



## Maatalouden tuotantorakennusten lämpöhuolto ja huoneilmasto C2.2

### 1. YLEISTÄ

Rakentamismääräys- ja ohjekokoelman osa C2.2 sisältää maatalojen tuotantorakennusten lämpöhuollon ja huoneilmaston suunnitteluohjeita. Määräykset ja ohjeet perustuvat käytännön kokemuksiin ja suoritettuihin tutkimuksiin.

Määräykset on annettu *lihavoituna*, samoin viittaukset muista säädöksistä tuleviin mitoitus- tai muihin vaatimuksiin.

Maatilakiinteistöjen lämmityksessä on pyrittävä uusiutuvien energialähteiden ja ensisijaisesti tilan omien polttoaineiden käyttöön. Lämmitysjärjestelmissä on pyrittävä taloudellisiin, teknikaltaan yksinkertaisiin ja käyttövarmoin ratkaisuihin.

Maatalouden kotieläin- ja muiden tuotantorakennusten ilmanvaihto- ja lämmityslaitteiden suunnittelussa on otettava huomioon soveltuvin osin Suomen rakentamismääräyskokoelman D-osan ohjeet.

Terveydenhuoltolaissa sekä maa- ja metsätalousministeriön päätöksissä annettuja säännöksiä tulee noudattaa.

Asuinrakennusten lämpöhuoltoa ja huoneilmastoa käsitellään erikseen maa- ja metsätalousministeriön rakentamisohjeessa MMM-RMO C2.1.

### 2. KOTIELÄINRAKENNUSTEN LÄMPÖHUOLTO JA HUONEILMASTO

Ilmanvaihdon ja lämmityksen tehtävänä on luoda eläinsuojaan huoneilmasto, jossa eläimet voivat hyvin ja niiden aineenvaihdunta toimii oikein ja jossa eläinten hoitajan työskentelyolosuhteet ovat tarkoituksenmukaiset. Taulukossa 2 on esitetty eri eläinlajeille suositeltavat ilman lämpötilat sekä suhteellista kosteutta ja ilmanvaihtoa koskevat suositukset.

Eläimen aineenvaihdunnassa kehittyvä lämpö voidaan jakaa kahteen osaan. Osa lämmöstä poistuu iholta ja hengityselimistä siirtymisen, johtumisen ja säteilyn avulla ja osa lämmöstä sitoutuu vesihöyryyn, jota haihtuu eläinten iholta ja hengityselinten pinnalta.

Rakennuksen ulkovaipan eli ulkoseinien, yläpohjan ja alapohjan tehtävänä on muodostaa tila, jossa olosuhteita voidaan säädellä eläinten kannalta tarkoituksenmukaiseksi. Tämä säätely perustuu eläinten lämmönluovutuksen, mahdollisen lisälämmityksen, ilmanvaihdon ja rakennuksen vaipan läpi tapahtuvan lämmönsiirtymisen yhteensovittamiseen. Taulukossa 2 esitetyt ilmanvaihdon vähimmäisarvoja ei ole suotavaa alittaa, kos-

ka näitä arvoja pienemmät ilmavirrat eivät riitä ylläpitämään tyydyttäviä olosuhteita.

***Jos eläintilan lämmitys ja ilmanvaihto perustuvat sähköisesti toimivaan järjestelmään, on eläinten terveyden ja hyvinvoinnin kannalta riittävän lämmityksen ja ilmanvaihdon järjestämiseen oltava mahdollisuus myös sähkökatkon tai laitteiston häiriöiden aikana.***

Sähköisesti toimivassa ilmanvaihto- ja lämmityslaitteistossa on tarvittaessa oltava hälytysjärjestelmä, joka antaa hälytyksen häiriön sattuessa.

#### 2.1 Kriittinen lämpötila

Eläinten tuotantokyvyn kannalta ei lämmöneristetyin eläinsuojan vuorokautinen lämpötilan vaihteluväli saisi olla viittä astetta suurempi. Kylmäpihatoissa tai vastaavissa eristämättömissä eläinsuojissa lämpötilavaihtelun merkitys ei ole niin suuri, vaan niissä on tärkeämpi rakennuksen antama hyvä tuulensuoja ja suojaus vedolta. Nuorilla broilereilla ja imeväisikäisillä porsailla lämpötilan vaihteluväli saisi olla korkeintaan kaksi astetta.

Liian alhaisessa lämpötilassa tavallista suurempi osa eläinten syömän rehun energiasta kuluu normaalin ruumiinlämmön ylläpitämiseen mikä pienentää rehuyksikköä kohti saatavaa tuotantoa. Lämpötilaa, jonka alapuolella näin tapahtuu, nimitetään alemmaksi kriittiseksi lämpötilaksi. Alesman kriittisen lämpötilan tasoon vaikuttaa huomattavasti lattiaratkaisu ja kuivikkeen käyttö.

Runsaalla kuivikkeen käytöllä on alemmaa kriittistä lämpötilaa laskeva vaikutus.

Liian korkea lämpötila aiheuttaa eläimelle ruokahalun laskua ja sitä kautta tuotoksen alenemista. Tällöin puhutaan yleemmästä kriittisestä lämpötilasta. Eri eläinlajien alemmat ja ylemmät kriittiset lämpötilat ovat esitetty taulukossa 1.

***Taulukko 1. Eri eläinlajien alimmat ja ylimmät kriittiset sekä optimi-lämpötilat.***

Eläinlaji	kriittiset lämpötilat °C		
	alempi	ylempi	Optimi
Lehmä	(-25...)-15	23...27	5...15
Nuorkarja	(-15...) 0	25...30	10...20
Pikku vasikka	(0...) 10	30	15...25
Lihakarja, > 3kk	(-35...)-15	25...30	-10...15
Porsiva emakko	(5...) 20	27...32	10...28
Vastasyntynyt porsas, ≤ 2 viikkoa	25	34	30...32
Lihasila	(7...) 15	25...27	15...22

#### 2.2 Ilman suhteellinen kosteus

Liian alhainen suhteellinen kosteus aiheuttaa ilman pölypitoisuuden kasvamista ja ärsyttää sekä

eläinten että ihmisten hengityselimiä ja kuivattaa ihoa. Ilman suhteellinen kosteus ei saisi alittaa 50 %.

Pysyvä liian suuri ilman suhteellinen kosteus, yli 85 %, saattaa aiheuttaa rakenteiden vaurioitumista mm. puurakenteiden lahoamista ja korroosiota metallirakenteissa.

### 2.3 Ilmanvaihto

Jokaisen huonetilan ilmanvaihtolaitteen tehon ilmaisevat tiedot esitetään pääpiirustuksissa ja tarvittaessa täydennetään niitä osapiirroksilla ja kirjallisilla ohjeilla.

Ilmanvaihtoa mitoitettaessa ohjearvoiksi suositellaan taul. 2 esitettyjä lukuja. Ilmanvaihto voidaan järjestää joko painovoimaisena tai koneellisena.

Painovoimaisessa ilmanvaihtojärjestelmässä tulo- ja poistoilma-aukkojen pinta-alat ilmoitetaan m<sup>2</sup>:nä (kukin aukkoryhmä yhteenlaskettuna), sekä koneellisessa ilmanvaihtojärjestelmässä puhaltimien teho m<sup>3</sup>/h.

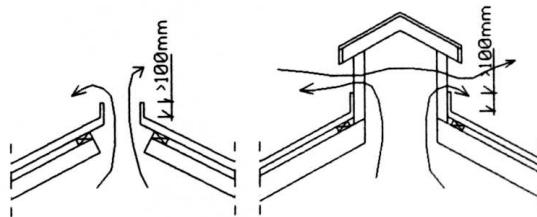
#### 2.3.1 Painovoimainen ilmanvaihto

Painovoimaista eli luonnollista ilmanvaihtoa suunniteltaessa on otettava huomioon, että sen toiminta perustuu ulko- ja sisäilman tiheyksien eroon sekä ilman tulo- ja poistoaukkojen korkeuserosta syntyvään paine-eroon.

Kesällä ilmanvaihdon toimintaa voidaan tehostaa esimerkiksi pitämällä ovia ja ikkunoita auki. Siksi on syytä tehdä 10...15 % ikkunoista tai vähintään kaksi ikkunaa avattaviksi eläinhallissa. Nämä ikkunat sijoitetaan mahdollisuuksien mukaan rakennuksen eri sivuille. Avattavat ikkunat tulisi merkitä pohjapiirroksen.

Poistoilmakanava tulee sijoittaa mahdollisimman keskeisesti eläinten lämmöntuotantoon nähden. Kanava tulisi sijoittaa käytävän kohdalle tai muuhun helppopääsyiseen paikkaan. Poistoilmakanavan seinät tulisi lämpö- ja kosteuseristävä rakennuksen ulkoseinän eristyskykyä vastaavasti. Kanavassa tulee olla säädettävä sulkuläppä.

Eristämättömässä eläintilassa voidaan poistoilma ohjata ulos katonharjaan sijoitetun tuuletusraon lävitse (kuva 1). Aukon leveys mitoitetaan ilmanvaihdon vaatimusten mukaan ja se on yleensä enintään 300 mm. Aukon tulee tarpeen mukaan olla helposti säädettävissä ja sen rakenteen tulee estää haitallisen lumi- ja vesisateen pääsy eläintilaan.



**Kuva 1.** Avoin harja, kattamaton ja katettu

Tuloilma-aukkojen pinta-alan tulee olla vähintään poistoilma-aukkojen pinta-alan suuruinen. Aukkojen sijoittelussa tulee ottaa huomioon mm. tuloilman virtausnopeuden vaikutus huoneilmastoon ja tuloilman jakautuminen mahdollisimman tasaisesti koko huonetilaan. Poistoilma-aukkojen puisissa pintarakenteissa suositellaan käytettäväksi kesto-putta tai muuta kosteudenkestävää rakennetta.

#### 2.3.2 Koneellinen ilmanvaihto

Koneellinen ilmanvaihto perustuu puhaltimella aikaansaatuun paine-eroon. Koneellisen ilmanvaihdon suunnittelussa tulisi käyttää alan asiantuntijaa.

Alipainejärjestelmässä ilma poistetaan koneellisesti yhden tai useamman poistoilma-aukon kautta, jolloin huonetilaan syntyy alipaine, jonka ansiosta tuloilma virtaa tuloilma-aukoista tai ilmaa läpäisevän alipaineisen vaipan läpi eläintilaan.

Tasapainejärjestelmässä sekä tulo- että poistoilma-aukoissa on puhaltimet, jotka toimivat siten, että huonetilaan ei synny yli- eikä mainittavaa alipainetta. Ilmanvaihtoaukot olisi kuitenkin ohjattava niin, että minimi-ilmanvaihdon määrää ei koskaan aliteta, ja että heikko alipaine vallitsee eläinhallissa.

Ylipainejärjestelmää ei tulisi käyttää kotieläinrakennuksissa, koska ylipaine aiheuttaa epätiivihin höyröyksen takia vuotovirtauksia eristeiden läpi, josta seuraa kosteusvahinkoja.

Sähkökatkon varalta tulee olla varailmanvaihtojärjestelmä. Puhaltimet tulisi sijoittaa pystysuoriin ilmastointihormeihin, joista ilma pääsee puhaltimen pysähtymisen jälkeen painovoimalla ulos. Koneellisessa ilmanvaihdossa sähkökatkosten aiheuttamien häiriöiden takia on kotieläinrakennuksessa oltava riittävästi avattavia ikkunoita, ovia tai muita luukkuja. Broilerihalleissa, suursikaloissa ym. suurissa eläinhalleissa tarvitaan usein sähkökatkojen varalta sähkögeneraattori, ks kohta 2 Kotieläinrakennukset.

#### 2.3.3 Tuulen vaikutuksen huomioonottaminen

Tuulen aiheuttama paine-ero rakennuksen tuulen ja tyynenpuolella on tuulennopeudella 10 m/s noin 70 Pa. Kun alipaineilmanvaihdossa puhaltimen aiheuttama alipaine on usein n. 5...10 Pa, ilman-

vaihto ei toimi toivotulla tavalla. Tuulen vaikutusta voidaan estää painovoimaisessa- ja alipaineilmanvaihtojärjestelmässä sijoittamalla tuloilma-aukot tuulelta suojattuun paikkaan. Tuloilma voidaan ottaa esimerkiksi tuuletetusta ullakkotilasta

välikatton kautta. Jos tuloilma otetaan yläpohjan kautta keskeltä rakennusta, on huolehdittava, että tuloilma ei kesällä lämpiä. Tästä syystä tuloilman kanava on suotava eristää.

**Taulukko 2.** Kotieläinten lämmön- ja kosteuden tuotanto sekä sille suositeltavat huoneilman talvenaikaiset arvot lämmöneristetyissä kotieläinrakennuksissa.

Eläin	Paino kg	Eläinten ikä, Kk (vrk)	Suositus- lämpötila °C	Suht. Kost:n max-%	Lämmön- luovutus W/el.	Kosteuden luovutus g/h	Ilmanvaihto m <sup>3</sup> /h	
							min.	max.
Lypsylehmä	400..500		12	85	700	400	55	310
- " -	600		12	85	800	450	65	330
- " -	700		12	85	850	500	70	360
Hieho ja ummessa oleva lehmä	500		12	85	600	400	50	240
Nuorkarja, uudistus	400	18	12	85	500	300	40	200
- " -	300	9	12	85	400	250	30	150
- " -	150	5	12	85	250	150	20	100
Vasikka	75	2	12	85	100	75	10	55
Lihakarja	600	20	12	80	600	750	110	250
- " -	500	16	12	80	550	500	80	230
- " -	300	10	12	80	400	450	55	180
- " -	200	6	12	80	350	350	50	150
- " -	100	3	12	80	250	200	30	100
Emakko + pikkuporsaat,(7kpl)	200+10x7		16(32)	80	550	450	35	250
Joutilas emakko	200		12	80	350	100	20	150
Karju	200	12	12	80	350	100	20	150
Nuoremakko, uudist.	<200	<3	16	80	150	75	20	150
Pikkuporsas	20	3	20	80	60	60	5	30
- " -	10	1	22	80	30	40	3	30
Tuotannossa oleva emakko (Kaikki eläimet samassa tilassa - emakot, pikkuporsaat, karjut)			16	80	480	220	35	260
Lihotussika, jatkuva tuotanto	30...110	3...7	16	80	110	100	10	70
Lihotussika, kierroskasvatus	110	5...7	16	80	200	150	15	100
- " -	90	3...5	16	80	150	120	13	80
- " -	60	2...3	16	80	100	90	10	60
- " -	30	1...2	18	80	75	70	7	40
Kana	2	>5	18	70	10	5	0.5	6.0
Broileri	1.7	35 vrk	21	75	10	5	0.8	5.0
- " -	1.0	25 vrk	23	75	10	5	0.5	3.0
- " -	0.5	16 vrk	27	75	5	2.5	0.3	2.5
- " -	0.1	5 vrk	31	75	1	1	0.1	0.5
- " -	0.05	1 vrk	34	70				
Lammas	<100	>2	10	80	150	80	10	50
- " -	10	<2	10	80	50	20	2	15
Hevonen (työ)	500		10	80	650	200	30	240
- " - (kilpa)	500		14	80	650	220	35	350

Suurin sallitun ilman virtausnopeus eläinten oleskeluvyöhykkeellä talven aikana on 0.25 m/s. Lämpimänä vuodenaikana sallitaan suurempi virtausnopeus.

### 2.3.4 Lantakaasuhaittojen estäminen liete- lantajärjestelmässä

**Lantakaasujen eläintilaan pääsyn estämiseksi on liotelantakanavien ja -säiliön välille sijoitettava vesilukko ja otettava vähintään minimi-ilmanvaihtoa vastaava osa poistoilmasta liete-kanavan kautta. Vesilukko tulee selvästi merkittä pohjapiirrookseen. Säiliön ja eläintilan välissä suljetuissa liotelantakanavissa ei saa olla tuuletusaukkoja silloin kun eläintilassa on alipaineilmastointi.**

Lantakaasuhaittojen vähentämiseksi tuloilma on suotavaa johtaa suoraan eläinten hengitysvyöhykkeelle ruokintapöydän yläpuolelta.

Haitalliset kaasu- ja epäpuhtauspitoisuudet saavat ainoastaan lyhyellä aikajaksolla ylittää taulukossa 3 esitetyt arvot.

**Taulukko 3.** Vaarallisten kaasujen suurimmat hyväksyttävät pitoisuudet, ppm = miljoonasosa (=cm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>)

Hiiidioksidi, CO <sub>2</sub>	3000 ppm
Ammoniakki, NH <sub>3</sub>	10 ppm (25 ppm) <sup>1)</sup>
Rikkivety, H <sub>2</sub> S	0.5 ppm
Häkä, CO	5 ppm
Orgaaninen pöly	10 mg/m <sup>3</sup>

<sup>1)</sup> Siipikarjarakennuksissa

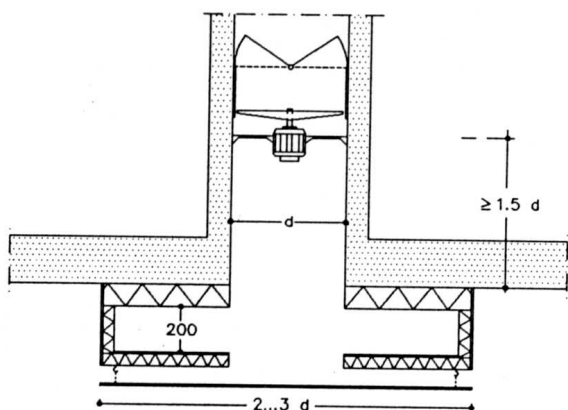
### 2.3.5 Ilmanvaihtolaitteiden melunvaimennus

**Eläimet eivät saa olla jatkuvasti alttiina melulle, joka ylittää 65 dB (kaikissa MMM:n elintarvikke- ja terveysosaston eläinsuojeluväitöissä)**

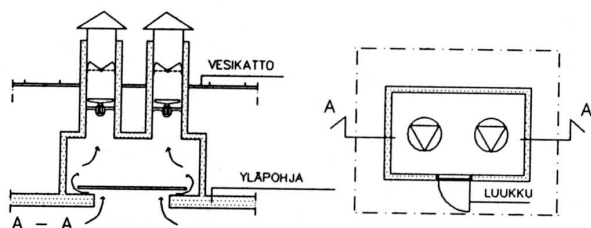
Puhaltimien käyttöäänä ja ääni, joka syntyy ilman virtauksesta puhaltimessa ja ilmakehävirstossa, on vaimennettava hyväksyttävälle tasolle äänenvaimentimen avulla.

Äänenvaimennin rakennetaan puhaltimen poistoaukon eteen esimerkiksi kuvan 2 esittämällä tavalla. Puhaltimet voidaan sijoittaa myös erilliseen puhallinhuoneeseen (kuva 3), jonka sisäseinät verhotaan ääntä absorboivalla materiaalilla.

Aksiaalipuhaltimien kierrosluku vaikuttaa äänitasoon, joten olisi syytä mahdollisuuksien mukaan valita puhallin, jonka kierrosluku ei ylitä 1000 r/min.



**Kuva 2.** Äänenvaimennin puhaltimen poistoaukon eteen sijoitettuna.



**Kuva 3.** Puhaltimet sijoitettuna erilliseen puhallinhuoneeseen, jonka sisäseinät verhotaan ääntä absorboivalla materiaalilla.

## 2.4 Lämmitys

Eläintilojen lämmönkulutus riippuu lämpötilan erosta sisällä ja ulkona, ilmanvaihtotarpeesta sekä rakenteiden U-arvosta, rakennuksen koosta ja muodosta.

### 2.4.1 Ulkoilman mitoituslämpötilat

Lämmityslaitteiden tehon mitoituksen kannalta on olennaista sisä- ja ulkolämpötilan ero. Tästä johtuen kullekin paikkakunnalle on määritelty se asteluku, jonka päivälämpötilan keskiarvot alittuvat 5...7 päivänä vuodessa. Lihasilaloiden lämpötehotarpeen laskennassa käytetään kuitenkin astelukua, jonka alueen vuorokausilämpötilan keskiarvo alittaa 3...4 päivänä vuodessa. Broilerikasvattamoiden

tamoiden lämpötehotarpeen laskennassa taas käytetään mitoituksulkoilma- ja sisälämpötilana Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5:n mukaisia arvoja, johtuen broilereiden herkkyydestä lämpötilavaihteluille. Taulukossa 4 on esitetty nämä mitoituksulkoilma- ja sisälämpötilat alueittain.

**Taulukko 4.** Kotieläinrakennusten suunnittelussa käytettävät ulkoilman mitoituksulkoilma- ja sisälämpötilat alueittain

	ALUE, (taul 6, kuva 4)			
	I	II	III	IV
Yleisesti	-22	-24	-27	-30
Lihasilalat	-24	-27	-30	-34
Broilerikanalat	-26	-29	-32	-38

(RakMK D5)

### 2.4.2 Rakennusosien lämmöneristys

Lämpimien ja erityisesti lämmitettyjen eläintilojen lämmöneristystarvetta määritettäessä tulisi käyttää lähtökohtana kuvassa 4 esitettyä aluejakoa. Rakenteiden lämmönläpäisykerroin (=U-arvo) ja eristyspaksuuden, tulee olla vähintään taulukon 5 mukaisia jos eristeenä on mineraalivilla tai muu vastaavan lämmöneristyskyvyn omaava eriste. Nämä arvot eivät koske kylmiä pihattoja eikä muita eristämättömiä eläintiloja (lampolat, turkiseläintilat). Kylmien lypsykarjapihattojen suunnittelussa keskeisenä vaatimuksena on vedottomuuden aikaansaaminen.

Rakennuksissa jossa ei ole lämmitysjärjestelmää, ulkoseinän ja yläpohjan U-arvot saavat ylittää taulukossa 5 annetut arvot.

Ulkoseinärakenteena voidaan esim. hevostalleissa ja navetoissa, käyttää yksinään vähintään noin 150 mm:n vahvuista hirttä (U-arvo enintään n. 0.7 W/m<sup>2</sup>K) tai muuta vastaavan eristyskyvyn omaavaa massiivirakennetta.

### 2.4.3 Lämpötasapainon määrittäminen

Ilmanvaihdon määrä liittyy kiinteästi rakennuksen lämpötasapainoon. Eläinten ja lämpöä kehittävien laitteiden lämpötehon tulisi olla yhtä suuri kuin rakennuksen seinien, katon ja lattian läpi virtaavan ja ilmanvaihdon mukana menevän lämpötehon summan.

Taulukosta 6, voidaan määrittää lisälämmitystarpeen suuruus silloin, kun rakennuksessa on käytetty taulukon 5 perusteena olevia eristyspaksuuksia. Mikäli taulukossa esitetty lisälämmön tarve on pienempi kuin 10 W/m<sup>2</sup>, eivät lämmityslaitteet ole eläintilassa tarpeelliset.

Taulukon laskennan perusteina ovat kotieläinrakennusten mitoituksulkoilma- ja sisälämpötila- ja ilmanvaihtosuositukset. Mitoituksulkoilma- ja sisälämpötilat ja lämmöneristyspaksuudet, taul. 4 ja 5 mukaan. Eläintilan sisäkorkeudeksi on oletettu 2.7 m.

**Taulukko 5.** Rakenteiden suositeltavat lämmöneristyspaksuudet [mm] ( $\lambda_n = 0.040 \dots 0.045 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) ja maksimi-U-arvot ( $U_M$ ) [ $\text{W/m}^2\text{K}$ ].

	I,II ALUE	III ALUE	IV ALUE
Ulkoseinä ja siihen verrattava väliseinä <sup>1)</sup>	125 $U_M=0.4$	125 $U_M=0.4$	125 $U_M=0.4$
Yläpohja ja siihen verrattava välipohja <sup>1)</sup>	150(200) $U_M=0.30$	175(225) $U_M=0.26$	220(250) $U_M=0.24$
Sokkelin ja lattia-laatan ulkoreuna-alueen eristyspaksuus	50	50	50
Ikkunat, lasien määrä	2 kpl	2 kpl	2 kpl
Ulko-ovet, eristyspaksuus	50	50	50

<sup>1)</sup> Broilerikasvattamon ulkoseinän  $U_M=0.3$  ja yläpohjan  $U_M=0.22 \text{ W/m}^2\text{K}$

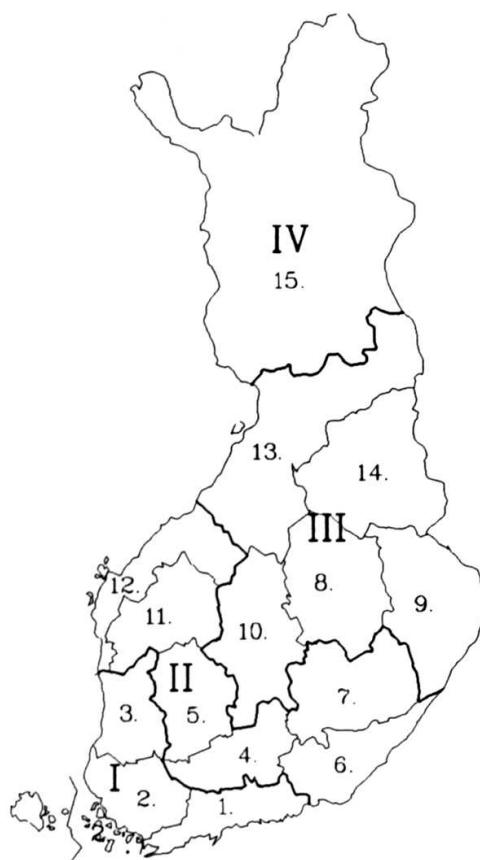
**Taulukko 6.** Eläinsuojien ohjeellinen lisälämmöntarve, [ $\text{W/m}^2$ ]

Alue	Eläintilan pinta-ala m <sup>2</sup>	Navetta 0.11... 0.13 Ny/m <sup>2</sup> W/m <sup>2</sup>	Emakosika 0.1... 0.2 Em/m <sup>2</sup> W/m <sup>2</sup>	Lihasukkalat 0.6... 1.0 S/m <sup>2</sup> W/m <sup>2</sup>	Kanala 12... 15 Ka/m <sup>2</sup> W/m <sup>2</sup>	Broilerikanala n.20 Br/m <sup>2</sup> W/m <sup>2</sup>
I	≤ 300	25	40	50	5	90
	> 300	20	35	45	0	75
II	≤ 300	35	45	60	10	95
	> 300	30	40	55	5	80
III	≤ 300	45	50	70	20	100
	> 300	40	50	60	10	85
IV	≤ 300	60	60	80	30	110
	> 300	55	55	70	20	95

Korj.kerroin	ALUE I	ALUE II	ALUE III	ALUE IV
C <sub>1</sub>	1.0	1.1	1.2	1.3
C <sub>2</sub>	1.0	1.1	1.3	1.6

Kaksikerroksisessa rakennuksessa käytetään kerrointa · 0.75

Alueet	TE-keskus
I	1.Uusimaa, 2.Varsinais-Suomi, 3.Satakunta
II	4.Häme, 5.Pirkanmaa, 6. Kymi, 7. Etelä-Savo, 11.Etelä-Pohjanmaa, 12.Pohjanmaa
III	8. Pohjois-Savo, 9. Pohjois-Karjala, 10. Keski-Suomi, 13. Pohjois-Pohjanmaa, 14.Kainuu
IV	15. Lappi



**Kuva 4.** Lisälämmöntarpeen mitoitusta varten vaadittu aluejako

#### 2.4.4 Lämmityslaitteet

Lisälämmitystä tarvittaessa tulee selvittää vuotuinen energiatarpeen suuruus. Vuotuisen energiatarpeen ja lämmityslaitteiston hankintakustannuksien perusteella valitaan sopiva lämmityslaitteisto. Jos vuotuinen energiantarve on pieni ei laitteiston hyötysuhteella ja lämpöenergian hinnalla ole yhtä suurta merkitystä kuin hankintakustannuksilla. Eläintilan lämmityksen yhdistäminen maatilaa asuinrakennuksen lämmitystä varten tehtyyn lämpökeskukseen voi olla tarkoituksenmukaista, silloin kun tarvittava lämpömäärä vuosittain on huomattava.

Joissakin tapauksissa kannattaa harkita lisälämmityksen korvaamista lämmönvaihtimella, joka ottaa talteen osan ilmanvaihdon mukana menevästä lämmöstä. Karkeana arviona voidaan sanoa, että lämmönsiirtimen teho on noin 20 % ilmanvaihdon mukana poistuvasta lämpötehosta. Ilmanvaihdon seuranta ajatellen kotieläinrakennukset suositellaan varustettavaksi ulko- ja sisälämpötilamittarilla.

Suurissa eläintiloissa, joissa ilmanvaihtomäärät ovat suuret ja lämpöhäviöt tästä syystä korkeat, on kannattavaa asettaa lämmön talteenotto laite poistoilmapuhaltimen yhteyteen. Ylijäämlämpö voidaan käyttää hyväksi myös lämpimän veden tai toisen rakennuksen lämmitykseen.

### 3. MUUT TUOTANTORAKENNUKSET

#### 3.1 Maatilan huoltorakennukset

Maatilan huoltorakennuksilla tarkoitetaan tässä lämmitettyjä konesuoja- ja yritystoimintaan liittyviä tuotantorakennuksia.

Näiden tilojen sisälämpötila määräytyy käyttötarkoituksen mukaan. Huonekorkeus on yleensä korkeampi kuin asuinrakennuksessa ja esimerkiksi suuret ovet korjauspajoissa aiheuttavat vaihteluita lämpötilaan. Tehontarve ja vuotuinen lämmönkulutus voidaan karkeasti määrittää alla olevista kaavoista, 3.1a ja 3.1b. Tätä tehoa käytetään ohjekustannuksen laskennassa. Huonekorkeus  $\leq 5$  m. Korjauskertoimet,  $C_1$  ja  $C_2$ , samat kuin taulukossa 1,  $A_1$  = lämmitetty pohjapinta-ala,  $m^2$ ;  $h$  = huonekorkeus, m.

Lämpötehotarve.

$$P = C_1 \cdot 0.03 \cdot A_1 \cdot h \quad [\text{kW}] \quad (3.1a)$$

Vuotuinen lämpökulutus:

$$Q = C_2 \cdot 40 \cdot A_1 \cdot h \quad [\text{kWh}] \quad (3.1b)$$

#### 3.2 Viljankuivaamot

##### 3.2.1 Lämminilmakuivaamo

Lämminilmakuivurit ovat tavallisesti siilotyypisiä eräkuivureita, jossa viljaa jatkuvasti kierrätetään ylhäältä alaspäin. Kuivausilman lämpötila tulisi olla 50...70 °C.

Kuivausilman otto tulisi sijoittaa rakennuksen aurinkoiselle puolelle, missä ilman kosteus on yleensä pienempi ja lämpötila korkeampi kuin varjonpuolella.

Lämmönkulutus riippuu kuivattavasta viljamäärästä ja viljan kosteudesta. Kaavasta 3.21 saadaan kuivuriuunin ohjeelliset tehotarpeet.

Uunin tehotarve

$$P_k = 25 + 1.5 \cdot V_k \quad [\text{kW}] \quad (3.2.1)$$

Lämminilmakuivurin uuniteho =  $P_k$  [kW]

Kuivurin tilavuus =  $V_k$  [hl]

##### 3.2.2 Lisälämmityksellä varustetut kylmäilmakuivurit

Sisään puhalletun ilman lämpötilan nostamiseksi voidaan käyttää lämmönvaihtajaa, joka saa lämpöenergian maatilan lämpökeskuksesta tai esim. auringosta. Suuren ilmamäärän takia, jota käytetään kuivauksessa, mahdollinen lämpötilan kohoaminen on vain muutama aste. Tästä syystä aurinkokeräimen pinta-ala on oltava riittävän suuri suhteessa kuivausvolyymiin.

Lämmityskattilan liittäminen kylmäilmakuivuriin ei ole yleensä taloudellisesti tarkoituksenmukaista.

Kylmäilmakuivurin, joka käyttää hyväkseen auringsäteilyä saatavaa lisälämpöä, ohjekustannukset ovat 20 % korkeammat kuin kylmäilmakuivurin ohjekustannukset.

Kylmäilmakuivureiden aurinkokeräimen suunnittelussa (vilja, heinä tai hake), tulisi ottaa huomioon seuraavat asiat:

- Ilmavirran keräimessä on oltava tarkoituksenmukainen. Tuuli tai savupiippuvaikutus (lämmin ilma nousee ylöspäin) ei saa häiritä suunniteltua ilmanvirtasuuntaa.
- Aurinkokeräin ei saa kuristaa ilmamäärää.
- Kosteaa, ulosmenevä ilma ei saa sekoittua kuivausilmaan.
- Ilman sisäänotto on sijoitettava lämpimälle puolelle rakennusta (etelään).
- Kuivausilmaa koskettavat kylmät betoni- tai tiilirakenteiset ilmanavat on eristettävä, myös varjonpuolella olevat peltipinnat saattavat pienentää kuivausilman lämpötilaa.

Kylmäilmakuivureita ei ole suositeltavaa rakentaa paikkaan, missä ilma on keskimääräistä kosteampaa.

#### 3.3 Kasvihuoneet

Energian säästön vuoksi tulisi kasvihuoneen ilmanvaihto varustaa automaattisilla säätölaitteilla. Kasvihuoneessa tulee aina olla harjatuuletus tai muu vastaava järjestelmä, jonka avulla saadaan tehokas ja tasainen raittiin ilman jakautuminen kasvihuoneeseen. Lämmönsäädön tulee aina olla automaattinen ja huonekohtainen.

Määrättäessä kasvihuoneen lämpötehotarvetta on otettava huomioon rakennetyyppi ja verhouksmateriaalien U-arvot, kasvien lämmöntarve ja kasvattamiskauden pituus, mikä vaikuttaa ulkoilman mitoituslämpötilaan.

Lämpölaitteen minimiteho  $P_{\min}$  voidaan likimäärin määrätä kaava 3.3:n mukaan. Tätä tehoa käytetään ohjekustannuksen laskennassa.

Lämmityslaitteen minimiteho suositellaan ylimitoitettavaksi n. 20 %:lla, jotta estettäisiin mahdolliset kasvien jäätymsvauriot poikkeuksellisen kylminä ilmastojaksoina.

Kasvihuonekattilan vähimmäisteho

$$P_{\min} = k_1 \cdot A_2 \cdot \Delta T \cdot 10^{-3} \quad [\text{kW}] \quad (3.3)$$

$k_1$  = muunnettu U-arvo,  $[W/m^2K]$ , taulukosta 7.

$A_2$  = kasvihuoneen pohjapinta-ala  $[m^2]$

$\Delta T$  = lämpötilaero ulkona-sisällä,  $[K]$ . Katso taul. 8

**Taulukko 7.**  $k_1$  -arvot, muunnettu U-arvo kasvihuoneen pohjapinta-alan mukaan

Katemateriaali	$k_1$ -arvo [W/m <sup>2</sup> K]
Katossa lasi 4 mm ja seinillä lasi 3 (4) mm	11.2
Kerroslevy polykarbonaatti tai akryyli 3.5...15 mm seinillä. Katossa lasi.	9.5
Kerroslevyjä polykarbonaatti tai akryyli, katossa ja seinillä	6.2
2-kertainen muovikalvo 0.2+0.1mm	6.9

**Taulukko 8.** Talvenaikaiset lämpötilaerot,  $\Delta T$ , [K]

Kasvinlaji	Alue <sup>1)</sup>			
	I	II	III	IV
Tomaatti, paprika	40	43	46	52
Kurkku	42	45	48	54
Salaatti, persilja, tilli, retiisi	30	32	35	40

<sup>1)</sup> Alueet kuten taulukossa 1.

## 4. LÄMMITYSJÄRJESTELMÄT

### 4.1 Lämmitysjärjestelmän valinta

Lämmitysjärjestelmän valinta ja mitoitus perustuu lämpötehotarpeeseen. Mahdollisuus käyttää omaa tai muuten edullista polttoainetta on otettava huomioon. Lämpölaitoksen investointikustannusten on oltava suhteessa lämpötehotarpeeseen. Kun lämpötehotarve on pieni, on vältettävä monimutkaisia ja yliautomaticoituja ratkaisuja.

### 4.2 Energialähteet

#### 4.2.1 Uusiutuvat energialähteet

Uusiutuvina energialähteinä pidetään puuta, turvetta, olkea, lantaa ja maatalouden jätteitä tai tuotteita niiden eri muodoissa sekä maa-, vesi-, ilma-, tuuli- ja aurinkoenergiaa.

#### 4.2.2 Uusiutumattomat energialähteet

Uusiutumattomina energialähteinä pidetään öljyä, kivihiiltä, nestekaasutuotteita sekä sähköä ja muita kohdassa 4.1.1 mainitsemattomia energialajeja.

#### 4.2.3 Polttoaineiden lämpöarvo

Polttoaineiden lämpöarvot on esitetty taulukossa 9. Taulukossa on huomioitu normaali polttoaineen laatu, hyötysuhde sekä keskitason häviöt lämmön siirtämisessä ja varastoisissa.

**Taulukko 9.** Eri polttoaineiden lämpöarvot

Polttoaine	Effektiivinen lämpöarvo [kWh/m <sup>3</sup> ]	Hyötysuhde	Lämpöarvo, jota voidaan käyttää hyväksi, [kWh/m <sup>3</sup> ]	Lopull. lämpöarvo lämpöhäviöiden jälkeen (kanavat, varaaja, kattila)	m <sup>3</sup> -tarve / 10 Mwh:n vuotuinen energiakulutus
Halko	1500 (pino)	0.60...0.70	900...1100	700...900	14
Hake	800	0.60...0.70	500...600	400...500	25
Palaturve	1300	0.60...0.70	800...900	600...700	17
Turvebriketti	4000	0.60...0.70	2400...2800	1900...2400	5
Turvepelletti	3100	0.60...0.70	1900...2200	1500...1800	7
Olki	300...340	0.50...0.60	150...200	130...170	77
Öljy pö.1 (kevyt)	10000	0.70...0.85	7000...8500	6000...7300	1.7
Öljy pö.4 (raskas)	10500	0.70...0.85	7400...9000	6300...7700	1.6
Jyrsinturve	800	0.60...0.70	500...600	400...500	25
Kivihiili	5800	0.60...0.70	3500...4100	3000...3500	3.3
Antrasiitti	8600	0.60...0.70	5200...6000	4400...5100	2.3

### 4.3. Kattilalaitokset

#### 4.3.1 Kattilahuone

Kattilahuoneen mitoituksessa tulee ottaa huomioon kattilan ja muiden laitteiden sekä polttoaineen täytön ja laitteiden huollon tilavaatimukset. Uusiutuvaa energialähdettä käytettäessä kattilahuoneen minimipinta-ala on 5 m<sup>2</sup>. Tilaa on varattava polttoaineen täyttämistä, tuhkan poistoa, nuohoamista sekä kattilan ja muiden laitteiden puhdistusta ja hoitoa varten. Vapaan tilan kattilan edessä on oltava tulisijan syvyyden verran, kuitenkin vähintään 1000 mm. Nuohoamiseen tarkoitettujen puhdistusaukkojen edessä tarvitaan vapaata tilaa

vähintään 600 mm. Kasvihuoneiden kattilahuoneissa tilaa on varattava pääkattilalle ja yhdelle varakattilalle. Ovien on oltava riittävän suuret mahdollisen kattilan vaihdon takia. Öljypolttimen ulospäin kääntyvän tuliluukun avaamisen tilantarve on otettava huomioon. Tuhkanpoiston kannalta on edullista jos kattila voidaan sijoittaa jonkin verran (n.200 mm) lattiasta ylöspäin.

Varaavassa lämmitysjärjestelmässä on suunnitteluvaiheessa otettava huomioon eristetyn varaajan tilantarve. Varaaja voidaan myös sijoittaa muuhun huonetilaan, ks. 4.4.2, taulukko 10.



Kattilahuoneen sisäpintojen tulee olla helposti puhdistettavia. Kattilahuone tulee varustaa vesipisteellä ja lattiakaivolla.

Kattilahuone on lämmöneristettävä. Lisäksi on varmistettava, että putkistot eivät pääse jääty-mään ulkoseinillä tai ilmanvaihtoaukkojen läheisyydessä. Kattilahuone tulee varustaa määräysten mukaisella, kattilan tehoa vastaavalla raitisilma-aukolla.

Kattilahuonetta koskevat paloturvallisuusvaatimukset on esitetty MMM-RMO C 5:ssa sekä Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa E9: *Kattilahuoneiden ja polttoainevarastojen paloturvallisuus, ohjeet*. Maatilarakennukset ovat useimmiten paloluokaltaan P3 ja palovaarallisuusluokaltaan 1.

#### 4.3.2 Kattila

Uusiutuvia energialähteitä käytettäessä kattilan tulee olla Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen tai vastaavan puolueettoman laitoksen testaama. Poikkeustapauksissa mikäli kattila tulee omaan käyttöön voidaan hyväksyä kattila tai kattilaan kytketty hake-etupesä, joka ei ole testattu em. tavoilla.

#### 4.3.3 Kattilahuoneen savupiippu

Savuhormit on suunniteltava Suomen rakentamismääräyskokoelman osan E3, Pienet savuhormit, ohjeet 1988, mukaisesti.

Savupiippu mitoitetaan kattilan tehon ja käytettävän polttoaineen mukaan. Savuhormin pituuden ja poikkipinta-alan on täytettävä kattilanvalmistajan suositukset. Pienkattilan, alle 30 kW, savuhormin minimipinta-ala on öljykattiloille n.150 cm<sup>2</sup> ja puukattiloille n. 200 cm<sup>2</sup>. Kotimaista polttoainetta käytettäessä savupiipun korkeudeksi olisi pyrittävä saamaan vähintään 7 m. Tämä saavutetaan yksikerroksisessa rakennuksessa esimerkiksi sijoittamalla kattilahuone kellarikerrokseen, tai suunnitteleamalla hoitosillalla varustettu kattilahuone siten, että sen lattiataso on noin 2000...2500 mm muuta lattiatasoa alempana. Muuratut savuhormit tehdään kaksinkertaisina. Teräsputkisavuhormien on kestävä savukaasujen syövyttävää vaikutusta. Teräshormit on aina eristettävä ja suojaverhottava pellillä tai muurauksella. Korkeat savupiiput on varustettava nuohoustikkailla.

### 4.4 Vesikeskuslämmitysjärjestelmä

Vesikeskuslämmityksessä lämmitysjärjestelmä voi olla joko suora tai varaava.

#### 4.4.1 Suora vesikeskuslämmitysjärjestelmä

Uusiutuvia energialähteitä käytettäessä suoran lämmitysjärjestelmän kattilat on tarkoituksenmukaisesti varustaa riittävällä täyttösiilolla tai automaattisyötöllä lämmitystyön helpottamiseksi. Ellei lämmitysjärjestelmään sijoiteta lämmönvaraajaa, tulisi erityistä huomiota kiinnittää kattilan hyötysuh-

teeseen osakuormituksilla, ts. hyötysuhde pitäisi olla hyvä myös matalalla tehoalueella. Ylimoitettu kattila toimii usein alhaisella hyötysuhteella ja pi-kiongelmia esiintyy. Suorassa lämmitysjärjestelmässä suositellaan käytettäväksi alapalokattilaa.

Suorassa lämmitysjärjestelmässä olevan kattilan teho ei saa mainittavasti ylittää rakennuksen enimmäislämpötehotarvetta.

#### 4.4.2 Varaava lämmitysjärjestelmä

Lämpövaraaja suositellaan mitoitettavaksi siten, että sen lämmityskapasiteetti kylmänä vuodenai-kana riittää vähintään yhdeksi vuorokaudeksi la-tauskertaa kohden. Lämpökapasiteetin tulisi tällöin olla rakennuksen tarvitsema huipputeho kertaa 20 tuntia.

**Taulukko 10. Kattilateho ja varaajan tilavuus**

Tehon tarve P[kW]	Suora lämmi- tysjärjestelmä, suositeltava kattilateho[kW]	Varaava lämmitysjärjestelmä	
		Suositt. kattila[kW]	Varaajan suos. tilavuus, [ l ]
5	5...6	15...20	1500...2000
8	8...9	24...32	2500...3000
10	10...12	30...40	3500...4000
12	12...14	36...48	4000...5000
15	15...18	45...60	5000...6000
20	20...24	60...80	7000...8000
30	30...36	90...120	10000...12000
50	50...60	150...200	15000...20000

Kattilan tehon pitäisi varaavassa järjestelmässä ylittää rakennuksen tehontarve 3...4 kertaa, ks. taul. 10. Varaaja on sijoitettava lämmitettyyn tilaan lähelle kattilaa. Järjestelmään on mahdollista liittää muita energianlähteitä käyttäviä lisäjärjestelmiä, kuten esim. aurinkoenergiaa kesällä.

#### 4.4.4 Polttoainevarastot

Polttoainevarasto tulee suunnitella siten, että polttoaineen kuivuminen on mahdollista joko luonnollisesti tai keinotekoisesti. Koska polttoainevarasto tehdään eristämättömänä, on edullista, että sen seinät ovat ulkoseiniä tai rajoittuvat toiseen kylmään tilaan.

Raskaalle polttoöljylle (Pö.4), jota käytetään lähinnä kasvihuonelaitosten lämmitysjärjestelmän polttoaineena, suositellaan rakennuksen ulkopuolella sijoitettua erillistä eristettyä säiliötä, koska sisälle rakennettuna säiliö vaatii paljon tilaa ja paloteknisesti hyväksyttävät rakenteet. Raskaan polttoöljyn säiliön koon tulisi olla vähintään 20 m<sup>3</sup>, jotta se on mahdollista täyttää autokuorma kerrallaan. Vuotuinen polttoainetarve saadaan taulukosta 9.

Polttoainevaraston paloturvallisuutta koskevat vaatimukset esitetään MMM-RMO C 5:ssa sekä Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa E9: *Kattilahuoneiden ja polttoainevarastojen paloturvallisuus, ohjeet*.



#### 4.3.5 Lämpökanavat

Rakennusten väliset lämpökanavat on sijoitettava kuivaan maahan, koska lämpöhäviöt siellä ovat vähäiset. Kanavaputken asennussyvyudeksi suositellaan n. 500...800 mm ja soratäyttöä sen ympärille. Tehdasvalmisteiset lämpöjohtoelementit ovat suositeltavia, koska niiden lämpöhäviöt ovat pienet. Lämpökanavan lämpöhäviöt on otettava huomioon lämpötehotarpeen laskennassa. Ne ovat arviolta 20...30 W/m eli vuositasolla noin 150...250 kWh/m. Pitkiä lämpökanavia ei kannata tehdä pienille yksiköille.

### 4.5 Muut lämmitystavat

#### 4.5.1 Uunilämmitys

Uunilämmitys on perinteinen lämmitysmuoto, joka nykyäänkin toimii erinomaisena täydentävänä osana pienehköjen työskentely- ja toimintatilojen lämmityksessä. Uuni olisi sijoitettava keskeisesti, jotta se voisi lämmittää mahdollisimman suuren osan rakennuksesta.

Lämmönvarauskapasiteetti riippuu uunin rakennusmateriaalista ja koosta. Uunin massan on oltava vähintään 300 kg lämmönluovutus-m<sup>2</sup> kohden (Pintalämpötila noin 80°C). Tällaisen uunin tehon katsotaan olevan keskimäärin 3...4 kW. Ylimiöitus on suositeltavaa, koska liian pienellä uunilla lämmitettäessä sitä joudutaan käyttämään jatkuvasti täydellä teholla, mikä kuluttaa uunia.

#### 4.5.2 Sähkölämmitys

Suoraan sähkölämmitykseen ei tarvita suuria tiloja, kuten kattilahuonetta ja polttoainevärsä, vaan ainoastaan tilaa käyttövesivaraajaa varten. Tästä johtuen investointikustannukset ovat pienet. Sähkölämmitystä on suotavaa käyttää tiloissa jossa jatkuvaa lämmitystä ei tarvita.

Termostaattilla varustetut sähkölämmityspaneeleit mitoitetaan huoneiden lämmöntarpeen mukaan ja niiden yhteenlasketun tehon tulee olla sama kuin rakennuksen kokonaistehontarve vedenlämmitystä lukuun ottamatta.

Jotta lämmityksen vuosikustannukset tulisivat mahdollisimman edullisiksi jatkuvasti lämmitettävissä rakennuksissa, suora sähkölämmitys on suotavaa yhdistää uunilämmitykseen. Lämpimän käyttöveden varaaja lämmitetään mahdollisuuksien mukaan yösähköllä.

Kotieläinrakennusten sähkölämmittimille määritetään sähkönsuojaluokkavaatimus IP 34.

#### 4.5.3 Maalämpö

Maalämpöjärjestelmässä ns. lämpöpumppu imee lämpöä maaperästä tai vesistöistä johon putkisto on upotettu. Lämpö siirretään putkistossa olevan nesteen avulla lämmitettävään rakennukseen jossa lämpötila nostetaan paineella haluttuun tasoon.

Tähän lämmitystapaan tarvitaan sopiva maavesialue. Putkisto voidaan sijoittaa meren-, järven-

tai joenpohjaan, jolloin sen pituutta voidaan lyhentää merkittävästi maahan verrattuna.

Lämpöpumppu kannattaa mitoittaa osatehotarpeelle, niin että huipputehon tuotantoon tarvitaan esim. uuni- tai sähkölämmitystä. Koska lämpöpumppu toimii sähköllä, on suotavaa yhdistää maalämpö uunilämmitykseen.

#### 4.5.4 Aurinkoenergia

Aurinkoenergiaa voidaan käyttää hyväksi ilman esilämmitykseen kylmäilmakuivauksessa ja lämpimän veden valmistukseen kesäaikaan. Aurinkokeräimen valitsemisessa on otettava huomioon tehon tarve, lämmitysjärjestelmä sekä lämmönjakotapa. Materiaalien on kestävä vuodenaikojen lämpötilavaihtelu.

Aurinkoenergian hyödyntämiseksi mahdollisimman hyvin aurinkokeräin olisi suunnattava siten, että auringonsäteiden maksimimäärä tulee kohtisuoraan keräimen pintaan. Aurinkokeräinten sijoitus ja muoto on suunniteltava rakennuksen arkkitehtuuriin sopiviksi.

#### 4.5.5 Biokaasu

Biokaasu valmistetaan metaanikäymisellä. Investointikustannukset ovat korkeat, joten biokaasulaitos ei kannata pienissä yksiköissä. Biokaasureaktorin volyymitiedot ja tuottava lämpöteho on esitetty taulukossa 11.

**Taulukko 11. Biokaasureaktorin volyymitiedot**

	Eläinmäärä		
	20 NY	40 NY	80 NY
	200 S	400 S	800 S
	65 EM	130 EM	260 EM
	4000 K	8000 K	16000 K
Reaktorikoko, m <sup>3</sup>	20	40	80
Vuotuinen biokaasutuotanto, m <sup>3</sup>	13000	26000	51000
Nettoteho, kW	7.5	15	30

NY=nautayksikkö; S=sika; Em=emakko; K=kana

#### 4.5.6 Tuulivoima

Tuulivoima edustaa aurinkoenergian ohella puhdasta energiamuotoa. Tuulivoimaa voidaan käyttää lähinnä sähköverkoston täydennyksenä, koska tuuliolosuhteet ovat vaihtelevia.

Tuulivoimageneraattori alkaa tavallisesti antaa energiaa, kun tuulennopeus ylittää 4 m/s ja teho lisääntyy sen jälkeen kunnes tuulinopeus saavuttaa 10...11 m/s, jolloin teho käytännössä vakioituu.

Tuulennopeuden keskitaso on korkein avoimilla tasaisilla alueilla, esimerkiksi meri- ja rannikkoalueilla tai suurilla tasankoalueilla. Tuulen nopeus ja energiasisältö kasvaa siirryttäessä maanpinnalta ylöspäin.