


Rakennusten lämmitys ja lämpöhäviöt

Jukka Ahokas
Helsingin Yliopisto Agroteknologia

ENERGIA  AKATEMIA



Tässä oppaassa tarkastellaan yleisesti rakennusten lämmitykseen liittyvää energian kulutusta. Sekä karjalautuotannossa että osittain myös pelto- kasvituotannossa tarvitaan rakennuksia. Kylminä kausina lämpimien rakennusten lämmittämiseen kuluu energiaa. Energiaa kuluu myös ilmanvaihtoon, jota tarvitaan hyvän sisäilman vuoksi sekä sähköön, jota kuluu ilmanvaihdon puhaltimiin, valaistukseen ja tuotantokoneisiin.

Karjasuojilla saadaan eläimille ja tuotannolle sopivat tilat ja olosuhteet. Rakennuksissa työskentelevien ihmisten tarpeet sekä rakennuksen kunnossa pysyminen on myös huomioitava. Liian kostea sisäilma voi esimerkiksi tuhota rakenteita.

Kun rakennuksen ja ulkoilman välillä on lämpötilaeroa, lämpö virtaa lämpimästä kylmään. Suomen olosuhteissa

kyse on suurimmaksi osaksi rakennuksesta pois virtaavasta lämmöstä. Tämän lämpöhäviön korvaamiseksi tarvitaan lämmitystä. Kesäisin ilmiö on päinvastainen: ulkoa virtaa lämpöä rakennuksen sisälle aiheuttaen siinä kuumat olosuhteet. Keväällä ja keuhällä auringon säteily myös lämmittää rakennuksia.

Lämpö voi siirtyä kolmella eri tavalla:

- *Johtumalla* lämpö siirtyy rakenteiden läpi.
- *Siirtymällä* lämpö kulkeutuu ilmavirtauksen (ilmanvaihdon) mukana.
- *Säteilemällä* lämpö siirtyy esim. auringosta, tulisijasta tai infrapuna- lämmittimistä.

Tuotantorakennusten lämpöhäviöt muodostuvat rakenteiden läpi johtuvasta lämmöstä sekä ilmanvaihdon kautta ulos siirtyvästä lämmöstä.

Eläinten lämmöntuotto

Eläimen tuottamasta lämmöstä osa siirtyy suoraan ilmaan. Osa lämmöstä siirtyy epäsuorasti vesihöyrynä. Suoran ja epäsuoran lämmöntuoton suhde muuttuu lämpötilan mukaan.

Lämmön siirtyminen suoraan ilmaan johtuu eläimen ja ympäröivän tilan lämpötilaeroista. Eläimen suora lämmöntuotto on nolla, kun ilman lämpötila on sama kuin eläimen lämpötila. Lehmien lämpö on noin +40 °C.

Epäsuora (latentti) lämpö haihtuu eläimestä vesihöyryn mukana esim. hikoiluna ja hengityksen vesihöyryinä. Kun ympäristön lämpötila kohoaa, eläin joutuu poistamaan yhä enemmän nestettä pitääkseen lämpöta-

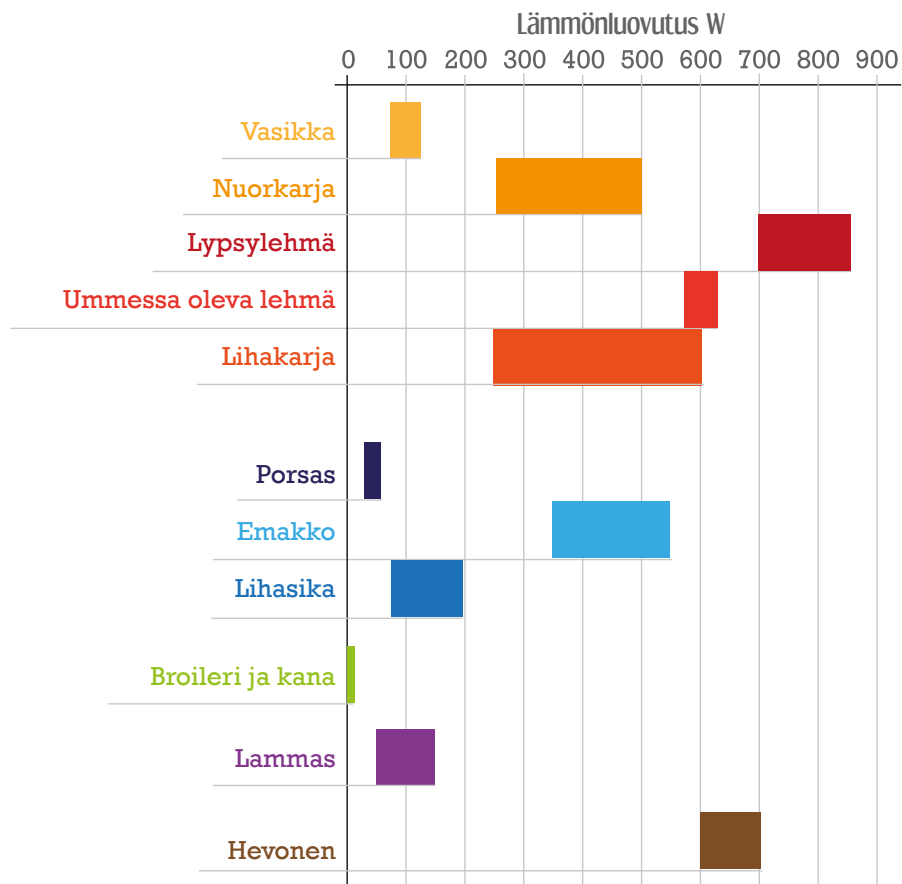
painonsa. Vesihöyry siirretään ilmanvaihdon avulla pois rakennuksesta.

Eläinten lämmöntuotto ja suositeltavat olosuhteet riippuvat mm. eläimen iästä. Vastasyntyneet eläimet tarvitsevat lämpimämmät olosuhteet kuin tuotantoeläimet. Esimerkiksi broilerikasvattamossa ja sikalassa ilmanvaihdotarpeet vaihtelevat huomattavasti eläinten iän mukaan.

Eläimen lämmöntuotto riippuu:

- eläin lajista
- eläimen iästä
- eläimen painosta
- eläimen turkista
- eläimen puhtaudesta
- tuotannosta (maito, liha, muna...)
- rehun energiasisällöstä.





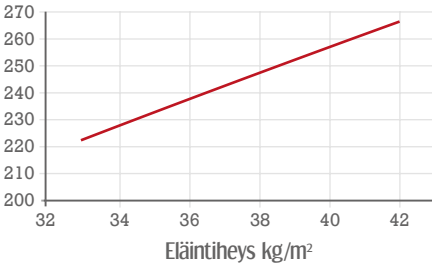
Kuva 1. Eri eläinten lämmönluovutustehoja

Eläimet tuottavat lämpöä rakennukseen (Kuva 1). Lämpimien karjasuojien lämmittämiseen tarvitaan kylminä kausina eläinten oman lämmötuoton lisäksi lisälämpöä.

Lisälämmöntarve ja energiankulutus riippuvat myös eläintiheydestä.

Kuvassa 2 on esimerkki broilerikasvattamon eläinten lämmöntuotosta. Broilerituotannossa eläintiheys määritetään pinta-alakohtaisella eläinmassalla (kg/m^2). Kuvan 2 mukaisesti eläinten lämmöntuotto kasvaa, kun eläintiheys kasvaa ja tarvittavan lisälämmön määrä vähenee samassa

Eläimen
lämmöntuotto kW



Kuva 2. 1 600 m² broilerikasvattamon eläinten lämmöntuotto kun eläintiheys on EUn säännösten vaihtelualueella.

suhteessa kuin eläinten lämmöntuotto kasvaa. Esimerkiksi, jos eläintiheys on 33 kg/m², broilerit tuottavat rakennukseen noin 220 kW lämpötehon ja 42 kg/m² eläintiheydellä 265 kW lämpötehon. Tämä tarkoittaa, että kylmemmällä säällä lämmitys-
tehoa tarvitaan 45 kW enemmän, jolloin tietysti energiaa kuluu enemmän. Etenkin laajentavilla karjatiloilla tulisi huolehtia oikeasta eläintiheydestä ja hankkia ajoissa riittävä määrä eläimiä kylmiä kausia varten.

Eläintiheys vaikuttaa myös eläinten käyttäytymiseen ja hyvinvointiin. Liian suuri eläintiheys yleensä heikentää hyvinvointia. Eläintiheydet ja niiden suositukset on määritelty ase-
tuksilla.

Lämmön johtuminen

Lämpö siirtyy seinien, katon ja lattian läpi johtumalla. Siirtynyt lämpöteho riippuu rakennemateriaalien lämmönjohtavuudesta, rakennuksen koosta ja ulko- ja sisäpuolten lämpötilaerosta. Kovilla pakkaskeleillä rakennuksen ja ulkoilman välinen lämpötilaero on suuri, jolloin lämpötehon tarve on suuri. Suuressa rakennuksessa lämpöä johtavaa pinta-
alaa on paljon, joten tarvittavan lämpötehon määrä on suuri myös tämän vuoksi.

Seinän lämmönjohtavuus riippuu sen rakenteesta. Eniten lämmönjohtavuuteen vaikuttaa eristemateriaali ja sen paksuus. Lämpöä voi siirtyä seinän läpi myös ilmavirran mukana, jos seinässä ei ole kunnollista tuulensuojaa ja voimakas tuuli pääsee puhaltamaan suoraan eristemateriaalin läpi. Mitä tehokkaampia eristemateriaaleja käytetään, sitä pienempi on lämpöhäviö. Kosteus voi tuhota lämpöeristyksen. Jos kosteus pääsee kondensoitumaan lämpöneristeiden sisään, eristeen eristyskyky häviää ja sen sisälle alkaa muodostua homeita.

Rakenteiden lämmönjohtavuus ilmaistaan U-arvoilla. Jos seinässä on 100 mm villaeriste, sen U-arvo on $0,40 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$. Esimerkiksi jos ulkona on $-10 \text{ } ^\circ\text{C}$ ja sisällä $+15 \text{ } ^\circ\text{C}$, lämpötilaero on $25 \text{ } ^\circ\text{C}$, jolloin jokaisen neliön läpi virtaa lämpötehoa: $0,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}) \times 25 \text{ } ^\circ\text{C} = 10 \text{ W}/\text{m}^2$

Yläpohjan 150 mm villaeristeen U-arvo on $0,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$. Kesällä voi katon kautta tulla myös lämpöä rakennukseen. Auringon lämmittämältä katoilta ja ullakkotilasta lämpöä siirtyy karjasuojaan.

Maatalousrakennusten suunnittelu- ja laskentaohjeina voidaan käyttää ympäristöministeriön¹ sekä maa- ja metsätalousministeriön² ohjeita.

Maatalouden tuotantorakennukset on pääsääntöisesti perustettu maavaraiselle pohjalle. Rakennuksen keskellä lämpöhäviö on yleensä pieni, koska lattian alla oleva maa pysyy lämpimänä. Rakennuksen reunoilla lämpöä häviää reunan alta maahan ja sieltä edelleen rakennuksen ulkopuolelle. Lämmöneristeet sijoitetaankin suurimmaksi osaksi reunoille, koska lämpöhäviöt ovat siellä on suurimmat.

Ilmanvaihdon lämpöhäviö

Kylmissä olosuhteissa tuotantorakennuksia joudutaan lämmittämään. Maidon- ja lihakarjantuotannossa voidaan käyttää myös kylmiä karjasuojia, mutta sianlihan ja siipikarjan tuotannossa tarvitaan lämpimiä rakennuksia.

Hyvän sisäilman aikaansaamiseksi tarvitaan ilmanvaihtoa. Ilmanvaihdon mukana lämmennyttilä ilmaa virtaa ulos ja tilalle tuleva kylmä korvausilma on lämmitettävä huonelämpöiseksi. Ilmanvaihdon pitää olla riittävä, jotta rakennuksen sisäilman kosteus- ja hiilidioksidipitoisuudet pysyvät alhaisina. Ilmanvaihtoa tarvitaan myös siirtämään liikalämpöä rakennuksesta pois. Talvikuukausina kosteuden ja hiilidioksidin poisto ovat pääosissa ja kesällä taas lämmön poisto. Minimihilmanvaihto määräytyy kosteuden ja hiilidioksidin poiston mukaan ja maksimi-ilmanvaihto lämmön poistotarpeen mukaan, koska se vaatii tehokkaampaa ilmanvaihtoa.

Ilmanvaihtotarve muuttuu olosuhteiden mukaan, joten ilmanvaihdon säästöjenkin tulisi muuttua. Tämä on erityisen tärkeää, koska ilmanvaihdon

1) D5 Suomen rakentamismääräyskokoelma, Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta Ohjeet 2007. Ympäristöministeriö, Asuntoja rakennusosasto. www.finlex.fi/data/normit/29520-D5-190607-suomi.pdf

2) Maatalouden tuotantorakennusten lämpöhuolto ja huoneilmasto. Maa- ja metsätalousministeriön rakentamismääräykset ja -ohjeet. MMM-RMO C2.2.

kautta tapahtuva lämpöhäviö on selvästi suurempi kuin rakenteiden kautta tapahtuva lämpöhäviö.

Ilmanvaihdon vaatimukset ovat risiriittäisiä: ilmanvaihdolla pitäisi aikaansaada hyvä sisäilmasto, mutta samalla sen pitäisi olla mahdollisimman vähäistä, jotta energiaa ei hukkaantuisi. Tärkeintä ilmanvaihdossa on sisäilman laatu. Kun ilmanvaihto säädetään niin, että sisäilman laatu on hyvä, on ilmanvaihdon lämpöhävikki ”tarkoituksenmukaista”.

Kokonaislämpöhäviö

Rakennusten kokonaislämpöhäviö muodostuu rakenteiden läpi johtuvasta lämmöstä ja ilmanvaihdon lämpöhäviöstä. Kuvassa 3 on seuraavalla sivulla on esimerkki sikalan lämpöhäviöistä. Esimerkissä lähes 90 % lämpöhäviöstä tapahtuu ilmanvaihdon kautta. Rakenteiden läpi johtuva lämpöhäviö on enintään 10 % kokonaisuudesta. Lämpimissä karjarakennuksissa voidaan säästää lämmityskustannuksissa talteenottamalla poistoilman lämpö.



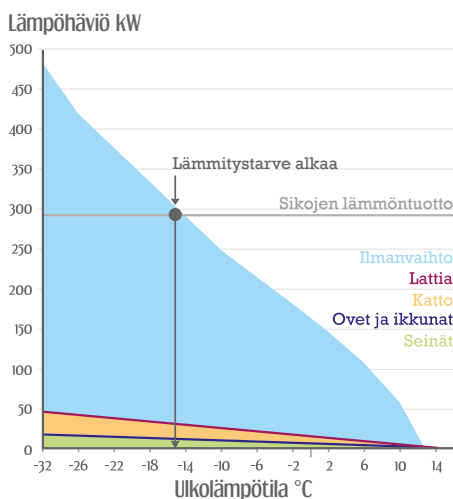
Rakennusten lämpötasapaino

Edellä on käsitelty rakennuksen lämpöhäviöitä ja eläinten lämmöntuottoa. Kun lasketaan yhteen eläinten, koneiden sekä valaistuksen lämmöntuotot ja vähennetään luvusta rakennuksen lämpöhäviöt, saadaan rakennuksen lämpötasapaino. Rakennuksilla on massaa eli käytännössä rakenteet sitovat ja luovuttavat lämpöä. Ulkolämpötilan muuttuessa lämmitystehontarve poikkeaa tämän vuoksi yksinkertaisen laskun tuloksista. Myös tuulet ja auringon säteily vaikuttavat lämmöntarpeeseen.

Kuvassa 3 on esimerkki sikalan lämpöhäviöistä ja sikojen lämmöntuotosta. Jos siat tuottavat esimerkiksi 300 kW lämpötehoa, kun ulkoilman lämpötila laskee $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ lämpötilaan, rakennuksen lämpöhäviöt ovat suuremmat kuin sikojen lämmöntuotto. Tätä alemmissa lämpötiloissa tarvitaan lisälämmitystä, jos sisälämpötila halutaan pitää samana. Alemmissa sisälämpötiloissa eläimet käyttävät suuremman osan rehusta oman lämmön ylläpitämiseen kuin normaali lämpötilassa eli tuotannon tehokkuus heikenee.

Sian kasvaessa sen oma lämmöntuotto on alussa alhainen. Painon lisääntyessä lämmöntuotto lisääntyy. Samalla ilmanvaihtoa pitää säätää suuremmaksi, koska hiilidioksidin ja kosteuden tuotto myös lisääntyvät. Olosuhteet ja lämmitystarve karjarakennuksessa vaihtelevat. Ilmanvaihtomäärää tulee säätää tarpeiden mukaisesti.

Aputiloissa, kuten sosiaalityötiloissa ja toimistoissa, lämmitystarve alkaa selvästi aiemmin kuin tuotantotiloissa, koska eläimet eivät tuota näihin tiloihin lämpöä.



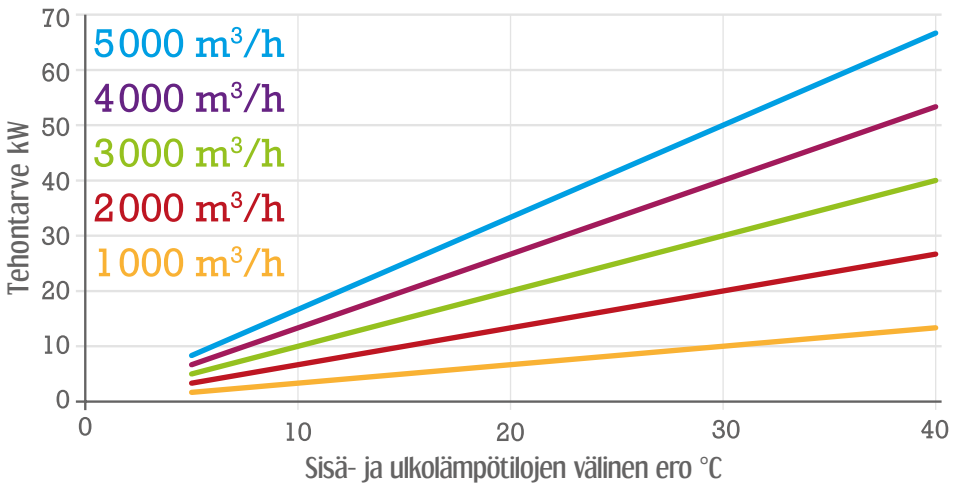
Kuva 3. Sikalan lämpöhäviöiden jakuma eri lämpötiloissa, kun eläinpaino on 60 kg ja sikalassa on 2400 sikaa. Sikojen tuottama lämpö riittää esimerkiksi noin $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ pakkasiin asti.

Sisälämpötilan vaikutus

Mitä korkeampana rakennuksen sisälämpötiloja pidetään, sitä enemmän tarvitaan lämmitysenergiaa. Kun lämpötilaero sisä- ja ulkolämpötilojen välillä kasvaa sekä rakenteiden läpi johtuva että ilmanvaihdossa siirtyvä lämpöhäviö kasvaa. Kuvassa 4 on esimerkiksi ilmanvaihdon lämpöhäviöstä, kun sisä- ja ulkolämpötilan ero ja ilmanvaihtomäärä muuttuvat. Jos esimerkiksi ilmanvaihtomäärä on 3 000 m³/h ja karjarakennuksen sisälämpötila on +20 °C ja ulkolämpötila on -20 °C, lämpötilaeroa on 40 °C. Lämpöhäviö on tällöin 40 kW. Jos sisälämpötila on +15 °C ja lämpötilaero 35 °C, lämpöhäviö on 35 kW eli 5 kW pienempi. Rakenteiden läpi

johtuva lämpöhäviö muuttuu samoin. Sisälämpötilan tulisi vastata vallitsevia olosuhteita. Lihantuotannossa porsaas ja pienet untuvikot tarvitsevat korkeampia lämpötiloja. Kun eläimet kasvavat, lämpötilaa voidaan alentaa. Esimerkiksi broilerintuotannossa alkulämpötila on noin +34 °C ja loppulämpötila noin +20 °C. Naudat sietävät selvästi paremmin alhaisempia lämpötiloja. Navetoissa yhtenä alarajana on veden ja lannan jäätympiste.

Korjaamotiloissa ollaan usein työtai ulkovaatteissa, jolloin selvästi alle +20 °C lämpötila on riittävä. Näissä tiloissa ei useinkaan oleskella jatkuvasti, joten käyttämättömien tilojen lämpötilaa voidaan laskea vielä matalammaksi.



Kuva 4. Ilmanvaihtomäärän sekä sisä- ja ulkolämpötilan erotuksen vaikutus lämpöhäviöön

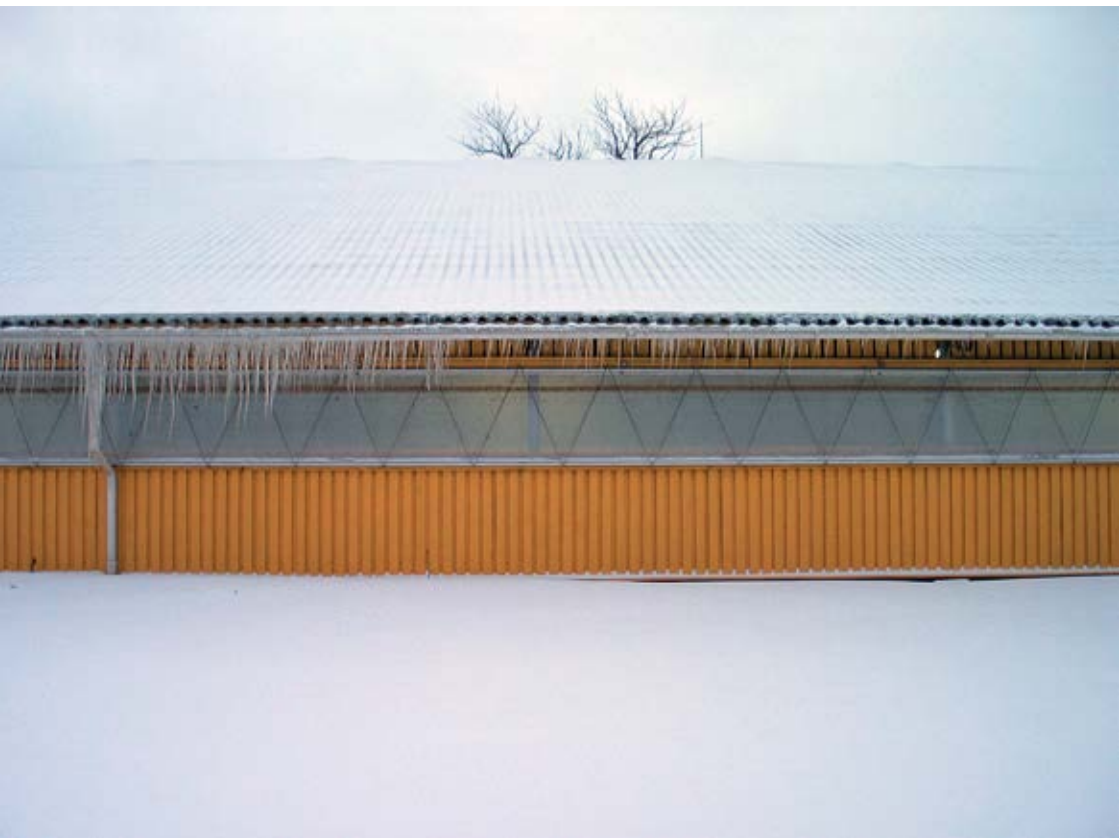
Lämmitystarveluku

Rakennusten lämmitysenergian tarvetta kuvataan lämmitystarveluvulla. Lämmitystarve riippuu suoraan ulkolämpötilasta ja epäsuoraan tuulesta ja auringonpaisteen säteilylämmöstä. Lämmitystarpeet vaihtelevat säiden ja vuoden aikojen mukaan. Lämmitystarvelukua kutsutaan myös astepäiväluvuksi. Tätä lukua käytetään mm lämmönkulutuksen vertailluun. Sen avulla voidaan kunkin vuoden kulutuslukema normioida ja sään vaikutus saadaan poistettua.

Asuinrakennuksissa käytettävä lämmitystarveluku ei sovellu suoraan karjarakennuksiin. Karjarakennusten lämmittäminen aloitetaan vasta, kun ulkolämpötila on selvästi pakkasella ja lämmitys voidaan lopettaa aikaisemmin kuin asuinrakennuksissa. Karjarakennusten vertailuun tarvittaisiin oma laskentatapa.



*[ilmatieteenlaitos.fi/
lammitystarveluvut](https://ilmatieteenlaitos.fi/lammitystarveluvut)*



Rakennusten viilennys

Kesäisin karjasuojien lämpötilat voivat kohota liian korkeiksi, jolloin niitä on viilennettävä. Aluksi voidaan avata kaikki ilmanvaihtoon vaikuttavat luukut. Ilma vaihtuu tehokkaasti, jos rakennukseen on mahdollista saada hyvä ristiveto. Jos tämä ei riitä, voidaan käyttää apuna suurikokoisia sekoituspuhaltimia, joiden tarkoituksena on nopeuttaa ilman virtausta rakennuksessa. Virtauksen lisääntyessä eläimet pystyvät haihduttamaan kehon lämpöä tehokkaammin. Puhaltimien käyttö lisää energian kulutusta, mutta pohjoisissa olosuhteissa niiden käyttöaika ei ole kovin pitkä.

Jos tuuletus ja virtausnopeuden lisääminen eivät riitä, voidaan käyttää apuna esimerkiksi vesisumua. Veden höyrystyminen sitoo lämpöä ympäristöstä ja viilentää sisäilmaa. Suomessa tätä käytetään jonkin verran sikaloissa ja broilerikasvattamoissa, koska näissä tiloissa sumu, ja jossain tapauksissa myös ilmanvaihto, saadaan kohdistettua paremmin kuin navetoissa. Osa höyrystyvästä sumusta jäähdyttää ilmaa ja osa eläinten ihoa.

Rakennusten lämmitys

Maatiloja lämmitetään yhä enemmän hakkeella ja turpeella öljyn sijasta. Tämä on kannattavaa sekä tukien että energian hinnan vuoksi. Kotimaisen polttoaineen käyttö ei sinänsä vähennä energian kulutusta, mutta hiilineutraalin polttoaineen käyttö vähentää hiilidioksidipäästöjä. Turvetta ei usein lueta hiilineutraaliksi polttoaineeksi, koska sen käyttö ei vähennä hiilidioksidipäästöjä.



Puupellettejä

Karjarakennusten aputilojen ja lämpimän käyttöveden lämmitykseen voitaisiin käyttää koneiden hukkalämpöä esimerkiksi maidon jäähdytyslaitteistosta. Karjasuojan poistoilmasta voidaan myös ottaa lämpöä talteen. Nämä keinot vaativat usein omia järjestelmiä sekä investointeja.

Sisällysluettelo

- 3 Eläinten lämmöntuotto
- 5 Lämmön johtuminen
- 6 Ilmanvaihdon lämpöhäviö
- 7 Kokonaislämpöhäviö
- 8 Rakennusten lämpötapaino
- 9 Sisälämpötilan vaikutus
- 10 Lämmitystarveluku
- 11 Rakennusten viilennys
- 11 Rakennusten lämmitys



Lisää maatalouden energiatietoa
www.energia-akatemia.fi

Rakennusten lämpöhäviöt ja lämmitys

- Mitä isompaa tilaa lämmitetään, sitä enemmän kuluu energiaa. Lämmitä vain niitä tiloja, joissa tarvitaan lämmitystä.
- Tiloja ei saisi lämmitellä liian lämpimiksi kovilla pakkasilla. Yhden asteen muutos sisälämpötilassa vaikuttaa energian kulutukseen 2–3 %.
- Eläinten tuottama lämpö lämmitetään osaltaan karjasuojia. Mitä suurempi eläintiheys, sitä enemmän lämpöä. Hyväksytyt eläintiheydet on säädetty eläinten hyvinvointivaatimuksissa.
- Korjaamojen ja vastaavien tilojen lämpö häviää pääasiassa johtumalla rakenteiden läpi ulkoilmaan. Energian kulutusta voidaan tällöin vähentää kunnollisella eristyksellä.
- Karjarakennuksissa suurin osa lämmöstä häviää ilmanvaihdon kautta ulos. Ilmanvaihtomäärän tulee olla eläinten hyvinvointiin nähden sopiva. Karjarakennusten eristämällä ei ole samaa merkitystä energian kulutukselle kuin esimerkiksi korjaamossa.
- Uusiutuvat polttoaineet eivät sinänsä säästä energian kulutuksessa, mutta ne ovat usein taloudellisempia ja niiden aiheuttamat hiilidioksidipäästöt ovat alhaisempia kuin uusiutumattomien polttoaineiden.
- Eri vuosien lämmityksiä vertailtaessa sään vaikutus voidaan huomioida lämmitystarveluvulla.

ENERGIA



AKATEMIA



Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin



HELSINGIN YLIOPISTO

SeAMK

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULU
JAMK UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES