyttimiä. Ilmaisoin voidaan kytkeä myös puhelimeen Ilmanvaihto hätätapauksissa voidaan hoitaa tilapäisesti myös automaattisesti avautuvien varoluukkujen avulla luonnollista ilmanvaihtoa käyttäen.



Piirros 20. Kierroilmaa käyttävä laite.

Kirjallisuutta

ANON. 1970 a. Berechnungs- und Planungsgrundlagen für die Luftführung in Viehställen. AEL-Schriftenreihe 8. 56 p. Essen.

— 1970 b. Controlled environment. Farm electrification handbook No. 10. 144 p. London.

BORCHERT, K-L. 1966. Grundlagen für die Berechnung und Bemessung der Wärmedämmung, Lüftung und Heilung. ALB-Schriftenreihe 27: 7—26.

JANAC, K. 1966. Wärmetechnische Forderungen für den Entwurf von Viehställen. ALB-Berichtsheft 28. 68 p.

MÜLLER, F. 1970. Lüftungstechnische Möglichkeiten zum Schutz landwirtschaftlicher Nutztiere vor gesundheitsschädlichen Luftverunreinigungen. 69 p. Bonn-Duisdorf.

VIRRANKOSKI, L. K. 1973. Karjasuojan ilma raikkaaksi ja kuivaksi pienin kustannuksin. 20 p. Vihti.

