



SATAKUNNAN AMMATTIKORKEAKOULU

Arto Soinela

SÄHKÖLÄMMITYSTEKNIIKAN PERUSTEET

Tekniikan Porin yksikkö  
Sähkötekniikan koulutusohjelma  
Sähkövoima- ja automaatiotekniikan suuntautumisvaihtoehto  
2006

## TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön nimi:	Sähkölämmitystekniikan perusteet
Tekijä:	Soinela, Arto
Oppilaitos:	Satakunnan Ammattikorkeakoulu Tekniikka Pori
Osoite:	Tekniikantie 2, 28600 PORI
Koulutusohjelma:	Sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto:	Sähkövoima- ja automaatiotekniikka
Päivämäärä:	Syksy 2006
Työn ohjaaja:	Viljanen, Timo, Opettaja
Työn tilaaja:	SAMK
Asiasanat:	sähkölämmitys, lämmityksen mitoitus, lämmityksen suunnittelu
Sivujen lukumäärä:	163

UDK: 621.3.01, 621.36, 697.7

---

Opinnäytetyössä tavoitteena oli luoda opettavaa ja havainnollistavaa opintomateriaalia Satakunnan ammattikorkeakoululle ensisijaisesti Sähkölämmitys opintojaksoon, mutta luoda myös materiaalia joka soveltuu myös käytännön toteutuksiin. Työn alkuosa käsittelee sähkölämmityksen yleisiä periaatteita ja mitoitusta. Myöhemmin perehdytään eri sähkölämmitys vaihtoehtoihin, sisältäen käyttötarkoitukset ja -tavat sekä asennuksen. Lopuksi käydään läpi standardeja ja määräyksiä.

## ABSTRACT

Title: Basics of electric heating techniques  
Name: Soinela, Arto  
Polytechnic: Satakunta University of Applied Science  
School of Technology Pori  
Address: Tekniikantie 2, 28600 PORI  
Degree Program: Electrical Engineering  
Field of Specialization: Electrical Power Engineering and  
Automation Technology  
Date: Autumn 2006  
Supervisor: Viljanen, Timo, BSc  
Commissioned by: Satakunta University of Applied Science  
School of Technology Pori  
Keywords: Electric heating, heating sizing, heating  
designing  
Number of Pages: 163  
UDC: 621.3.01, 621.36, 697.7

---

The purpose of this final year project was to create an educational and illustrative study material for Satakunta University of Applied Sciences. It was made for being primarily used as teaching material in the study unit on electrical heating but it is also suitable for practical purposes in the field. In the beginning of the material the most common principles in designing and sizing an electrical heating system are discussed. Later the material familiarizes the reader with different heating solutions including the purpose of use, the use itself and installation. Finally some standards and regulations are studied.

## ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö on tehty Satakunnan ammattikorkeakoululle. Työn tekeminen oli haastavaa, koska sen tuli sisältää monimutkaisiakin perusteita sekä olla samalla havainnollistava ja opettava. Haluankin kiittää kaikkia työn tekemiseen osallistuneita henkilöitä, erityisesti työn ohjaajaa Timo Viljasta sekä perhettäni.

Porissa 28.8.2006

Arto Soine

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

## ALKUSANAT

1. JOHDANTO.....	9
1.1 Yrityksen esittely.....	9
1.2 Työn kuvaus ja tavoitteet.....	9
2.1 Historia .....	10
2.2 Markkina-asema .....	11
3. LÄMMITYSTEKNIIKAN PERUSTEITA.....	14
4. SÄHKÖLÄMMITYKSEN KOKONAISKUSTANNUKSET.....	15
4.1 Hankintakustannukset .....	16
4.2 Käyttökustannukset .....	16
4.3 Huoltokustannukset .....	17
4.4 Lämmitysjärjestelmän kokonaiskustannus.....	17
4.4.1 Kustannukset .....	18
4.4.1.1 Sähköhinnoittelu.....	18
4.4.1.2 Varaavuus .....	18
5. IHMINEN JA LÄMPÖMUKAVUUS .....	20
5.1 Ihmisen fysiologia .....	20
5.2 Lämpömukavuus .....	21
6. LÄMMITYKSEN MITOITUS JA SUUNNITTELU .....	24
6.1 Tehontarve.....	24
6.2 Lämmön tarve.....	26
6.3 Matalaenergiatalot .....	29
6.4 Ilmastotekijät .....	31
6.4.1 Ulkolämpötila .....	31
6.4.2 Sisälämpötila .....	32
6.5 Lämmön siirtyminen .....	33
6.5.1 Lämmönläpäisykerroin.....	34
6.5.2 Ilmanvaihdon tilavuusvirta ja lämpöhäviöt.....	42

6.5.3 Käyttöveden lämmityksen tarvitsema teho .....	45
6.5.4 Sähkönkulutuksen laskenta .....	46
7. LÄMMITTIMET JA TERMOSTAATIT VALINTA.....	50
7.1 Lämmityksen ohjaustarpeet.....	51
7.1.1 Huipputehon rajoittaminen.....	51
7.2 Termostaatit.....	52
7.2.1 ON/EI-säädin.....	53
7.2.2 P-säätäjä.....	53
7.3 Termostaattimalleja .....	54
7.3.1 Bi-metallitermostaatti.....	54
7.3.2 Elektroninen relelähtöinen termostaatti.....	55
7.3.3 Täysin elektroninen termostaatti .....	55
7.4 Ohjaus- ja säätöjärjestelmät.....	56
7.6 Lämpötilan pudotus termostaatin avulla .....	56
8. KIINTEISTÖJEN SÄHKÖLÄMMITYS.....	58
8.1.1 Suora sähkölämmitys .....	58
8.1.2 Varaava sähkölämmitys.....	59
8.1.3 Osittain varaava sähkölämmitys.....	59
8.2 Pientalon lämmitysjärjestelmä .....	60
8.2.1 Lämmityksen peruskorjaus.....	60
8.3 Eri tilojen lämmitysvalinnat .....	62
8.4 Lämmityslaitteet ja järjestelmät .....	67
8.4.1 Sähkölämmittimet .....	67
8.4.1.1 Suljettu lämmitin .....	68
8.4.1.2 Virtauslämmitin.....	69
8.3.1.3 Yhdistelmälämmittimet.....	69
8.4.1.4 Muut tasolämmittimet .....	70
8.4.1.5 Paneelilämmittimet.....	71
8.4.2 Lämmityskaapelit .....	71
8.4.2.1 Lattialämmitys.....	73
8.4.2.1.1 Lattialämmityksen säätö ja ohjaus .....	75
8.4.2.1.2 Lattiapinnoitteet.....	75

8.4.2.2 Asennus .....	76
8.4.2.2.1 Nyrkkisääntöjä.....	79
8.4.2.2.2 Lämmityskaapeli betonilattiassa .....	80
8.4.2.2.3 Lämmityskaapeli puulattiassa tai pinta-asennuksena .....	82
8.4.2.2 Putkisto .....	86
8.4.2.3 Räystäät, syöksytorvet ja katot.....	89
8.4.2.4 Ulkoalueiden sulanapito .....	90
8.4.3 Säteilylämmittimet .....	93
8.4.3.1 Lämmityskelmut.....	93
8.4.3.1.1 Lattialämmityskelmut.....	94
8.4.3.1.2 Kattolämmityskelmut .....	94
8.4.3.2 Ikkunoiden lämmitys .....	100
8.4.3.3 Infrapunalämmittimet .....	103
8.5 Varaava sähkölämmitys .....	104
8.5.1 Lämmityskaapelit .....	104
8.5.1.1 Seinät, takat ja muut tulisijat .....	104
8.5.2 Massavaraaja .....	105
8.6 Osittain varaava sähkölämmitys.....	106
8.6.1 Lämmityskaapelit .....	107
8.7 Lämmin käyttövesi .....	107
9. SAUNAN MITOITUS .....	108
9.1 Saunatyyppejä .....	108
9.2 Sähköiuastyypit .....	110
9.3 Kiukaan valinta.....	116
9.4 Saunan tehon tarve .....	121
9.5 Saunahuone .....	122
9.6 Kivet ja lämmitysvastukset .....	126
10. AJONEUVOJEN MOOTTORIN KYLMÄKÄYTTÖ JA ESILÄMMITYS	127
11. ILMALÄMPÖPUMPUT.....	129
11.1 Ilmalämpöpumppu.....	129
11.2 Poistoilmalämpöpumput.....	130
11.3 Pintamaalämpöpumput.....	131
11.4 Kalliolämpöpumput.....	132

11.5 Vesistölämpöpumput.....	132
11.6 Aurinkolämpöpumput .....	133
12. TEOLLISUUDEN LÄMMITYS .....	134
13. STANDARDIT JA LAIT.....	142
13.1 Tarkastusmittaukset.....	143
13.2.1 Lämmityskaapelit, -matot ja -verkot .....	146
13.2.2 Lämmityskelmu.....	155
13.2.3 Patterilämmitin .....	158
13.2.4 Saunat .....	159
LÄHDELUETTELO:.....	161



# 1. JOHDANTO

## 1.1 Yrityksen esittely

Opinnäytetyöni toimeksiantajana on SAMK tekniikan ja merenkulun toimialaan kuuluva tekniikka Pori. Tekniikka Pori on Porin Vähälläraumalla toimiva SAMK:n korkeakouluyksikkö. Satakunnan ammattikorkeakoulun toimiala kouluttaa insinöörejä ja merikapteeneja Porissa ja Raumalla. (SAMK:n kotisivut, 2005)

## 1.2 Työn kuvaus ja tavoitteet

Opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda opintomateriaali SAMK:lle Sähkölämmitystekniikan perusteet opintojaksoon, jonka tulisi olla mahdollisimman kattava ja selkeä opintomateriaali, jota voitaisiin hyödyntää opetuksessa tulevaisuudessa. Tavoitteena oli laajuuden ja selkeyden lisäksi luoda materiaali, jonka sisältö on helposti omaksuttavissa, se olisi havainnollistava ja opettava sekä toisi uusia näkökulmia.

## 2. YLEISTÄ

### 2.1 Historia

Lämmitys ”keksintönä” on ikivanha. Jo aikojen alusta asti käytettiin taloissa ja rakennuksissa lämmitystä. Silloin lämmitysmuotona oli ainoastaan puu, sillä saatiin talo lämmitettyä varsin hyvin niiden huoneiden kautta joissa tulipesä oli. Aikojen saatossa puulla voitiin lämmittää jo isojakin linnoja ja palatseja, niissä olevista nykypäivän pannuhuonetta vastaavista lämmityshuoneista joista lämmin ilma johdettiin putkia pitkin palatsin joka huoneeseen. Uudet lämmitysmuodot olivat varsin suosittuja etenkin kaupungeissa, johtuen puiden hankkimiseen liittyvistä vaikeuksista. Hiili ja koksi ohittivat puun merkittävämpänä lämmitysmuotona vasta 1950-luvulla.

Sähkölämmitys ei lämmitysmuotona ole kovinkaan vanha. Itse sähköä on alettu todenteolla käyttämään 1900-luvun alkupuolella, vaikka 1800-luvun loppupuolella rakennettiin jo talokohtaisia sähkölaitoksia, jotka myöhemmin muuttuivat korttelikohtaisiksi. Sähkölaitteet alkoivat yleistyä vasta ennen ensimmäistä maailmansotaa jolloin keksittiin ensimmäisten joukossa sähköhella ja silitysrauta. Sähköä käytettiin kuitenkin pitkään pääasiallisesti valaistukseen, vaikka sähkökäyttöisiä kodinkoneita ja muita laitteita olikin jo käytössä. Rakennusten sähkölämmitys alkoi yleistyä varsinaisesti vasta 1960-luvulla ja aluksi sitä myytiin yösähköllä eli varaavana, mutta myöhemmin sitä myytiin jo suorana sähkölämmityksenä. 1970-luvun energiakriisien jälkeen sähkölämmitys on varsinaisesti vasta yleistynyt. 1980-luvun alussa alkoi sähkölämmitys yleistyä voimakkaasti ja samoihin aikoihin sähköllä lämmittämistä alettiin kehittää huomattavin panoksin, josta se on jatkanut voittokulkuaan yhä suosittumaksi kodin lämmitysjärjestelmäksi. Noin parikymmentä vuotta sitten se saavutti jo markkinajohtajan aseman ja lähes jokaisesta kodista löytyi sähköpattereita ja sähkökäyttöisiä lämminvesivaraajia.

Nykyaikana sähköllä voi lämmittää lähes mitä vain. Vesijohdot voidaan pitää sulana, jotta vesi ei jäätyisi niissä ja täten aiheuttaisi tukoksia. Pihatiet pidetään

myös kätevästi sähköllä sulana, kun halutaan luksusta ja turvallisuutta kotipihaan tai teollisuuteen. Luonnollisesti rakennusten sisällä lähes kaiken voi lämmittää sähköllä. Vain mielikuvitus on rajana sähköllä lämmittäessä.

## 2.2 Markkina-asema

Sähkölämmitys on nykypäivänä johtava lämmitysmuoto pienrakennuksissa. Yhdeksän kymmenestä pientalorakentajasta valitsee lämmitysmuodokseen sähkölämmityksen. Sähköllä on lukuisia kilpailijoita taistelemassa suosituimman lämmitysmuodon tittelistä. Vaikka sähköllä lämmittäminen on teoriassa kalliimpaa pitkällä aikavälillä kuin vastaavilla muilla lämmitysmuodoilla, niin muut lämmitysmuodot ovat varsin suuria ja hankalia asentaa sekä käyttää, mutta myös ne ovat hankintakustannuksiltaan huomattavasti kalliimpia kuin sähkölämmitys. Kerrostaloissa sekä julkisissa tiloissa kaukolämpö on edelleen ylivoimaisesti suosituin lämmitysmuoto. Yli 90% asuinkerrostaloista, valtaosa julkisista rakennuksista ja puolet rivitaloista turvautuu kaukolämpöön.

Nykyajan uusissa rakennuksissa mm. lämmin käyttövesi lämmitetään pääasiallisesti sähköllä, vanhemmissa puolestaan vesi lämmitetään useammin öljyllä, mutta usein öljykattiloissa on toisena lämmitysmuotona sähkö. Lähes jokaisesta kodista löytyy sähköpattereita tai sähköllä voidaan lämmittää toisena vaihtoehtona.

Sähkölämmitys on saavuttanut suosionsa helppona, huolettomana, näkymättömänä, luonto- ja energiaystävällisenä lämmityksenä. Sähkölämmitys on myös asennettavissa pienempään tilaan eikä se tarvitse erillisiä pannuhuoneita tai muita vastaavia suuria komplekseja. Sähköllä lämmittäessä pystytään lämmittämään monipuolisesti, sillä voidaan mm. säätää huonekohtaiset lämmitykset.

Vaikka kilpailevia lämmitysmuotoja on lukuisia, niin kolme suurinta ovat oikeastaan ainoat haastajat eli öljy, puu ja pelletti. Näistä pellettilämmitys on

vasta tulossa eikä ole varsinaista läpimurtoaan tehnyt Suomessa eikä näin ollen ole markkina-asemansa puolesta nykyisille lämmitysmuodoille varsinainen varteenotettava kilpailija. Ruotsissa kuitenkin pellettilämmitys on varsin yleistä, mutta on kasvattamassa suosiotaan myös meidän maassamme. Pellettilämmitys vaatii huomattavan suuren tilan. Sen yhteyteen on rakennettava suuri paloturvallinen varasto, josta pellettejä syötetään lämmitykseen. Se on toimintaperiaatteiltaan hyvin samanlainen kuin puulämmitys ja se voidaan liittää vanhaan kiertovesijärjestelmään. Pellettien saatavuus on myös ongelma, koska kaikkialla sitä ei ole saatavilla. Myös huollontarve on eräs hankaloittava tekijä, sitä kun tarvitsee huoltaa parin viikon välein sekä sen lisäksi vuosittaiset huollot, joita ei itse saa toteuttaa.

Suomessa öljylämmitys on edelleen varsin yleinen muoto etenkin vanhoissa taloissa, koska niitä on pääsääntöisesti asennettu 1960-luvulla ja se onkin ollut sen ajan markkinajohtaja. Suomessa on tätä nykyä noin 250 000 pientaloa, joissa öljylämmitystä käytetään, mutta suurin osa on ainakin 30 vuotta vanhoja. Nykyaikana öljylämmitys on halvin lämmitysmuoto, mutta toki puulämmitys on vielä sitäkin edullisempi etenkin jos omistaa vaikkapa metsää tai puista ei tarvitse maksaa, mutta muissa tapauksissa puusta joutuu maksamaan suhteessa öljyyn. Puulämmitys on kooltaan öljylämmitystä suurempi, kun sillä halutaan lämmittää rakennus sekä vesi. Öljylämmitys puolestaan on hieman kooltaan pienempi, jos maanalaisen öljysäiliön viemää tilaa ei oteta lukuun. Öljyllä lämmitettäessä lämmitys perustuu veteen joka kiertää huoneistossa sijaitseissa pattereissa ja niihin vievissä putkissa. Puulla puolestaan lämmitetään rakennuksen sisäilmaa. Puun asema markkinoilla on heikentynyt huomattavasti, sen käyttö onkin omakotitaloissa pudonnut jo alle 10%:n. Maaseudulla puun käyttö on kuitenkin vielä yleistä, koska puuta on saatavilla helposti. Siitä huolimatta maaseudutkin ovat hyvää vauhtia siirtymässä sähköön perinteisistä leivinuuneista ja takoista.

Sähkölämmitys on varsin huoleton ja halpa hankintakustannuksiltaan verrattuna muihin. Noin 20 vuoden välein rakennuksen sähköiset lämmittimet olisi kuitenkin syytä uusia. Toisin kuin sähkö, esimerkiksi öljylämmitystä tarvitsee huoltaa ja öljyä lisätä. Suomen olot vaativat sen, että öljyä tarvitsee tilata jopa kaksi kertaa vuodessa, riippuen öljysäiliön koosta. Öljypolttimot hajoavat ja öljykattila

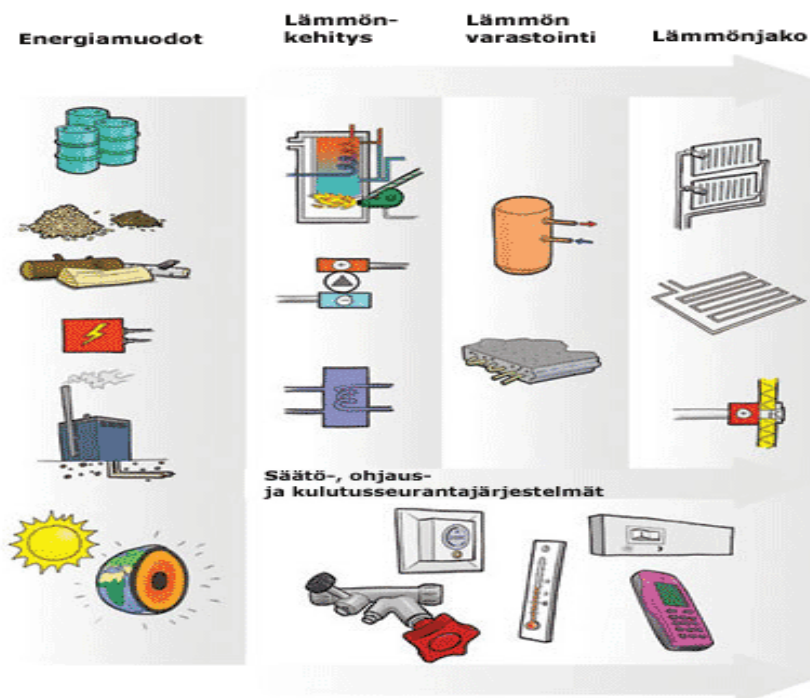
tarvitsee myös muunlaisia huoltotoimenpiteitä. Myös puulämmitys on huomattavan vaivalloinen, esimerkiksi savupiippu tarvitsee nuohousta. Ja jotta voisi puulämmitystä käyttää täytyy se ensin sytyttää ja tämän jälkeen pitää lämpöä yllä, vaikkakin puusta saatua lämpöä voidaan helposti varata. Myös sähkön tuottama lämpö voidaan varata erillisillä varaajilla myöhempää käyttöä varten.

### 3. LÄMMITYSTEKNIIKAN PERUSTEITA

Lämmitys rakennuksissa on välttämätöntä, etenkin Suomen olosuhteissa. Rakennusten ja ulkoalueiden lämmityksen lisäksi on myös lämmitettävä vettä. Lämpö ei suinkaan muodostu itsellään, vaan tarvittava lämpö syntyy pitkän prosessin tuotoksena.

Lämmityksen vaatima energia muodostetaan jollakin pääasiallisella energialähteellä, josta se johdetaan tai lisätään muilla tavoilla lämpöä tuottavaan järjestelmään. Sähkölämmityksessä täytyy ensimmäiseksi tuottaa tarvittava sähkö. Tätä sähköä voidaan luoda pääasiassa sähköntuotantolaitoksissa tai auringon avulla. Kun tarvittava energia on saatu luotua, sitä siirretään tavalla tai toisella rakennukseen, josta se johdetaan lämmöntuotantoon. Tästä se jatkaa kulkuaan rakenteisiin ja mahdolliseen varaajaan, jos lämpöä aiotaan varata. Sähköllä lämmittäessä tämä energia kuitenkin tulee sähköjohtoja pitkin suoraan lämmittimille eli esimerkiksi lattialämmitykseen tai pattereihin.

Kuva 1.



(Motiva Oy, Harri Tarkka, 2006)

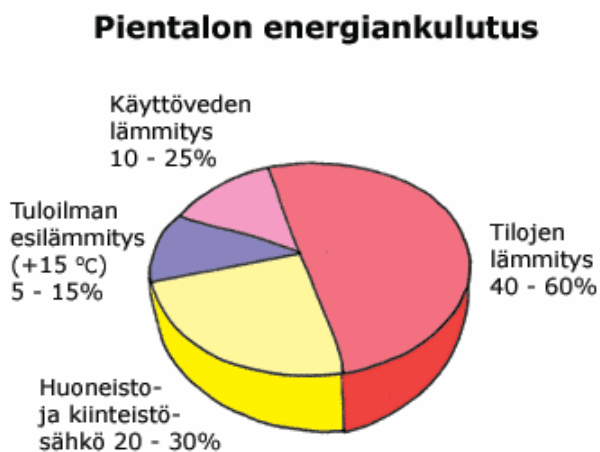
#### 4. SÄHKÖLÄMMITYKSEN KOKONAISKUSTANNUKSET

Lämmönlähteiden ja lämmönjakojärjestelmien taloudellisuudesta on tehty lukuisia vertailuja, joista varsin monet ovat päässeet erilaisiin tuloksiin ja ovat ristiriidassa keskenään. Suurimpana syynä ristiriitaisiin tuloksiin ovat lähtötiedot sekä kustannuksissa huomioitavat kulut. Laskettaessa kuitenkin pientalojen lämmityksen kokonaiskustannuksia on kuitenkin päädytty siihen, että lämmönlähteiden välillä ei ole merkittävää eroa.

Kustannuksia suunniteltaessa tulisi lähtökohtana olla energiatehokas rakentaminen. Rakennuksen energiatehokkuus tarkoittaa sitä, että rakennus tarvitsee mahdollisimman vähän lämmitysenergiaa. Vähän lämmitysenergiaa kuluttaviin rakennuksiin sähkölämmitys on omiaan, koska käyttökustannusten erolla ei pitkän ajan kuluessa muodostu säästettyä investointieroa.

Rakennusvaiheessa olisikin suotavaa panostaa rakenteisiin lämmityslaitteiden sijaan, jotta rakennuksen energiakulutus saataisiin pieneksi. Tilojen koko, suunniteltu lämpötila ja lämmityksen sijoittaminen ovat keskeisessä asemassa lämmityksen energiankulutuksessa. Lämmityskustannuksiin vaikuttaa näiden lisäksi huomattavasti myös käyttötottumukset, ilmanvaihdon toteutus ja muut lämmönlähteet.

Kuva 2.



(Motiva Oy, 2006)

#### 4.1 Hankintakustannukset

Tavallisen omakotitalon lämmityksen suurimmat hankintakustannukset muodostavat lämmitinlaitteisto ja ohjausjärjestelmä. Jokainen talo on oma yksilönsä, kahta samanlaista ei ole, mutta tyypillisen 130 m<sup>2</sup> omakotitalon sähkölämmitysjärjestelmän, johon sisältyy huonekohtaiset termostaatit, hankintahinnaksi muodostuu varaavuudesta ja energiankulutusluokasta riippuen 3000 - 5500 €. Jos taloon halutaan lisätoimintoja kuten etäohjaukset ja hälytykset, nostavat ne hintaa 1000-2000 € verran.

Taulukko 1.

<b>Lämmityksen hankintakustannukset, alv 22% n. 130 m<sup>2</sup> pientalo, talvi 2003</b>	
	Hankintahinta €
<b>Sähkölämmittimet + lattialämmitys pesutiloissa</b>	
normaali	3700
matalaenergia	3100
<b>Kattolämmitys + lattialämmitys pesutiloissa</b>	
normaali	4400
matalaenergia	3700
<b>Osittain varaava lattialämmitys</b>	
normaali	5000
matalaenergia	5100

(Sähkölämmitysfoorumi ry, 2005)

#### 4.2 Käyttökustannukset

Kokonaisenergiankulutus huonekohtaisella sähkölämmityksellä varustetussa talossa on noin 50 kWh/m<sup>3</sup> vuodessa. Sähkötehon kulutus 130 m<sup>2</sup> kokoisessa talossa on noin 10000-15000 kWh lämmityksen osalta, lämmin käyttövesi kuluttaa noin 4000 kWh ja tavalliseen taloussähköön kuluu 6000-8000 kWh.

Käyttökustannukset muodostuvat puhtaasti sähkön hinnan perusteella. Sähkøyhtiöt käyttävät yleisesti kaksoistariffia, jolloin yösähkö on huomattavasti



edullisempaa kuin päivällä. Vertailtaessa kokonaiskustannuksia tulisi ottaa huomioon myös muu sähkön kulutus, koska se on samanhintaista kuin lämmitykseen käytettävä sähkö.

Keskimääräisesti laskettuna vuoden 2005 sähkönkulutus ko. talossa olisi noin 1600 €. Sähkölämmitteisen talon taloussähkön kustannukset vuodessa ovat noin 600 €, joten itse lämmityksen kustannukseksi jää noin 1000€, joka ei ole juurikaan korkeampi kuin muilla lämmitysmuodoilla.

#### 4.3 Huoltokustannukset

Sähkölämmitysjärjestelmäkokonaisuuden käyttöikä on normaaleissa olosuhteissa useita kymmeniä vuosia. Järjestelmä itsessään ei tarvitse varsinaista huoltoa normaalin siivouksen lisäksi. Kuitenkin järjestelmän herkin ja kuluvin osa on termostaatit, jotka olisi jo energiankulutuksellisistakin syistä hyvä vaihtaa 15-20 vuoden välein.

Väärin mitoitettu tai huolimattomasti asennettu järjestelmä saattaa kuitenkin kaivata korjauksia, koska etenkin alimitoitettut asennukset saattavat vaurioitua käytössä. Toki mahdollisuus on myös laiterikkoihin, mutta nämä ovat äärimmäisen harvinaisia.

#### 4.4 Lämmitysjärjestelmän kokonaiskustannus

Rakennuksen lämmitysten kokonaiskustannukset muodostavat energian hinta, käytettävä energiamäärä, hankintakustannukset, hyötysuhde ja korkotaso. Vertailtaessa kokonaiskustannuksista tehtyjä laskelmia olisi selvitettävä, että mitkä kaikki tekijät on huomioitu ja minkälaisilla hinnoilla.

#### 4.4.1 Kustannukset

##### 4.4.1.1 Sähkönhinnoittelu

Sähkön myyntihinta perustuu sähkön tuotantokustannuksiin. Sähkøyhtiöt pyrkivätkin ohjaamaan sähkön käytön tuotantojärjestelmän kannalta taloudellisimpaan ratkaisuun.

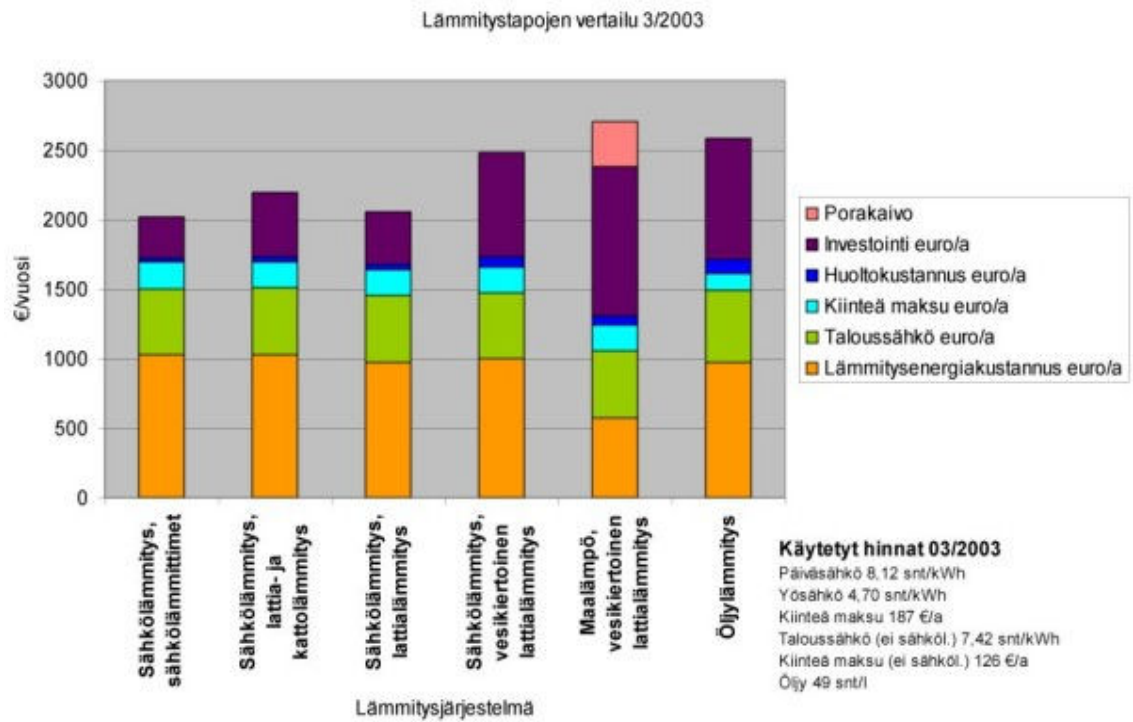
##### 4.4.1.2 Varaavuus

Sähköä kulutetaan päivällä paljon enemmän kuin öisin. Tästä syystä sähkøyhtiöt pyrkivätkin ohjaamaan kuluttajien sähkönkäyttöä yhä enemmän yöajalle ja näin ollen laitoksien tuotantokapasiteetti saadaan jaettua tasaisemmin vuorokauden ympäri. Kun tuotantokapasiteettia saadaan jaettua paremmin vältetään myös sähköntuotantolaitoksien huippuvoimantuotantokapasiteetin lisätarvetta.

Kun rakennukseen lisätään varaavuutta, voidaan hyödyntää reilusti halvempaa yösähköä. Varaavien lämmitysvaihtoehtojen lämmitys perustuukin yöllä varattavaan lämpöön. Varaavuutta käytettäessä siitä hyötyy kumpikin osapuoli, koska sähköntuotantolaitoksien ei tarvitse rakentaa lisää tuotantokapasiteettia eikä kuluttaja joudu maksamaan sähkönkäytöstään enempää.

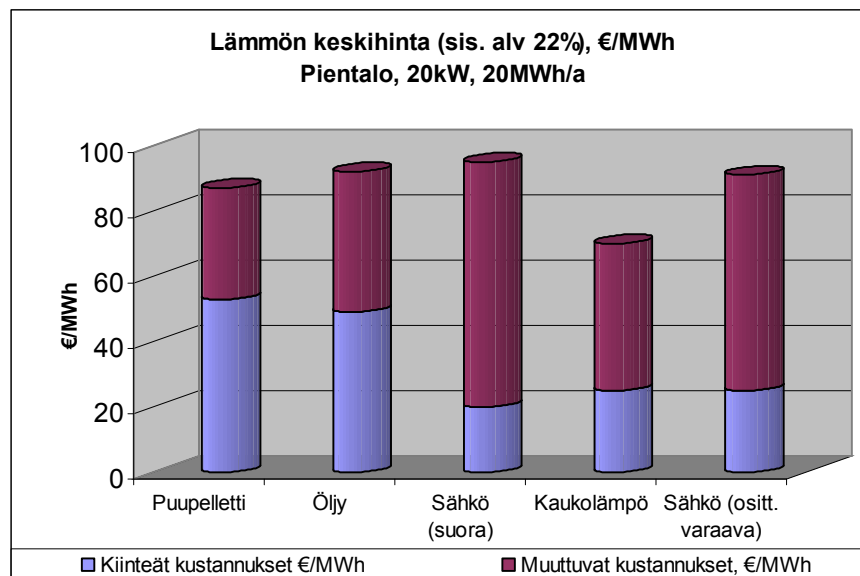
(Sähkölämmitysfoorumi ry 2005, Ensto Oy 2005, R.Kara 1994. 14-17)

Taulukko 2.



*Eri lämmitystapojen kokonaiskustannukset Fortumin koerakentamisprojektissa. Tuloksia on muutettu ja täydennetty vuoden 2003 tiedoilla (Fortum Oyj, 2003)*

Taulukko 3.



(Sähkölämmitysfoorumi ry, 2005)

## 5. IHMINEN JA LÄMPÖMUKAVUUS

### 5.1 Ihmisen fysiologia

Ihmisen ruumiin lämmön täytyy pysyä tietyssä lämpötilassa. Ihmisen fysiologisilla toiminnoilla tämä saadaan toimimaan, koska ihminen kehittää lämpöä jatkuvasti. Tämä johtuu erinäisistä kemiallisista prosesseista sekä fyysisistä ponnisteluista.

Kehon tuottama teho on varsin suuri. Pelkän organismin elämän ylläpito vaatii 75 W tehon. Ihmisen tuottama teho vaihtelee ponnistelusta riippuen. Kun ihminen tuottaa tehoa, niin se samalla myös kuluttaa sitä. Ihmisen tuottamaa tehoa käytetään mekaanisessa työssä, mutta kaikki teho ei kuitenkaan kulu näin, vaan osa poistuu lämpönä hikoilemalla, hengityksen mukana sekä kosteuden haihtumisella.

Ihmiskeho yrittää jatkuvasti säilyttää ruumiinlämmön noin 37 °C lämpöisenä. Elimistöllä on oma säätöjärjestelmänsä, jolla se yrittää olosuhteista riippumatta säilyttää ko. lämpötilan. Ihmiselle syntyy paras mukavuuden tunne silloin, kun kehon lämpötila pysyy 37 °C ilman, että elimistön tarvitsee säädellä sitä. Ihminen saavuttaa tämän helpoimmin kehon ollessa lepotilassa ja alaston, kun ympäristön lämpötila on 27 °C. Vaatteista riippuen ympäristön lämpötila voi olla huomattavastikin alempi. Keho pystyy hetkellisesti pitämään lämpötasapainoa yllä kehoon varastoituneen lämmön avulla.

Elimistön suorittamat säätötoimet aiheuttavat epämukavuutta. Nämä toimenpiteet voimistuvat mitä lähemmäksi säätelykyvyn ääri rajoja mennään. Jos säätelykyvyn rajat ylittyvät, järkkyy elimistön lämpötasapaino, jolloin lämpötila ei enää pysy vakiona.

Lämmön tuotannon ja lämmönluovutuksen erotessa toisistaan elimistö säätelee pintaverisuonia. Kun lämmönkehitys on liian vähäistä tai ympäristön lämpötila liian alhainen, niin pyrkii keho estämään lämmön poistumista supistamalla

pintaverisuonia, jolloin ihon lämpötila laskee ja lämpöä poistuu näin ollen vähemmän. Lämmön tuotannon puolestaan ollessa suurempaa kuin luovutus, pyrkii elimistö pintaverisuonia laajentamalla luovuttamaan lämpöä enemmän ja jos tämäkään ei vielä riitä, niin normaali kosteuden iholta haihtuminen muuttuu hikoiluksi.

Taulukko 4.

<b>Esimerkkejä ihmisen tuottamasta kokonaistehosta:</b>	
Perusteho	75 W
Istuminen	120 W
Kevyt työskentely	180 W
5 km/h kävely	280 W
Hölkäys	580 W
Maksimiteho (ihmisestä riippuen)	750 W- 1200 W

(R. Kara, 1994)

## 5.2 Lämpömukavuus

Lämpömukavuus on olennainen tekijä rakennuksia suunniteltaessa. Lämpömukavuuteen vaikuttavia muita seikkoja ovat lämmönvaihtelu, ilman liike ja veto sekä lämmittimien epäsymmetrinen säteily.

Lämpötilan vaihdellessa liian nopeasti viihtyvyys pienenee, vaikka ilman keskilämpötila säilyisikin vakiona. Tästä syystä ilman lämpötila ei saa vaihdella +/- 1 astetta enempää eikä lämpötilan muutosnopeus saisi olla suurempi kuin 2 astetta tunnissa.

Ilman liike tai ihmisen säteilemisestä lämmöstä kylmään pintaan muodostuu veto, joka koetaan vedon tunteena. Vedon tunteen voimakkuuden määrää lämpötasapaino sekä sen paikallisuus ja kun näissä tapauksissa ihmisen mukavuusraja ylittyy, syntyy vedon tunne. Huoneen lämpötilan ollessa alhaisempi kuin ihanteellinen lämpötila, aistii ihminen herkemmin vetoa. Vedon tunnetta

muodostuu helposti esimerkiksi ikkunoiden tiivisteistä tai ilmastoinnista johtuvasta ilman liikkeestä. Jos ilman virtaus kohdistuu yhtäaikaisesti koko kehoon, niin ei vedon tunnetta helposti muodostu. Veto onkin keskimääräistä voimakkaampaa lämmönsiirtoa iholla ja ilman keskinopeuden kasvaessa lämmön siirtyminen voimistuu, jolloin vedon tunnetta syntyy herkemmin. Ihminen kokee useimmin herkimmin vedon tunteen niskan seudulla kuin kasvojen alueella, myöskään jalat eivät ole yhtä herkkiä vedolle.

Lattian lämpötila ja materiaali ovat merkittäviä tekijöitä mukavuudelle. Oikeanlaisella materiaali valinnalla voidaan lattiasta saada lämpimämmän tuntuinen lämmitystehoa lisäämättä. On kuitenkin huomioitava, että jalkineita käytettäessä materiaalilla ei ole juurikaan merkitystä.

Pään ja nilkkojen välinen suuri lämpötilaero koetaan epämiellyttävänä. Niiden väliseksi lämpötilaeroksi on suositeltu kansainvälisten suositusten perusteella 3 astetta.

Lämpömukavuuteen vaikuttaa olennaisesti myös ilman laatu. Kun lämpötila nousee, muuttuu ilma kuivemmaksi ja tunkkaisemmaksi. Halutessa vähentää tunkkaisuutta ja parantaa ilman laatua, on parempana vaihtoehtona alentaa lämpötilaa kuin pelkkä ilmanvaihdon tehostus. Tunkkaisuus ja muu ilman laadun suhteen ilmenevä tekijä lämpötilan kohotessa on, että yhä useammalla esiintyy päänsärkyä ja väsymystä. Lämpötilan kohotessa useiden materiaalien epäpuhtauspäästöt kohoavat kuin myös ihmisen omat hajuemissiot.

Lämpömukavuutta suunnitellessa on sähkölämmitys erinomainen vaihtoehto. Sähkölämmityksellä voidaan jokaisen huoneen lämpötilaa säätää erikseen. Sähkölämmitystä mitoittaessa voidaankin näin ollen huomioida tavoitelämpötila, mitä ei kannata kauheasti ylimitoittaa suunnitellessa.

Ilman kosteus vaikuttaa haihtumalla tapahtuvaan lämmön luovutukseen. Mitä kuivempaa ilma on, sitä paremmin kosteus haihtuu ihon tai vaatteiden pinnalta. Liian suuri kosteus vaikeuttaa myös hikoilemista ja kosteus onkin tästä syystä pyrittävä saamaan mahdollisimman alhaiseksi. Kosteuden suhteellisten arvojen

ollessa 20 % - 60 %, ei kosteudella ole merkittävää vaikutusta lämpömukavuuteen. Alhainen ilmankosteus voidaan tuntea helpoimmin limakalvojen ja ihon kuivumisena.

Lämpömukavuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat myös:

Ikä

Vanhetessaan ihmisen aineenvaihdunta, myös sisäinen lämmönkehitys pienenee ja haihtumisen aiheuttama lämmönluovutus pienenee, mutta samalla aktiivisuus myös vähenee. Näin ollen teoriassa levossa oleva vanhempi henkilö tarvitsee lämpimämmän tilan kuin levossa oleva nuori.

Mukautuminen

Mukautumisella tarkoitetaan ensisijassa verenkierron määrää ja hikoilua. Kun ihminen oleskelee viihtyvyysolosuhteista poikkeavissa oloissa mukautuvat sisäiset lämmönsäätöjärjestelmät siten, että elimistö ei kuormitu liikaa.

Vaihtelunopeus

Lämpötilan ja ilmankosteuden vaihtelunopeus tarkoittaa niiden maksimivaihtelunopeutta ennen kuin se koetaan epämiellyttävänä.

(R. Kara 1994, 19-22)

## 6. LÄMMITYKSEN MITOITUS JA SUUNNITTELU

Oikein suunniteltu lämmitys on kaiken a ja o. Se takaa hyvän lämpöviihtyvyyden sekä hyvän energiankulutuksen hyötysuhteen, jolloin energia voidaan muuttaa lämmöksi lähes sataprosenttisesti.

Rakentaessa tai rakennuslupaa haettaessa tulee esittää rakennuksen energiataloutta koskeva selvitys. Tämän selvityksen tulee sisältää tehontarpeen määrittävät tekijät, tehontarvelaskelma sekä vaihtoehtoisen lämmityksen toteutus.

Laskettaessa esimerkiksi lämmöntarvetta on suositeltavaa käyttää mahdollisuuksien mukaan valmiita taulukoita ja niistä tehtäviä laskelmia. Nämä voidaan myös laskea ilman taulukoita, mutta se on huomattavasti työläämpää. Molemmat sekä taulukoihin että pelkkiin kaavoihin perustuvat tavat esitellään tässä kappaleessa. Taulukoiden avulla katsottaessa on käytetty 30 m<sup>2</sup> esimerkkihuonetta, jossa mitoituslämpötilaeroksi on määritelty 47 °C ja maanvaraisen alapohjan ulkolämpötilaksi on oletettu +5 °C.

### 6.1 Tehontarve

Tehontarvetta määrittäessä tulee huomioida seuraavat tekijät:

- mitoittava sisä- ja ulkolämpötila
- vaipan lämpöhäviö
- ilmanvaihdon tilavuusvirta ja lämpöhäviöt
- rakennuksen mahdollinen koneellinen jäähdytysteho ja –tapa
- lämpimän veden tarvitsema lämpöteho
- sähkön huipputeho
  - valaistus
  - LVI-laitteet
  - muut rakennusta palvelevat laitteet



- suunnittelussa huomioon otettu ihmisten, auringon säteilyn ja laitteiden luovuttama tai muu hyödynnettävä teho

### Tehontarvelaskelma

Tehontarvelaskelma tulee suorittaa edellä mainittujen kohtien perusteella ja sillä tarkoitetaan laskennallista lämmöntarvetta. Se tulee suorittaa rakennuskohtaisena tai rakennuskuutiometriä kohden ja rakennustilavuus tulee määrittää tässä yhteydessä lämpöeristeiden ulkopinnan mukaan. Tämä laskelma tehdään tilaajan ja viranomaisten laatuvaatimusten mukaisella tavalla.

### Vaihtoehtoinen lämmitys

Viranomaisen vaatiessa tulee selvittää kuinka lämmitetyn rakennuksen lämmitys järjestetään ulkomaisen polttoaineen saannin estyessä.

Lämmitysjärjestelmän suunnittelua ja laitevalintoja varten tulisi selvittää tehon tarpeen määrittelyssä huomioitavien seikkojen lisäksi:

#### 1. Rakennuksen tiedot

- rakennuksen johtumishäviöt rakenteiden läpi tilakohtaisesti.
- Rakenteiden pinta-alat ja lämmönläpäisykertoimet
- Vuotoilmanvaihdon lämmitystehontarve
- rakenteet
  - ala-, ylä- ja välipohjat
  - seinät, ikkunat ja ovet
  - lattia ja kattopinnoitteet

#### 2. Käyttäjän vaatimukset

- Rakennuksen käyttötarkoitus
- lämmitysjärjestelmän kustannukset

- lämmittimien sijoitusmahdollisuudet tilakohtaisesti (rakenteissa tai näkyvissä)
- ohjaustarpeet
  - huonekohtainen säätö
  - etäohjaus- ja etävalvontatarve
  - lämpötilanohjaustarpeet
  - käyttö- tai poissaoloajat vuodessa
  - ilmanvaihdon ohjaus
  - lämminvesivaraajan ohjaus
  - tehonrajoitustarpeet
- Erityistarpeet
  - Pyyhekuivaimet
  - Ulkoalueet
  - Putkiston sulanapito

## 6.2 Lämmön tarve

Lämmitystehon tarve on perustana lämmityslaitoksen mitoitukselle. Lämmitysjärjestelmän suunnittelu aloitetaan laskemalla ja arvioimalla lämmöntarve. Lämmöntarve määritellään huonekohtaisesti sekä rakennuskohtaisesti. Tällöin voidaan valita huonekohtaiset lämmitykset tai selvittää huonekohtaiset tehon tarpeet. Lämmöntarve muodostuu lämpöhäviöistä joka on lämmityksen mitoituksen lähtökohta. Lämpöhäviöitä syntyy johtumalla rakenteiden läpi sekä hallituista ja hallitsemattomista ilmanvaihtoista.

Lämpöhäviöiden suuruuden määrää mitoitushetkellä käytetyt sisä- ja ulkolämpötilat (Ero Lapin ja Etelä-Suomen mitoitusulkolämpötilassa on huomattava; Lapissa jopa 20 % suurempi).

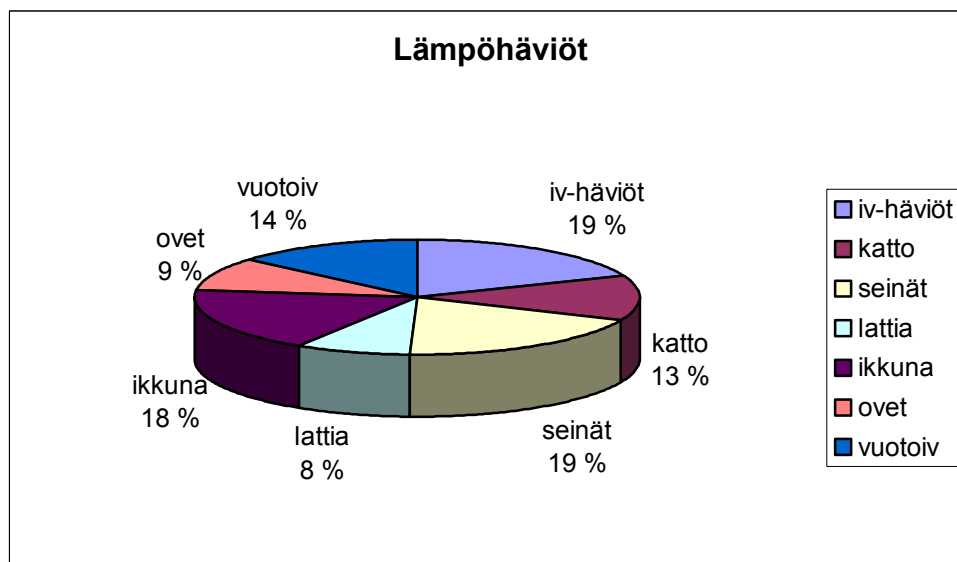
Muita lämpöhäviöihin vaikuttavia tekijöitä ovat rakenteiden lämmönläpäisykertoimet, ulkovaipan pinta-ala sekä ilmanvaihdon toteutustapa. Ilman vaihdon merkityksen ratkaisee se, että tuodaanko ilmanvaihdon tarvitsema

ilma suoraan ulkoa vai lämmitettynä, jolloin se otetaan huomioon ilmanvaihtojärjestelmän mitoituksessa.

Rakennuksen kokonaislämmitystehontarve saadaan huonekohtaisten samanaikaisten lämmitystehontarpeiden summana, johon lisätään vielä tuloilman lämmityksentarve (riippuu lämmitysjärjestelmästä) sekä lämpimän käyttöveden lämmityksen tehontarve.

Lämmöntarve normaalisti eristetyssä talossa on tyypillisimmin 15-25 W/m<sup>3</sup> (50-60 W/m<sup>2</sup>), matalaenergiataloissa lämmöntarve on pienempi.

Kuva 3.



(Sähkölämmitysfoorumi ry, 2005)

Mitoitettavan lämmityksen teho riippuu lämmitystavasta. Lämmityslaitteisto voidaan mitoittaa poikkeavasti. Esimerkiksi varaavassa lämmityksessä, jossa hetkellinen lämmitysteho, joka varaa päivittäisen tarpeen muutamassa tunnissa, on lämmitystehontarve moninkertainen verrattuna jatkuvalämmitteisiin, jotka puolestaan lämmittävät koko vuorokauden tasaisesti.

Lämmitystehontarpeeseen voidaan vaikuttaa myös pakkaspäivinä ilmanvaihtoa pienentämällä, jolloin tosin joudutaan tinkimään hieman vaatimustasosta.

Jaksottaisessa (varaava) ja osa-aikaisessa (osittain varaava) lämmityksessä palautumislämmitys on hyvin ratkaiseva tekijä. Palautuslämmitykseen vaikuttavia tekijöitä ovat rakenteiden paksuus ja varaavuus, palautuslämmitysaika, lämpötilan laskun alaraja sekä lämmitysjakson pituus. Kun palautuslämmitysaika on mitoitettu oikein saatetaan välttää laitteiston tehon kasvu.

### Lämmitystehontarve

Lämmitystehontarvetta mitoittaessa, lasketaan huonekohtaiset ja rakennuskohtaiset lämmitystehontarpeet, mutta huonekohtaista tehontarvetta laskiessa ei kuitenkaan tarvitse huomioida lämpimän käyttöveden lämmitystä eikä lämmöntuoton hyötysuhdetta.

$$P = \frac{P_{\text{joht}} + P_{\text{joht.maa}} + P_{\text{iv}} + P_{\text{vuotoiv}} + P_{\text{lv}}}{\eta_m}$$

P	Lämmitystehontarve, kW
$P_{\text{joht}}$	johtumislämpö rakenteiden läpi ulkoilmaan ja viereisiin erilämpöisiin tiloihin, kW
$P_{\text{joht.maa}}$	johtumisteho maahan, kW
$P_{\text{iv}}$	ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema teho, kW
$P_{\text{vuotoiv}}$	vuotoilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema teho, kW
$P_{\text{lv}}$	lämpimän käyttöveden lämmityksen tarvitsema teho, kW
$\eta_m$	lämmöntuoton hyötysuhde mitoittaessa

Sisäisiä lämmönlähteitä ei tarvitse ottaa mitoittaessa huomioon, koska ne eivät oleellisesti vaikuta mitoitukseen jos ne eivät ole huomattavan suuria ja käytön ollessa jatkuvaa.

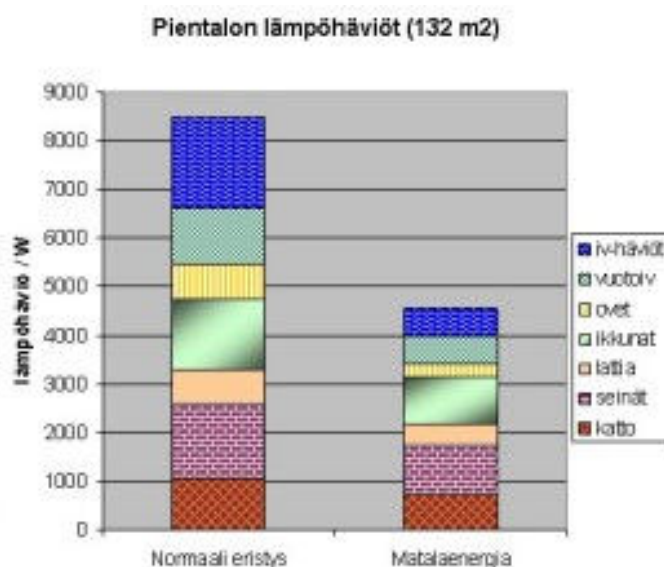
Lämmitystehontarvetta lasketaan huonekohtaisesti käytännöllisemmällä tavalla kappaleessa ”5.5 Lämmön siirtyminen”. Apuna käytetään arvoja, jotka ovat valmiiksi laskettu taulukoihin sekä havainnollistetaan esimerkkihuoneen avulla.

### 6.3 Matalaenergiatalot

Matalaenergiataloissa on tavoitteena saada minimoitua lämmitysenergian tarvetta taloissa. Lämmitysenergian tarvetta saadaan parannettua rakennuksen eristystä lisäämällä eli lämmönläpäisykerrointa pienentämällä ja ilmanvaihdon lämmön talteenottoa parantamalla.

Taulukko 5.

U-arvot	Normaali eristys	Matala-energiatalo
seinä	0,21	0,14
katto	0,15	0,10
lattia	0,20 (0,32)	0,15 (0,21)
ikkuna	1,5	1,0
ovi	1,5	0,5
<b>Lämpöhäviöt</b>		
W/m <sup>3</sup>	18,5	8,7
W/m <sup>2</sup>	57	29



(Sähkölämmitysfoorumi ry, 2005)

(Huom. kuvassa mainittava U-arvo tarkoittaa samaa kuin k-arvo eli lämmönläpäisykerroin)

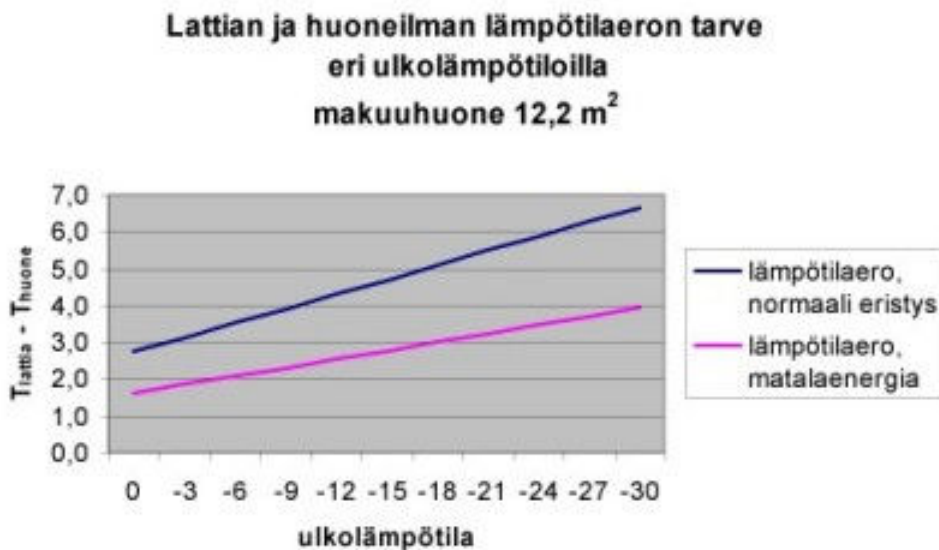
Sähkölämmitys on optimaalinen ratkaisu matalaenergiataloihin. Lämmitysjärjestelmän hankintakustannukset ovat erittäin edulliset eikä käyttökustannuksia muodostu paljoa pienen energiankulutuksen vuoksi. Muilla lämmitysmuodoilla ei voida näin ollen kompensoida investointeja halvempien käyttökustannusten perusteella, vaan matalaenergia säilyy halvempänä useita kymmeniä vuosia.

Eräs keskeinen tekijä joka puoltaa edelleen sähkölämmityksen valitsemista on miellyttävän sisälämpötilan luominen. Lämmitysteho ei saa olla liian suuri eikä liian pieni, koskee etenkin lattialämmitystä, mutta silti lämmityksen tulee reagoida

nopeasti muihin lämmönlähteisiin ja lämmönsäädön tulee olla hyvin valittu.

Normaalisti eristetyn talon lämmitystehon tarve on 50-60 W/m<sup>2</sup>, kun mitoitusulkolämpötila on -29 °C. Matalaenergiatalossa vastaava lämmitystehon tarve on vain noin 30 W/m<sup>2</sup>. Lattialämmitystä asennettaessa vähintään 90% pinta-alasta lattian pintalämpötilan tulisi normaalissa talossa olla 6-7 astetta huonelämpötilaa korkeampi mitoitusulkolämpötilan aikana kuin puolestaan matalaenergiatalossa lattian pintalämpötilan tulee olla vain noin 4 astetta korkeampi kuin ilman. Todellisuudessa kuitenkin ulkolämpötila on vain harvoin lähellä mitoituslämpötilaa ja suurimman osan lämmityskaudesta ulkolämpötila on 0 - -10 °C:een välillä. Kun ulkolämpötila on suurempi, niin luonnollisesti lämmityksentarve on myös pienempi, lattian lämpötila ei näin ollen saisi olla matalaenergiataloissa 2-3 astetta korkeampi kuin huoneilma. Huomattavaa on kuitenkin, että lattianlämpötilan laskiessa, niin hyvin lämpöä johtavat lattiapinnoitteet saattavat tuntua viileältä.

Taulukko 6.



(Sähkölämmitysfoorumi ry, 2005)

## 6.4 Ilmastotekijät

Suomen ilmaston ulkolämpötila vaihtelee vuoden aikana. Suomen eri osissa ulkolämpötilatkin vaihtelevat suuresti, esimerkiksi Helsingissä on huomattavasti korkeammat ulkolämpötilat kuin Ivalossa.

### 6.4.1 Ulkolämpötila

Lämmitysenergian tarpeeseen vaikuttavat monet tekijät. Nämä tekijät eivät kuitenkaan vaikuta veden lämmitykseen tai perussähköön.

Mitoituspakkanen, kun ulkolämpötila laskee alimmilleen muutaman päivän ajaksi, lasketaan siitä keskiarvo, josta mitoitetaan lämmitysteho. Teho on verrannollinen sisä- ja ulkolämpötilan erotukseen.

Astepäiväluku, muodostuu sisä- ja ulkolämpötilan summana valitusta erotuksesta. Se huomioi jokaisen päivän lämpötilan. Mukaan lasketaan vuorokaudet, joiden keskilämpötila on alle +12 °C. Normaali vuosi määritellään myös astepäiväluvulla, se tarkoittaa pidemmältä ajanjaksolta syntyvää keskiarvoista astepäivälukua.

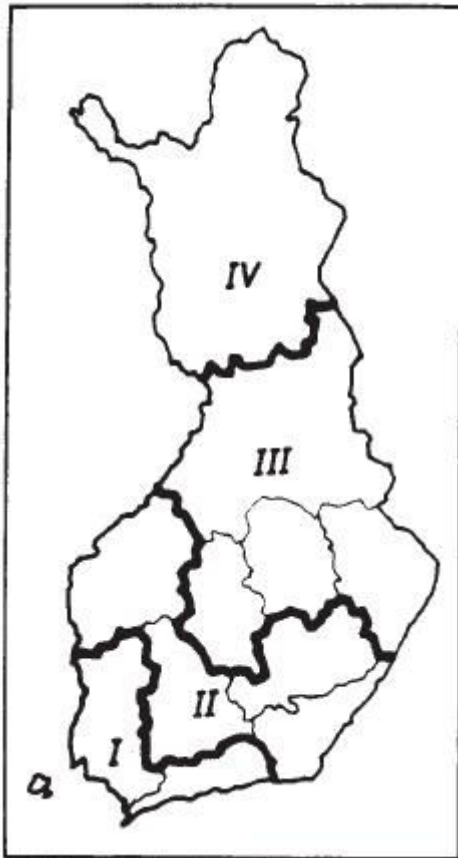
Suomi on jaettu neljään ilmastolliseen alueeseen. Ulkolämpötila ja keskilämpötila määritetään taulukosta 1.

Taulukko 7

Vyöhyke	Mitoituslämpötila °C	Vuoden keskilämpötila °C
I Entiset Uudenmaan, Turun ja Porin läänit sekä Ahvenanmaa	-26	5
II Entiset Kymen, Mikkelin, Hämeen ja Vaasan läänit	-29	4
III Entiset Keski-Suomen, Kuopion, Pohjois-Karjalan ja Oulun läänit	-32	2
IV Lapin lääni	-38	0

(Sähköinfo Oy, 2006)

Kuva 4.



(Ympäristöministeriö, 1985)

#### 6.4.2 Sisälämpötila

Tehon tarvetta mitoittaessa sisälämpötila määräytyy huonekohtaisesti sen käyttötarkoituksen mukaan. Yleisimmin käytetään rakennusmääräysten ohjearvoja:

Taulukko 8.

Tuulikaappi, varasto	17
Eteinen, vaatehuone	19
Kylpyhuone	22
muut huonetilat	21

(Sähkölämmitysfoorumi ry, 2006)



## 6.5 Lämmön siirtyminen

Lämpöenergia siirtyy vapaana lämpönä korkeamman lämpötilan omaavasta tilasta alhaisemman lämpötilan omaavaan tilaan. Lämmön siirtyminen voi tapahtua joko väliaineen kautta, sähkömagneettisen säteilyn avulla ilman väliainetta tai konvektiovirtausten mukana. Kukin väliaine johtaa lämpöä omalla tavallaan. Väliaineina käytetään pientaloissa pääasiassa ilmaa tai vettä.

Sähkömagneettinen säteily, toimii lämpösäteily alueella eli lämmittää. Tätä voidaan kutsua myös infrapunasäteilyksi ja sen alue sijaitsee näkyvän valon ja radioaaltojen välissä. Säteily tunkeutuu kiinteään aineeseen ja muuttuu lämmöksi aineen, lämpötilan ja aallonpituuden edellyttämällä tavalla. Aallonpituus on riippuvainen säteilevän aineen lämpötilasta. Hyvänä esimerkkinä säteilylämmitykseen sopii kattolämmitys.

### Säteilyteho

$$P_S = a_S (T_{PM} \cdot T_{SM})$$

$P_S$  säteilyteho, (W)

$a_S$  säteilyn lämmönsiirtymiskerroin, (W/m<sup>2</sup>·°C)

$T_{PM}$  säteilevän pinnan keskilämpötila, (°C)

$T_{SM}$  säteilyä vastaanottavien pintojen keskilämpötila, (°C)

Konvektiolämmityksessä lämpö siirtyy huoneeseen konvektiovirtausten mukana, jolloin lämpö on sidottuna johonkin aineeseen. Ilmalämmitys on oiva esimerkki tällaisesta, koska siinä lämmintä ilmaa johdetaan huoneeseen.

$$P_K = a_K (T_{pm} - T_i)$$

$P_K$  konvektioteho, (W/m<sup>2</sup>)

$a_K$  konvektion lämmönsiirtymiskerroin, (W/m<sup>2</sup> \* K)

Lämmön siirtymisessä esiintyy myös johtumista. Sen suurin merkitys on lämmön siirtymisellä lämpimistä tiloista rakenteiden läpi ulos tai muihin kylmempiin tiloihin.

Lämpö siirtyy seuraavaa kaavaa noudattaen lämpimästä kylmään

$$P = \frac{W}{t}$$

P            lämpöteho, (W)

W            lämpömäärä

t            aika, jossa lämpömäärä siirtyy lämpimämmästä kylmempään

Lämpöteho on suoraan verrannollinen levyn pinta-alaan, kääntäen verrannollisesti levyn paksuuteen  $d$ , lämpötilaeroon ja levyaineen lämmönjohtokykyä kuvaavaan vakioon  $\lambda$ .

$$P1 = \lambda \cdot \frac{A}{d} \cdot \Delta T$$

### 6.5.1 Lämmönläpäisykerroin

Rakenteiden lämmönläpäisykerroimet määritellään rakennussuunnitteluvaiheessa. Lämmönläpäisykerroin eli  $k$ -arvo (tai  $u$ -arvo) kertoo sen lämpötehon mikä tarvitaan  $1 \text{ m}^2$  suuruista pintaa kohden, jotta sisä- ja ulkolämpötilan välillä pysyisi  $1^\circ\text{C}$  lämpötilaero.

Lämmön johtavuudella tarkoitetaan lämpömäärää, joka kulkee tunnissa alaltaan  $1 \text{ m}^2$  ja  $1 \text{ m}$  paksuudeltaan olevan kappaleen läpi kun lämpötilaero eri puolilla kappaletta on  $1^\circ\text{C}$ . Sen yksikkö on  $\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ .

$$k = \frac{1}{m}$$

m                    lämmön johtavuus, (W/m<sup>2</sup> \* °C)

Erityisen lämmin tila on sellainen tila, jossa käyttötarkoituksesta johtuen sisälämpötila on jatkuvasti tai ajoittain korkea verrattuna tavanomaiseen lämpimään tilaan. Tällainen tila voi olla esimerkiksi saunan löylyhuone.

Lämmin tila on sellainen tila, jonka mitoittavaksi huonelämpötilaksi lämmityskaudella oleskelu- tai muista syistä valitaan +17 °C tai sitä korkeampi lämpötila.

Puolilämmin tila on sellainen tila, joka ei ole tarkoitettu jatkuvaan oleskeluun pelkästään normaalia sisävaatetusta käyttäen. Tilan lämpötilana pidetään lämmityskaudella keskimäärin vähintään +5 °C mutta alle +17 °C tai tilan lämpötila olisi näissä rajoissa ilman tuotantoprosessin luovuttamaa lämpöä. Lämmöneristysvaatimusten suhteen puolilämpimiä tiloja voivat olla esimerkiksi talvella satunnaisesti lämmitettävät loma-asunnot.

Jäähdytettävä kylmä tila on sellainen tila, jossa jäähdytys- ja mahdollisen lämmitysjärjestelmän avulla ympärivuotisesti ylläpidetään käyttötarkoituksen mukaista alle 17 °C lämpötilaa. Tällaisia tiloja voivat olla esimerkiksi viileät kellari- ja varastotilat.

Lämmittämätön tila on sellainen tila, jota ei ole tarkoitettu lämmityskaudella jatkuvaan oleskeluun ja jota ei ole tarkoituksellisesti lämmitetty. Lämmittämättömän tilan lämpötila seuraa lämmityskaudella yleensä ulkoilman lämpötilaa. Lämmöneristysvaatimukset eivät koske lämmittämätöntä tilaa eikä niitä oteta huomioon rakennuksen vaipan lämpöhäviöitä laskettaessa.

Lämmittämättömiä tiloja ovat esimerkiksi lasitetut parvekkeet, ulkonevat kuistit, lämmittämättömät autotallit sekä rakennuksen yhteydessä olevat lämmittämättömät viherhuoneet.

Uusissa rakennuksissa suurimmat sallitut k-arvot määritellään seuraavan taulukon mukaan, lukuun ottamatta kuitenkin teollisuus- tai varastorakennuksia:

Taulukko 9.

<b>Lämpimän tilan tai erityisen lämpimän tilan rajoittuminen ulkoilmaan tai lämmittämättömään tilaan tai maahan</b>	W/m <sup>2</sup> K
Seinä	0,28
Ylä- ja alapohja	0,22
ikkuna, valoaukko	2,1
ovi, tuuletusluukku	0,7
<b>Maata vasten olevan lämpimän tilan rakennusosa</b>	W/m <sup>2</sup> K
alapohja ja seinä	0,36
<b>Puolilämmin tila</b>	W/m <sup>2</sup> K
kaikki seinämät	0,45
ikkuna, valoaukko	3,1
ovi, tuuletusluukku	2

(Sähköinfo Oy, 2005)

Maavaraisen alapohjan arvo koskee 6 metrin levyistä reuna-aluetta, jonka sisäpuolelle jäävä alue saa olla eristämätön.

K-arvoja eli lämmönläpäisykertoimia käytetään tehon ja energian kulutuksen laskennassa. Ympäristöministeriön julkaisemien lämmöneristyksen määräysten mukaan lämmönläpäisykertoimet eivät saa ylittää seuraavien taulukoiden arvoja.

Vaipan johtumishäviöt (Pjoht)

Vaipan johtumishäviöt lasketaan huonekohtaisesti, tällöin myös lämmön siirtyminen lämpimämmästä kylmempään tulee ottaa huomioon.

Johtumisteho:

$$P_{\text{joht}} = \sum (k \cdot A \cdot (T_{\text{sisä}} - T_{\text{ulko}}))$$

$P_{\text{joht}}$  johtumisteho, (W)

$k$  kunkin rakennusosan lämmönläpäisykerroin, (W/m<sup>2</sup>K)

$A$  kunkin rakennusosan pinta-ala, (m<sup>2</sup>)

$\Delta T$  lämpötilaero esim. ulkoseinässä ( $T_{\text{sisä}} - T_{\text{ulko}}$ ), (°C tai K)

Taulukko 10.

Ylä- ja alapohjan johtumishäviöt  $\Delta T = 47$  °C

Huoneen lattiapinta-ala	Lämmitystehon tarve			
	Tavalliset eristykset		Parannetut eristykset	
	Maanvarainen alapohja esim. min.villa 10 cm k=0,21 W/m <sup>2</sup> °C	Yläpohja tai tuuletettu alapohja esim. min.villa 25 cm k=0,17 W/m <sup>2</sup> °C	Maanvarainen alapohja esim. min.villa 15 cm k=0,17 W/m <sup>2</sup> °C	Yläpohja tai tuuletettu alapohja esim. min.villa 35 cm k=0,13 W/m <sup>2</sup> °C
4 m <sup>2</sup>	13 W	32 W	10 W	24 W
6 m <sup>2</sup>	19 W	48 W	15 W	37 W
8 m <sup>2</sup>	25 W	64 W	20 W	49 W
10 m <sup>2</sup>	31 W	80 W	25 W	61 W
12 m <sup>2</sup>	38 W	96 W	31 W	73 W
14 m <sup>2</sup>	44 W	112 W	36 W	85 W
16 m <sup>2</sup>	50 W	128 W	41 W	98 W
18 m <sup>2</sup>	57 W	144 W	46 W	110 W
20 m <sup>2</sup>	63 W	160 W	51 W	122 W
22 m <sup>2</sup>	69 W	176 W	56 W	134 W
24 m <sup>2</sup>	76 W	192 W	61 W	147 W
26 m <sup>2</sup>	82 W	208 W	66 W	159 W
28 m <sup>2</sup>	88 W	224 W	71 W	171 W
30 m <sup>2</sup>	94 W	240 W	76 W	183 W

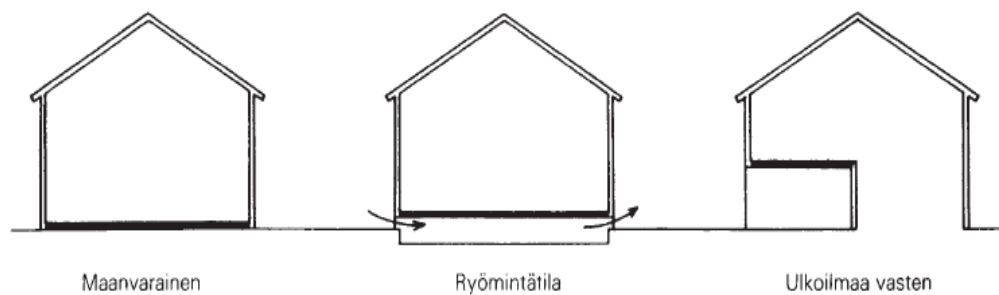
K-arvona on käytetty koko alapohjan keskimääräistä arvoa. Se on painotettu uloimman reuna-alueen mukaan, joka on leveydeltään 1 m. (katso Suomen rakentamismääräyskokoelma. Lämmöneristysohjeet C4 kohta 5.3). Esim.

$$47 \text{ °C} \cdot 30 \text{ m}^2 \cdot 0,17 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ °C} = 240 \text{ W}$$

Johtumisteho alapohjan läpi voidaan laskea kaavalla 2, jos alapohjasta johtuminen tapahtuu pääasiallisesti ulkoilmaan. Lämpötilan ollessa jatkuvasti sama alapohjan alla kuin ulkoilmanlämpötila, käytetään tätä varsinaista ulkolämpötilaa mitoituksessa. Alapohjan alla oleva ns. ryömintätilan esim. tuuletusaukkojen kattaessa korkeintaan 1 % alapohjan pinta-alasta ja lämpötilan pysyessä ulkolämpötilaa korkeampana, voidaan rakenteen lämmönläpäisykerrointa pienentää 20%.

Kuva 5.

Alapohjan eri rakennetyyppejä



(Ympäristöministeriö, 1985)

Johtumisteho maahan

Maahan johtuvaa tehoa lasketaan myös kaavalla 2. Lämmönläpäisykerroimen käytetään rakenteiden ja maaperän yhteenlaskettuja arvoja sekä pinta-alana maan kanssa välittömästi kosketuksissa olevaa pinta-alaa. Lisäksi mitoittavana ulkolämpötilana käytetään vuotuista ulkolämpötilan keskiarvoa, johon lisätään  $+2\text{ °C}$  (esim. I-vyöhykkeellä  $5+2=+7\text{ °C}$ ).

Rakennuksissa, joissa ei ole kellaritiloja voidaan käyttää taulukko 2 vakioarvoja, tällöin tulokset poikkeavat hivenen lasketuista. Taulukon käyttö myös edellyttää, että alapohjan lämmöneristyksen lämmönläpäisykerroin on korkeintaan  $1\text{ W/m}^2\text{K}$ .

Taulukko 11.

Sisälämpötila °C	Johtumislämpötila maahan W/m <sup>2</sup>
>17	5
12-17	4
5-12	3

Seinämien kohdalla k-arvon tärkein määrittäjä on varsinainen lämmöneristyskerros. Seinämät muodostuvat seinistä, ala- ja yläpohjista. K-arvo käsittää koko seinämärakenteen. Näihin rakenteisiin katsotaan kuuluvan pinnat, kantavat rakenteet ja lämmöneristys.

Taulukoita apuna käyttäen:

Taulukko 12.

Ulkoseinän johtumishäviöt

Huoneen ulkoseinän pituus	Lämmitystehon tarve	
	Tavalliset eristykset k=0,29 W/m <sup>2</sup> °C Esim. min.villa 15 cm	Parannetut eristykset k=0,22 W/m <sup>2</sup> °C esim. min.villa 20 cm
1 m	34 W	26 W
2 m	68 W	52 W
3 m	102 W	78 W
4 m	136 W	103 W
5 m	170 W	129 W
6 m	204 W	155 W
7 m	239 W	181 W
8 m	273 W	207 W
9 m	307 W	233 W
10 m	341 W	258 W
11 m	375 W	284 W
12 m	409 W	310 W
13 m	443 W	336 W
14 m	477 W	362 W

Ylläolevassa taulukossa on oletettu huoneenkorkeudeksi 2,5 metriä ja  $\Delta T = 47\text{ °C}$

Taulukko 13.

<b>Eristepaksuus villa tai styrox</b>	<b>min,</b>	<b>W/m<sup>2</sup>K</b>	<b>Seinärakenteet</b>
100 mm		0,42	tiili, ilmarako, tuulensuoja, min.villa, höyrysulku, sisäverhous
125 mm		0,33	
150 mm		0,3	
200 mm		0,24	
250 mm		0,18	
100 mm		0,33	normaaliitiili, min. villa, normaaliitiili
125 mm		0,28	
150 mm		0,24	
200 mm		0,18	
100 mm		0,42	lautaverhous, ilmarako, tuulensuoja, min. villa, höyrysulku, sisäverhous
125 mm		0,33	
150 mm		0,3	
200 mm		0,24	
250 mm		0,18	
300 mm		0,16	
			<b>Lattiarakenne</b>
50 mm koko alue		0,36	pinnoite, betoni, höyrysulku, styrox tai kova villa, sora, maa
100 mm koko alue		0,25	
reunat 150 mm muu 100 mm		0,23	
150 mm koko alue		0,19	
			<b>Kattorakenne</b>
200 mm		0,22	eriste, höyrysulku, sisäverhous
250 mm		0,18	
300 mm		0,15	
350 mm		0,13	
400 mm		0,11	

(Sähköinfo Oy, 2006)

### Ikkunat ja ovet

Ikkunat ja ovet ovat laskenta mielessä vaikeasti käsiteltäviä. Tarkat k-arvot saadaan parhaimmin valmistajien ilmoittamien arvojen mukaan. Lämmönläpäisykertoimeen vaikuttavat normaalin rakenteen lisäksi myös karmit ja puitteet.



Taulukko 14.

Ikkunatyypit	Keskimääräinen k-arvo W/m <sup>2</sup> °C
3-kertainen tavallinen lasi	2,1
4-kertainen tavallinen lasi	1,5
2-kertainen selektiivinen eristyslasi	1,6
3-kertainen selektiivinen eristyslasi	1,3
2-kertainen selektiivinen eristyslasi + 2-kertainen tavallinen lasi	1,2
3-kertainen selektiivinen eristyslasi + 1-kertainen tavallinen lasi	0,9

(k-arvon suuruuteen vaikuttavat lasien paksuus ja niiden väliset etäisyydet, joten ikkunatyypin k-arvot ovat keskimääräisiä)

Esimerkkihuvone taulukkoja apuna käyttäen:

Taulukko 15.

Ikkunoiden aiheuttama lisäys seinien johtumishäviöihin  $\Delta T = 47 \text{ °C}$

Huoneen ikkuna-ala	Lämmitystehon tarpeen lisäys		
	2-kertainen ikkuna k=2,75 W/m <sup>2</sup> °C	3-kertainen ikkuna k=1,85 W/m <sup>2</sup> °C	4-kertainen ikkuna k=1,30 W/m <sup>2</sup> °C
1 m <sup>2</sup>	119 W	77 W	51 W
2 m <sup>2</sup>	238 W	153 W	102 W
3 m <sup>2</sup>	357 W	230 W	152 W
4 m <sup>2</sup>	476 W	306 W	203 W
5 m <sup>2</sup>	595 W	383 W	254 W
6 m <sup>2</sup>	713 W	460 W	305 W
7 m <sup>2</sup>	832 W	536 W	355 W
8 m <sup>2</sup>	951 W	613 W	406 W
9 m <sup>2</sup>	1070 W	689 W	457 W
10 m <sup>2</sup>	1189 W	766 W	508 W

Esim.

3-kertaisen ikkunan k-arvosta vähennetään seinän k-arvo (parannettu eristys)

$$\Rightarrow 1,85 - 0,22 = 1,63$$

$$47 \text{ °C} \cdot 6 \text{ m}^2 \cdot 1,63 \text{ W} / \text{m}^2 = 460 \text{ W}$$

Taulukko 16.

Ulko-ovien aiheuttama lisäys seinien johtumishäviöihin

Oven pinta-ala	Lämmitystehon tarpeen lisäys	
	Vanhat ovet W/m <sup>2</sup> °C	Uudet ovet parannetuilla eristyksillä k=0,70 W/m <sup>2</sup> °C
2 m <sup>2</sup>	73 W	45 W
3 m <sup>2</sup>	110 W	68 W
4 m <sup>2</sup>	147 W	90 W
5 m <sup>2</sup>	183 W	113 W
6 m <sup>2</sup>	220 W	135 W
7 m <sup>2</sup>	257 W	158 W
8 m <sup>2</sup>	293 W	180 W
9 m <sup>2</sup>	330 W	203 W
10 m <sup>2</sup>	367 W	226 W

Esim.

Uusien ovien k-arvo vähennetään seinän k-arvosta (parannettu eristys)

$$\Rightarrow 0,70 - 0,22 = 0,48$$

$$47 \text{ °C} \cdot 2 \text{ m}^2 \cdot 0,48 \text{ W} / \text{m}^2 = 45 \text{ W}$$

### 6.5.2 Ilmanvaihdon tilavuusvirta ja lämpöhäviöt

Lämmitystehon tarvetta laskiessa tarvitaan huonekohtaiset ulkoilman määrät sekä mahdollisen lämmön talteenottolaitoksen (LTO) teho. Ilmanvaihto jakautuu kahteen osaan: varsinainen hallittu ilmanvaihto ja vuotoilmanvaihto.

Hallitun ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema teho

$$P_{iv} = \rho_i \cdot c_{pi} \cdot V_{iv} \cdot (T_{sisä} - T_{ulko}) - P_{lto}$$

$P_{iv}$  Ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema teho, (kW)

$\rho_i$  Ilman tiheys, (1,2 kg/m<sup>3</sup>)

$c_{pi}$  Ilman ominaislämpö, (1,0 KJ/kgK)

$V_{iv}$  Ilmanvaihdon ilmavirta, (m<sup>3</sup>/s)

$P_{lto}$  Poistoilmasta lämmön talteenottolaitteelle hyödynnettävä teho, (kW)  
(= hyötysuhde  $\eta$  \* tehontarve  $P_{iv}$  ilman  $P_{lto}$ :a)

Lämmön talteenoton tehohyötysuhteena käytetään kokemusperäisesti:

- levylämmönsiirtimille 0,4-0,6 yleisimmin 0,5
- regeneratiivisille (vaihtopelti-) lämmönsiirtimille 0,6-0,85 yleisimmin 0,75

Yleisimpiä laskenta arvoja

Sisätiloihin tulevan ulkoilman lämmityksen tarve on laskettava mukaan huoneen lämmitystehon tarpeeseen.

Taulukko 17.

Ulkoilmavirrat eri tiloihin huoneen pinta-alan mukaan

	<b>Litraa/s, m<sup>2</sup></b>
Olohuone	0,5
Makuuhuone	0,7 (4 litraa/henkilö, s, minimi)
Ruokailutila	0,5
Sauna	2,0 (minimi 6 l/s)
Askarteluhuone	0,7

Keittiö- ja hygieniatiiloille on lisäksi määritetty minipoistoilmamäärät, jotka pienissä asunnoissa yleensä määrittävät ilmanvaihdon tarpeen. Pienten asuntojen poistoilmavirrat voidaan mitoittaa ohjearvoja pienemmiksi siten, että huoneiston ilmanvaihtokerroin (ulkoilmamäärä (m<sup>3</sup>/h)/asunnon rakennustilavuus m<sup>3</sup>) on vähintään 1,0. Ilmanvaihtoa voidaan käytössä pienentää, kun keittiö ja hygieniatilat eivät tarvitse mitoituspoistoa. Ulkoilmavirtojen tulee kuitenkin olla ohjeen mukaiset eikä ilmanvaihtokerroin saa alittaa arvoa 0,4. Kuitenkin ilmanvaihdon tarpeesta pientaloasunnossa on käyty runsasta mielipiteiden vaihtoa. Sisäasianministeriön antamat normit vaativat asuinrakennuksen varustamista sellaisella järjestelmällä, joka mahdollistaisi 0,5-kertaisen ilmanvaihdon eli koko huoneilma vaihtuisi kerran kahdessa tunnissa. Näissäkin normeissa hyväksytään ilmanvaihdon puolittaminen mitoitusulkolämpötilalla eli lämmitysjärjestelmän mitoituksessa voidaan hyväksyä 0,25-kertainen ilmanvaihto lähtökohdaksi.

Käytäntö on osoittanut, että juuri ilmanvaihdosta tingitään silloin, kun lämmöntarve on suurimmillaan. Luonnollisella ilmanvaihdolla varustetussa

talossa venttiilit suljetaan lähes täysin, koska suuri paine-ero kasvattaa muutenkin hormiston kautta tapahtuvaa ilmanvaihtoa. Lisäksi tuuletus ikkunoiden kautta jää vähäiseksi kylminä talvikausina.

Koneellisella ilmanvaihdolla varustetussa talossa ilmanvaihdon käyttö voidaan vaivattomasti säätää tarpeiden mukaiseksi. Koneellisen sisään puhalluksen sisältyessä ilmanvaihtoon, ei tarvitse huonekohtaista lämmitystehontarvetta laskea.

Jos huonetiloja lämmitetään tuloilmalla, on laitteistojen mitoitus tehtävä uudelleen. Lämmön talteenottolaitteiden hyötysuhde, ilmavirtojen muutoksen ja hyödynnettävät sähkötehot on otettava huomioon mitoittaessa.

Poistoilmasta lämmön talteenottolaitteilla tuloilman lämmityksessä hyödynnettävä teho lasketaan ottamalla huomioon lämmön talteenottolaitteiden hyötysuhde mitoituslämpötilassa, sekä mahdolliset ilmavirtojen muutokset. Hyödynnettävät sähkötehot on myös huomioitava. Poistoilmasta saatavaa lämpöä käytettäessä veden lämmitykseen tai korvattaessa sillä johtumistehoa, on laskelmat suoritettava erikseen.

Vuotoilman lämmityksen tarvitsema teho

Hallitsematon ilmanvaihto rakojen, saumojen, jne. kautta kaikissa ulkoseiniin rajoittuvissa tiloissa

$$P_{viv} = \rho_i \cdot c_{pi} \cdot V_{vuoto} \cdot (T_{sisä} - T_{ulko})$$

$P_{viv}$  Vuotoilman lämmityksen tarvitsema teho, (kW)

$V_{vuoto}$  Vuotoilmavirta  $V_{vuoto} = n_v \cdot V_{rak} / 3600$

$n_v$  Vuotoilman vaihtuvuus, kertaa tunnissa, (1/h). n-arvo on 0,2 tai 0,1 riippuen siitä, että ovatko huoneistot läpi talon vai ei

$V_{rak}$  rakennustilavuus, (r-m<sup>3</sup>)

3600 laatumuunnoksesta tuleva termi, jotta vuoto olisi laadultaan m<sup>3</sup>/s

Taulukkoa hyväksi käyttäen esimerkkihuoneella:

Taulukko 18.

Ilmanvaihdon lämpöhäviöt

Huoneen lattiapinta- ala	Ilmanvaihdon lämmitystehon tarve	
	Painovoimainen ilmanvaihto (0,5 kertaa tunnissa)	Koneellinen ilmanvaihto lämmöntalteenotolla tai 0,2 kertaa tunnissa
2 m	42 W	17 W
4 m	85 W	34 W
6 m	127 W	51 W
8 m	169 W	68 W
10 m	212 W	85 W
12 m	254 W	102 W
14 m	296 W	118 W
16 m	338 W	135 W
18 m	381 W	152 W
20 m	423 W	169 W
22 m	465 W	186 W
24 m	508 W	203 W
26 m	550 W	220 W
28 m	592 W	237 W
30 m	635 W	254 W

Huonekorkeus 2,5 m ja  $\Delta T = 47\text{ °C}$

Esim.

$$47\text{ °C} \cdot (30 \cdot 2,5)\text{ m}^3 \cdot 0,20 / \text{h} \cdot 0,36\text{ Wh} / \text{m}^3\text{ °C} = 254\text{ W}$$

### 6.5.3 Käyttöveden lämmityksen tarvitsema teho

Käyttöveden lämmityksen tarvitsema teho ja se osuus tästä tehosta, joka lisää rakennuksen lämmitystehontarvetta lasketaan: ensin määritetään rakennuksen käyttöveden mitoitusvirtaama, jonka avulla määritetään käyttöveden lämmityksen tarve.

$$P_{lv} = \rho_v \cdot c_{pv} \cdot V_{lvmit} \cdot (T_{lv} - T_{kv})$$

$P_{lv}$	käyttöveden lämmityksen tarvitsema teho, (kW)
$\rho_v$	veden tiheys, 1000 kg/m <sup>3</sup>
$C_{pv}$	veden ominaislämpö, 4,2 kJ/kgK
$V_{lvmit}$	mitoitusvirtaama, m <sup>3</sup> /s
$T_{lv}$	lämpimän käyttöveden lämpötila, °C
$T_{kv}$	kylmän käyttöveden lämpötila, °C

Käytetään lämpimän ja kylmän veden lämpötilaerona 50°C, ellei ole perusteltua käyttää muita arvoja.

Rakennuksen lämmöntuottolaitteiden mitoitukseen vaikuttava käyttöveden lämmitystehontarve määritellään seuraavasti:

- 1) Käyttöveden lämmittämiseen tarvittava teho ollessa alle 20 % rakennuksen lämmitystehontarpeesta, ei sitä tarvitse huomioida
- 2) Käyttöveden lämmittämiseen tarvittavan tehon ylittäessä 20 % rakennuksen lämmitystehontarpeen eikä varausteho ole riittävä, huomioidaan teho sellaisenaan lämmöntuottolaitteistoa mitoittaessa
- 3) Käyttöveden lämmittämiseen tarvittavan tehon ylittäessä 20 % rakennuksen lämmitystehontarpeesta, mutta varausteho on riittävän suuri, otetaan huomioon käyttöveden tarvitsemasta tehosta vain 20 %
- 4) Lämmitysjärjestelmää kytkettäessä ulkopuoliseen energiantoimittajaan, vaikutus liittymistehoon määritellään toimittajan ohjeiden mukaan

#### 6.5.4 Sähkönkulutuksen laskenta

Käytetyt laskentamenettelyt perustuvat lämpöhäviöiden ja ilmaislämpöihin. Kuitenkin erilaiset käyttötavat luovat kulutukseen suuriakin eroja. Huonekohtainen sähkölämmitys hyödyntää ilmaislämmöt muita vaihtoehtoja tehokkaammin. Sähköllä lämmitetyn talon energian kulutus arvioidaan tarpeeksi tarkkaan laajan

havaintomateriaalin mukaan, joka perustuu kokemusrvoihin (IVO/pientalo-projekti, uudisomakotitalo, huonekohtainen lämmitys).

Tilojen lämmitys

$$W = -10000 + 2,5 \cdot S + 75 \cdot A$$

Käyttöveden lämmitys

$$W = 1800 + 7,5 \cdot A + 270 \cdot N$$

Taloussähkö

$$W = 1800 + 15 \cdot A + 500 \cdot N$$

W	Vuosienergia, (kWh/vuosi)
A	Rakennuksen pinta-ala, (m <sup>2</sup> )
N	asukkaiden määrä
S	astepäiväluku S17, (K*vrk)

Astepäiväluku ilmoitetaan vuoden pituisesta jaksosta, joka muodostuu vuorokausittain laskettavien valitun sisälämpötilan ja ulkolämpötilan erotusten summasta. Edellä mainittuja malleja määrittäessä on tilastollisena muuttujana käytetty energian kulutusta parhaiten selittävää +17 °C:n sisälämpötilaan perustuvaa astepäivälukua.

Aikaisemmin esitettyjen ilmastovyöhykkeiden mukaan pitkän ajan keskiarvon mukaiset astepäiväluvut.

Taulukko 19.

Vyöhyke	S17, K*vrk
I	4409
II	4563
III	4966
IV	6098

Käytettäessä vesikiertoista keskuslämmitystä, on tilojen lämmitysenergia 15% edellä mainittua suurempi.

Astepäiväluvusta on julkaistu myös tarkempi jaottelu, jota kutsutaan lämmöntarveluvuksi. Se saadaankin laskettua vertailupaikkakunnasta jokaiseen Suomen kuntaan. Tällä ei kuitenkaan ole kuin teoreettinen merkitys, koska sijoituspaikkakuntaa enemmän lämmöntarpeeseen vaikuttaa rakennuksen sijoitus maastoon.

Lämmitystä ja laitteita valittaessa ja suunniteltaessa tulee ottaa huomioon lämpömukavuus, taloudellisuus ja vaivattomuus. Asennettaessa ja suunniteltaessa tulee myöskin huomata kotelointiluokat, suojaukset, ryhmitykset sekä sijoitus. Lämmitysjärjestelmä ja sen laitteet tulee valita tilojen sekä käytön että rakenteen mukaan.

## 6.6 Lämmittimien valinta

Kun rakennuksen kaikkien osien tarvitsemat lämpötehon tarpeet on saatu mitoitettua voidaan suorittaa lämmittimien valinta.

Tässä vaiheessa kannattaa huomioida, että tämä esimerkki perustuu taulukoita hyväksi käyttäen saatuihin arvoihin, mutta voidaan soveltaa myös kokonaan laskettuihin arvoihin. Huomioitavaa on myös, että taulukkojärjestelmä on suoritettu yhden esimerkkihuoneen perusteella.



Taulukko 20.

<b>Laskenta- paikka</b>	<b>Määrä</b>	<b>Lämmitysteho</b>
Ulkoseinä	7 m	180 W
Lattia	30 m <sup>2</sup>	80 W
Katto	30 m <sup>2</sup>	185 W
Ikkunat	6 m <sup>2</sup>	460 W
Ovi	2,0 m <sup>2</sup>	45 W
Ilmanvaihto	0,5 ... 0,2 1/h	635 ... 255 W
Yhteensä		1585 ... 1205 W

Huoneen tarvitsema lämmitysteho ulkolämpötilan ollessa  $-27\text{ °C}$  on 1200-1600 W eli 40-53 W/m<sup>2</sup>. Tämä on kuitenkin vain teoreettinen mitoitus ja todelliseen lämmitystehontarpeeseen vaikuttavat mitoitusolosuhteissa esiintyvät satunnaiset tekijät. Esimerkiksi ihmisistä ja kodinkoneista sekä valaisimista luovutettu lämpö lämmittävät rakennusta ja samalla vähentävät lämmitystehontarvetta.

(Ensto Oy, 2005; 23-24, . Sähköinfo Oy, 2005; 24-31, 45-48, kaavat. R. Kara, 1994; 31-44. Ympäristöministeriö, 2002; 34.)

## 7. LÄMMITTIMET JA TERMOSTAATIT VALINTA

Lämmittimien oikein tehty valinta luo hyvän lämpöviihtyvyyden ja luo hyvän hyötysuhteen energian suhteen. Tarkat termostaatit puolestaan pystyvät reagoimaan nopeasti lämmönmuutoksiin, säästään energiaa ja lisäten viihtyvyyttä. Viihtyvyyttä ja hyötysuhdetta lisää myös lämpötehon huonekohtaiset säätömahdollisuudet.

Hyvällä termostaatilla pystytään huonelämpötilan vaihtelu rajaamaan jopa 0,3 °C. Uusimpien termostaattien avulla voidaan lämpötilaa pudottaa halutusti, vaikkapa työpäivän ajaksi jolloin säästetään lämmityskustannuksissa.

Oikealla säädöllä oikea lämpötila

Lämmityksen säädön tarkoituksena on huoneen lämpötehon pitäminen automaattisesti tarpeisiin nähden vaaditulla tasolla. Mitä tarkemmin lämmityslaite pystyy vastaamaan hetkelliseen tehontarpeen vaihteluun, niin sitä parempi on säätö. Tehontarpeen vaihtelua syntyy monista syistä, kuten esimerkiksi ihmisten, ulkolämpötilan, muiden sähkölaitteiden ja lämmityslaitteiden vaikutuksesta.

Kun lämmityksen ohjaus on suunniteltu ja toteutettu hyvin, on sillä huomattavan suuri vaikutus energiankulutuksessa ja kustannuksissa. Hyvällä säädöllä ja ohjauksella pystytään luomaan merkittäviä säästöjä sähkölaskussa.

Termostaatit, huoneyksiköt ja keskuskytkennät muodostavat yhdistelmänä lämmityksen säädön ja ohjauksen, jolla saadaan luotua taloudellinen lämmitys sekä hyvä lämpömukavuus.

Oikeanlainen ohjaus ja termostaatit jokaiseen lämmitettävään tilaan ja kohteeseen, mukaan lukien myös putkistot, sadevesijärjestelmät ja sulanapidon, on tärkeää. Ohjauksen avulla saavutettaviin säästöihin ja etuihin tavoiteltaessa tulee ohjaus valita kokonaistehon, sähköhinnan ja käyttötarpeen perusteella. Ohjausta ja säätöä suunniteltaessa tulee ottaa lisäksi huomioon:

- valittu lämmitystapa ja laitteisto
- tilojen koko
- ohjaustarpeet
- sähkötoimitukseen liittyvät vaatimukset
- kustannukset sekä niiden vaikutukset

## 7.1 Lämmityksen ohjaustarpeet

Sähkölämmityksen ohjauksella pystytään rajoittamaan kuluttajan huipputehoa, ohjaamaan sähköverkon kuormittumista sekä toteuttaa käyttäjälle eri tilanteisiin soveltuvia ratkaisuja.

### 7.1.1 Huipputehon rajoittaminen

Sähkönverkon rakenteen kannalta on edullisinta, että verkkoon kytketty sähköteho on mahdollisimman tasaista tai huippukuormitus on ajoitettu kytkeytymään verkkoon silloin, kun verkon tuotantokapasiteetti on alhainen eli yöaikana.

Sähkyhtiöiden toimesta tapahtuvalla tehonrajoituksella eli verkkokäskyohjauksella voidaan hetkellisesti pienentää verkon huippukuormaa ohjaamalla sähkölämmityskuormia pois päältä. Tehonrajoituksesta tulee sopia kuluttajan kanssa tehtäessä sähkönmyyntisopimusta, joten pakollinen vaihtoehto ei tämä ole, mutta tuo kummallekin osapuolelle säästöjä, kun sähköntuotannon lisäkapasiteettia ei tarvita. Yleensä sähköllä lämmitettävissä kohteissa on etukäteen varauduttu tehonrajoitukseen, mutta vain harvalla sähkyhtiöllä tämä on käytössä.

Tehonristeily on eräs tapa, jolla liittymän huipputehoa rajoitetaan. Huipputehoa rajoitetaan ensin pienemmällä pääsulakekoolla, jolla on vaikutusta myös

liittymismaksuihin ja sähköyhtiöstä riippuen se vaikuttaa myös kiinteisiin vuosimaksuihin. Yleisimmin käytetty risteilykytkentä on lämmitystehon vuorottelu kiukaan kanssa eli kun kiuas on päällä, niin haluttu lämmitysalue kytkeytyy pois päältä ja päinvastoin. Tällaisiksi tiloiksi olisikin hyvä valita sellaiset tilat, joiden lämpömukavuus ei kärsi lämmityksen poiskytkennästä, esimerkiksi aputilat ja osittain varaavat lattialämmitykset ovat oivia kohteita. Risteilykytkentä voidaan kytkeä myös kahden eri sähkölämmitysmuodon välille, esimerkiksi osittain varaava lattialämmitys kytketään vuorottelemaan jatkuvan lämmityksen kanssa keskenään.

Yleisesti on myös käytössä liittymisjohtoon asennettavat virtamuuntajat. Näiden virtamuuntajien tehtävänä on antaa viesti ohjausyksikölle, kun liittymän huipputeho on ylittymässä. Ohjausyksikön saatuaan viestin huipputehon mahdollisesti ylittymisestä, pudottaa se osan lämmitystehosta pois päältä.

Suunnitteluvaiheessa olisi hyvä huomioida kesäajan lämmityksen tarve. Kesäaikaan kun lämmityksen tarve on pienempi, voidaan lämmityslaitteet ryhmitellä tilatyypeittäin ryhmiin, joille olisi omat käyttökytkimet. Näin toimimalla voidaan kesäaikana tai muuna sopivana ajankohtana kytkeä muu lämmitys pois päältä ja jättää pesutilojen yms. lattialämmitykset toimintaan.

Useimmat sähköyhtiöt suosittelevat noudatettavan kytkentäsuositusta SLY 7/92 koskien vakiokytkentäisiä keskuksia. Keskuskytkennän tulee kuitenkin olla kohteen tarpeiden mukaan suunniteltu ja toteutettu.

## 7.2 Termostaatit

Termostaatteja on kokonaan tai osittain sekä mekaanisina että elektronisina. Useimmiten säätöperiaatteeltaan ne ovat ON/OFF-säätimiä tai P-säätäjiä. Termostaattia valittaessa tulee ottaa seuraavat seikat huomioon:

- lämmityksen varaavuus
- säädön tarkkuus
- kustannus-hyöty suhde
- mahdolliset häiriöt, joille säädin altistuu
- tehon suuruus yhtä säädintä kohden

Useissa termostaateissa on sisäänrakennettuna lämpötilan pudotustoiminto, joko kiinteänä astemääränä (n. 4- 5 °C ) tai säädettävänä.

#### 7.2.1 ON/EI-säädin

Se ohjaa nimensä mukaisesti itsensä joko päälle tai pois, riippuen asetellusta lämpötilasta. ON/EI-säädin vähentää kytkentöjen määrää ja on välttämätön mekaanisissa termostaateissa.

#### 7.2.2 P-säätäjä

Se ohjaa lämmitystä tarvittavan tehon mukaan. Termostaattiin asetetaan jokin lämpötila ja termostaatti mittaa vallitsevan lämpötilan ja asetellun arvon eroa. P-säätäjä ohjaa lämmittimelle tehoa tämän erotuksen mukaan eli mitä suurempi ero on sitä suurempi teho lämmittimelle ohjataan. Säädin ohjaa myös hyvin pientä tehoa silloinkin, kun aseteltu lämpötila on ylitetty.

P-säätö on toteutettu tavallisesti pulssileveysmodulaatiolla, jolloin termostaatin päällä- ja poissaoloajan pituutta säätämällä saadaan toimintajakson keskimääräinen teho halutun suuruiseksi. P-säätimien toimintajakso on

termostaatin rakenteesta riippuen kymmenistä sekunneista useampiin minuutteihin. P-säädin soveltuu hyvin lämmitysmuotoihin, joissa lämmittimen pinta halutaan pysyvän tasalämpöisenä (esim. ikkunalämmitys).

### 7.3 Termostaattimalleja

#### 7.3.1 Bi-metallitermostaatti

Bi-metallitermostaatit eli kaksoismetallitermostaatit ovat edullisia, luotettavia ja hyvin sähköisiä häiriötä sietäviä laitteita. Niiden toiminta perustuu bi-metalliliuskan taipumiseen lämpötilan mukaan. Lämpötilan noustessa liuska taipuu ja katkaisee virtapiirin ja jäähtyessään liuska suoristuu ja sulkee virtapiirin. Bi-metallitermostaatti on luonteeltaan ON/EI -termostaatti.

Bi-metalliliuskaa lämmittää useimmiten siihen kytketty kiihdytysvastus, joka toimii silloin kun virtapiirin on suljettuna. Termostaatin tehtävänä on katkaista lämmitys, kun tavoiteltava lämpötila on saavutettu, ts. kun kiihdytysvastus on lämmittänyt kosketinta niin kauan, että kosketin aukeaa, samalla myös kiihdytysvastuksen lämmittävä vaikutus poistuu. Jos kuitenkin mitattu lämpötila on alle asetetun arvon, niin bi-metalliliuska sulkee virtapiirin lyhyen ajan kuluttua uudelleen ja lämmitys jatkuu. Kiihdytysvastuksen yhtenä tarkoituksena onkin lyhentää termostaatin toimintajaksoa.

Huonoina puolina bi-metallitermostaatilla on sen suuri säätöarvon siirtymä ja äänekkyyys. Säätöarvon siirtymä on huono erityisesti silloin, kun sitä kuormitetaan nimellisteholla. Bi-metalliliuskaa lämmittää termostaatin kautta kulkeva virta, jolloin termostaatin havaitsema lämpötilan on todellista korkeampi. Kun lämmöntarve ja kuormitusvirta kasvaa alkaa huoneilman lämpötila liukua alaspäin. Bi-metallitermostaatti ei myöskään ole täysin äänetön, koska sen toimiessa siitä kuuluu ”naksumista”. Etenkin yöaikaan tämä naksuminen voi häiritä näissä tiloissa (esimerkiksi makuuhuoneissa) oleskelijoita.

Bi-metallitermostaatit soveltuvatkin parhaiten kohteisiin, joissa lämpötila vaihtelee huoneen lämmöntarpeen muuttuessa sekä kohteisiin joissa termostaatin nimelliskuorma on suurempi kuin ohjattava kuorma.

### 7.3.2 Elektroninen relelähtöinen termostaatti

Elektronisissa relelähtöisissä termostaateissa itse kytkimenä toimii varsinaisesti rele ja säädön hoitaa elektroniikkapiiri. Relelähtöiset termostaatit ovat toimintaperiaatteeltaan ON/EI-säätimiä, mutta markkinoilla on myös saatavilla digitaalisia relelähtöisiä kellotermostaatteja, jotka toimivat tällä periaatteella. Relelähtöisyys on soveltuva myös suurten kuormien kontaktiohjaukseen.

Termostaatin toimintajaksosta olisikin saatava riittävän pitkä, koska muussa tapauksessa releen koskettimet kuluvat turhaan. Tämä saadaan aikaan hystereesillä, joka kuitenkin huonontaa säätötulosta jonkin verran.

### 7.3.3 Täysin elektroninen termostaatti

Täysin elektroninen termostaatti perustuu virtapiiriä katkovaan puolijohdekytkimeen triaciin eikä siinä ole mekaanisesti kuluvia osia. Puolijohdekytkin tarvitsee kuitenkin tehokkaan jäähdytyksen mistä johtuen se on sangen suuri kokoinen.

Termostaatin hystereesi voi olla ON/EI-säätimissä pieni tai säädin voi noudattaa P-säätöä, joten sillä pystytään saamaan aikaan hyvä säätötarkkuus. Täysin elektroninen termostaatti ei kuitenkaan sovellu kontaktoreiden ohjaukseen, koska sen kytkentäväli on varsin tiheä. Se soveltuu mainiosti kattolämmityksen säätöön.

#### 7.4 Ohjaus- ja säätöjärjestelmät

Keskitettyssä ohjaus- ja säätöjärjestelmässä lämmitystä ohjataan sijoittamalla säätöelektroniikka ja tehokytkimet keskitetysti keskukseen ja lämmitettäviin tiloihin huoneyksiköt. Tällaisella järjestelmällä saadaan aikaan tilakohtainen lämpötilan ohjaus, jolloin voidaan luoda erilaisia ohjelmia eri tiloihin, esimerkiksi kun huonetila ei ole käytössä pystytään käyttämättömän tilan lämpötilaa laskemaan ja lämmittimen tyypistä riippuen nostamaan käyttöön otettaessa lämpötila nopeasti takaisin asetusarvoonsa tai varaava lämmitys voidaan ohjata käyttöön ulkolämpötilan mukaan. Keskitetyt säätöjärjestelmän soveltuvatkin parhaiten kohteisiin, joissa on käytössä useampia erilaisia sähkölämmitysmuotoja, kuten esimerkiksi kattolämmitys ja osittain varaava lattialämmitys.

Nykytekniikan ohjausjärjestelmiin on mahdollista usein myös saada etäkäyttöinen ohjaus, jolloin lämmitysjärjestelmän ohjausta ja valvontaa voidaan hoitaa matkapuhelimella tai internetin avulla. Järjestelmä toimii siten, että esimerkiksi tullessasi lomalta kotiin voit kotimatalla matkapuhelimen avulla kytkeä lämmityksen päälle tai vaikkapa kaupassakäynnin aikana kytkeä saunan lämpiämään. Lämmitysten kytkennän lisäksi järjestelmällä voidaan käyttää myös muuhun ohjaukseen ja valvontaan, kuten palo- ja murtoilmoituksen tekemiseen.

Säätöjärjestelmät soveltuvat myös usein muiden kuormitusten ohjaukseen sekä niissä on usein mukana tehonrajoitustoiminto. Tavallisimpia kuormitusten ohjauksia ovat ulkovalojen ohjaus ja autolämmityksen kello-ohjaus. Tehovahdilla voidaan optimoida liittymis- ja perusmaksuja, koska liittymän pääsulake pystytään pitämään pienempänä.

#### 7.6 Lämpötilan pudotus termostaatin avulla

Lämpötilan säädössä käytettävä lämpötilan pudotus toimii myös pelkän termostaatin avulla, ilman erillistä ohjausjärjestelmää. Riippuen termostaatin



mallista, voidaan lämpötilan pudotusta ja päällä oloa säädellä, joko käsin tai ohjelmoimalla.

Elektronisilla termostaateilla toteutettava lämpötilan pudotus voidaan mallista riippuen säätää esimerkiksi 5-15 °C välillä. Nykyään on arkipäivää, että voit ohjelmoida termostaatin laskemaan lämpötilaa nukkuessa tai ollessa poissa kotoa.

Lämpötilanpudotusta säädettäessä, on suositeltavaa kytkeä yhden huoneen kaikki lämmittimet samaan termostaattiin. Lämpötilaa saadaan näin säädettyä hallitusti ilman, että eri asetuksille säädetyt termostaatit alkavat ”taistella” toisiaan vastaan, esimerkiksi toinen termostaatti on säädetty 15 °C lämpötilaan ja toinen 25 °C, jolloin ne yrittävät saavuttaa asetettua lämpötilaa, joista suurempaan lämpötilaan säädetty termostaatti joutuu kuormittamaan itseään huomattavasti.

(Ensto Oy / Sähkölämmitysfoorumi ry, 2006; 49-56)

## 8. KIINTEISTÖJEN SÄHKÖLÄMMITYS

Sähkölämmityksellä lämpöteho tuotetaan sähköllä, jonka jälkeen se jaetaan huonetiloihin huonekohtaisilla erillisillä lämmittimillä tai vesikiertoisella keskuslämmityksellä. Nykyisiä sähkölämmitysmuotoja ovat suora sähkölämmitys, varaava sähkölämmitys, suora vesikiertoinen sähkölämmitys, varaava vesikiertoinen sähkölämmitys sekä osittain varaava sähkölämmitys.

Sähkölämmittämisellä on lukuisia etuja. Sähkölämmitystä voidaan yhdistellä muiden lämmitysmuotojen kanssa jopa samassa tilassa. Se on pienikokoista eli se ei vaadi erillisiä teknisiä tiloja tms. Perustamiskustannukset ovat huomattavasti pienemmät kuin muilla lämmitysmuodoilla. Sähkölämmitystä ei myöskään tarvitse huoltaa ja rikkoutuessaan se ei aiheuta vaaraa rakenteille ja se on helppo korjata.

### 8.1.1 Suora sähkölämmitys

Sähköpattereilla saavutetaan lähes 100% hyötysuhde, joten lämmitys voidaan toteuttaa huonekohtaisesti häviöiden mukaan kuitenkin siten, että ikkunoiden alle asennettaessa pattereiden tulisi olla ikkunoiden levyisiä tai hieman kapeampia

Kattolämmityksessä tarvitaan elementtien kohdalle lisäeristettä (5-10 cm), jotta huonekohtainen lämmitys voitaisiin toteuttaa häviöiden mukaan.

Lattialämmityksessä tulee ottaa huomioon häviöiden lisäksi myös kaapelin asennusväli. Lattialämmitystä mitoittaessa tulee myös huomioida lattian lämpeneminen, lattiasta siirtyvä lämpöteho tulisi mitoittaa siten, että sen lämpötila ei kohoa epämiellyttävän suureksi. Lattialämmityksen asennuksen tulee kattaa 80-90% huoneen pinta-alasta. Asennustehon tulisi olla puulattioissa 70-80 W/m<sup>2</sup> ja betonilattioilla 70-100 W/m<sup>2</sup>.

Eri sähkölämmitystapoja yhdistelemällä toteutettua lämmitystä kutsutaan yhdistelmälämmitykseksi ja tällöin saadaan eri tapojen parhaat puolet hyödynnettyä. Patteri tai kattolämmityksen lisäksi voidaan asentaa ns. mukavuuslämmitys lattiaan. Mitoitus tehdään lämpöhäviöiden mukaan, lattiasta 15-20 W/m<sup>2</sup> ja loput 30-45 W/m<sup>2</sup> katosta tai pattereista.

Suorassa sähkölämmityksessä huoneeseen annetaan tarvittava lämmitysteho lämmöntarpeen mukaan ilman, että sitä varataan mihinkään matkalla. Eli lämpö kehitetään suoraan käyttöön. Suora sähkölämmitys onkin omiaan uusiin hyvin eristettyihin pientaloihin. Sitä käytetään mm. puulämmityksen täydentäjänä. Tällaiset talot joihin asennetaan suora sähkölämmitys, ovat usein varustettu häviölämmön talteenotolla sekä tulisijalla. Sähkölämmittimet ottavat huomioon muut lämmityslähteet välittömästi ja se onkin päällä vain tarvittaessa. Korkealla hyötysuhteella lämmittävät sähkölämmittimet lämmittävän vain sen mitä tarvitaan silloin kun tarvitaan.

### 8.1.2 Varaava sähkölämmitys

Varaavassa lämmityksessä lämmitysteho on riippuvainen ulkolämpötilasta. Varaava lämmitys on kuitenkin epätaloudellinen, koska mitoitusulkolämpötilaa vastaavia päiviä ei ole vuodessa kovin montaa. Varaavassa sähkölämmityksessä varaustehon tulisi olla 2,5-3 kertaa mitoitus-tehoa suurempi.

### 8.1.3 Osittain varaava sähkölämmitys

Osittain varaavassa lämmityksessä käytetään noin 1,5 kertaa mitoitus-tehoa suurempaa lämmitystehoa. Normaali-eristeisissä taloissa osittain varaavalla lattialämmityksellä käytetään noin 100 W/m<sup>2</sup> asennustehoa. Lattialaatan tulisi olla 10-12 cm paksu. Ohuemmalla paksuudella lattia lämpenee liiaksi ja

puolestaan liian paksua lattiaa lämmityksen teho ei kykene lämmittämään tarpeeksi.

## 8.2 Pientalon lämmitysjärjestelmä

Pientalojen lämmitysjärjestelmä voidaan jakaa kolmeen eri ryhmään. Näitä ryhmiä ovat lämmöntuottamiseen tarvittavat laitteet, lämmön varastointi ja lämmönjakojärjestelmät. Suora sähkölämmitys tarkoittaa sitä, että lämmitys mitoitetaan todellisten lämpöhäviöiden mukaisesti. Lämpöä siis luovutetaan niin paljon kuin sitä tarvitaan sillä hetkellä eikä sitä varastoida myöhempää tarvetta varten rakenteisiin tai muihin mahdollisiin varaajiin.

Omakotitalojen tulevaa lämmitystä suunniteltaessa ei kannata lämmitysratkaisuja kopioida muista taloista. Lämmitys tulisikin suunnitella talokohtaisesti, koska toisessa talossa olevat ratkaisut eivät välttämättä täytä omia toiveita eivätkä toimi samalla tavalla.

### 8.2.1 Lämmityksen peruskorjaus

Sähkölämmityksen murtautuessa markkinoille yli 20 vuotta sitten, asennettiin taloihin sen ajan huipputekniikalla varustettuja lämmittimiä. Nämä lämmittimet ovat kuitenkin tehtävänsä tehneet, ne ovat kuluneet ja heikentyneet hyötysuhteeltaan. Vanhojen lämmittimien pintalämpötilat ovat korkeampia ja epätasaisempia kuin nykyään. Vanhat lämmittimet olisikin siis aika vaihtaa uusiin nykypäivää vastaaviin laitteisiin.

Nykypäivän tekniikalla niistä on saatu turvallisempia, tarkempia ja hyvän hyötysuhteen omaavia. Uudet lämmittimet antavat paremman lämpöviihtyvyyden eikä lämmittimien pintalämpötilat nouse liian korkeiksi. Elektroniset termostaatit

pystyvät säilyttämään lämpömukavuuden ja ne ovat äänettä sekä säästävät sähköä.

Vanhojen sähkölämmittimien vaihto uusiin on useimmiten helppoa ja onnistuu näppärästi ilman asennus- tai muutokustannuksia. Sähköjohdot ovat pitkäikäisempiä ja niiden vaihto tulee ajankohtaiseksi vasta 30-40 vuoden päästä asennuksesta. Niiden vaihto on yksinkertainen urakka, jossa voidaan käyttää vanhoja kaapelireittejä hyödyksi.

Tavalliset patterilämmitykset voidaan myös halutessa toki korvata muilla sähkölämmitysmuodoilla, jolloin tosin syntyy jonkin verran muutokustannuksia. Vanhat patterit voidaan korvata mm. kattolämmityksellä, mutta tällöin kattoa joudutaan ehkä pudottamaan jonkin verran alemmaksi lisärimoituksen takia.

Vanhat lattialämmityskaapelit olivat yleisiä aikanaan vain kylpy- ja suihkutiloissa. Nämä kaapelit ovat hyvin pitkäikäisiä, jos niihin ei ole kohdistunut rasituksia, kuten yllämpenemistä tai asennuksessa tapahtuneita virheitä. Niiden tehokkuutta ja toimintaa voidaankin parantaa uuden yhdistelmätermostaatin asennuksella.

Vanhan lattialämmityksen vaihtamiseen liittyy useita huomioitavia seikkoja, mm. vanhan lattiapinnoitteen poistaminen on suositeltavaa sekä tulee muistaa, että lämmitys tulee aina kosteussulun alle.

### 8.3 Eri tilojen lämmitysvalinnat

Tilan lämmityslaitteiston valintaan vaikuttaa monet seikat eikä yleensä yhtä oikeaa ratkaisua ole olemassa. Seuraavassa vinkkejä valintaan.

Taulukko 21.

	Suljettu lämmitin	Virtaus- lämmitin	Peittämis- suojattu lämmitin	Matala- lämpöinen lämmitin	Lattia- lämmitys	Katto- lämmitys	Säteily- lämmitys
Keittiö	*	o		o	o	*	-
Olohuone	*	o		o	o	*	-
Makuuhuone	*	o		o	o	*	-
Lastenhuone	o	-		*	*	*	
Vaatehuone			!		o		-
Eteinen/aula/portaikko	*	*			o	*	
Vaatenaulakon alla			!		o		-
Tuulikaappi	o	*	o		o		*
WC	o	*	*		*		o
Kylpyhuone	*	o	*	o	*	o	o
Suihkutila	*	o		o	*		
Pukuhuone/takkahuone	*	o	o		*	*	
Saunan pesuhuone	*	o	o	*	*		
Löylyhuone	*	o			*	-	-
Uima-allastila alle 0,5 m altaan reunasta	*	o			*	*	o
Uima-allastila yli 0,5 m altaan reunasta	*	o			*	*	o
Askarteluhuone	*	o			o	*	o
Kellari	o	*			o		
Lämmin ullakko	o	*	o				
Autotalli 0,2-0,5m lattiasta	o	*			o		
Autotalli yli 0,5 m lattiasta	o	*					
Parveke/avokuisti							*
Vapaa-ajan asunto		*				*	o
!= Tulee käyttää o = voi käyttää * = Suositeltavaa - = ei suositella							

#### Keittiö

Keittiökalusteet sijoitetaan usein ikkunaseinillä, jolloin sähkölämmittimen edellyttämää asennustilaa ei ole. Keittiöön hyvin soveltuvia sähkölämmitysmuotoja ovatkin katto- ja lattialämmitys. Mikäli keittiön lattiapinnoitteena on kivi tai klinkkeri, tuntuu lattia aina kylmältä ilman

lattialämmitystä. Lattialämmitystä ei saa asentaa kiinteiden umpisokkelirakenteiden alle eikä sitä suositella asennettavaksi kylmäkalusteiden alle. Keittiökalu-tesuunnitelma tulisi olla tehtynä ennen lämmityslaitteiden lopullista suunnittelua ja asennusta. Suositeltavaa on, että keittiökalu-steet ovat putkijaloilla varustettuja ja peitelistassa on ilmankiertoaukot. Tällöin lattialämmitys voidaan asentaa kylmien ulkoseini-ienkin läheisyyteen.

Vanhan keittiön remontoinnin yhteydessä, mikäli lattiapinnoite uusitaan voidaan tilan käyttömukavuutta parantaa asentamalla lattiaan pinnoitteen alle ohut lämpöverkko.

## Olohuone

Olohuoneille ja muille oleskelutiloille tyypillistä on suuret ikkunapinnat, joiden läheisyydessä myös oleskellaan. Tilat saattavat olla myös tavallista huonekorkeutta korkeampia ja ne ovat usein avoimessa yhteydessä eteis- ja ruokailutiloihin.

Lattiapinnoitteet ovat usein oleskelutiloissa puuta tai parkettia, mutta sisustuksessa suositaan myös klinkkeri- ja laminaattilattioita, jolloin lattiaan on syytä asentaa ainakin mukavuuslämmitys.

Kaikki sähkölämmitysmuodot soveltuvat yleensä oleskelutiloihin. Miellyttävä ja hyvin säädettävä lämmitys saadaan yhdistämällä sähkölämmittimien tai kattolämmityksen kanssa lattialämmitystä. Lisämukavuutta saadaan vielä ikkunalämmityksellä. Eri lämmityslaitteiden yhteiskäyttö on suositeltavaa varsinkin korkeissa huoneissa. Mikäli lämmitys toteutetaan pelkällä lattialämmityksellä, voi näissä lattiapinnan lämpötila olla epämiellyttävän korkea kylmimpinä päivinä, koska lämmittävä pinta-ala on pieni lämmitettävään tilaan verrattuna.

## Makuuhuone

Makuuhuoneilla on useita erilaisia ja myös muuttuvia käyttötarkoituksia. Ne toimivat nukkumistiloina, mutta myös työhuoneina ja leikki- ja oleskelutiloina. Huoneen lämpötilan tulee olla tasainen ja helposti säädettävissä käyttäjän tarpeiden mukaan. Kosketeltavissa olevien lämmittimien pintalämpötilat tulee olla alhaisia.

Makuuhuoneisiin sopii hyvin matalapintalämpötilaiset sähkölämmittimet ja kattolämmitys. Lisämukavuutta saadaan lattialämmityksellä. Lattialämmitys sopii myös yksin makuutiloihin. Mikäli lattian pintalämpötilan halutaan olevan tasainen, käytetään lattialämmityksen säätöön lattiatermostaattia. Yhdistelmätermostaattilla säädetty lämmitys pitää taas huonelämpötilan tasaisena. Ikkunalämmityksen lisääminen antaa uusia mahdollisuuksia sisustamiselle, kun tilassa ei ole kylmää ikkunapintaa.

## Takkahuone

Takkahuone liittyy usein saunatiloihin ja niissä oleskellaan paljain jaloin. Lattia voi olla myös kostea. Takan lämmittäminen aiheuttaa suuren lisälämmitystehon, johon muun lämmityksen tulisi reagoida nopeasti.

Lattialämmitys takaa miellyttävän lattian pintalämpötilan tilaan, jossa oleskellaan usein myös paljain jaloin. Sitä voidaan täydentää sähkölämmittimillä tai kattolämmityksellä. Tällöin lattian pinta pidetään miellyttävänä lattialämmityksen avulla ja muu lämmitys reagoi nopeasti takan lämmittämiseen tai muihin lämmönlähteisiin.

## Pesutilat

Pesutiloissa lattialämmitys on erinomainen lämmitystapa. Paljaan jalat alla lämmin lattia tuntuu miellyttävältä ja lattia kuivuu nopeasti käytön jälkeen.



Lattialämmitys on myös turvallinen ratkaisu, koska lämmityslaitteeseen ei pääse tilan kosteutta. Piilossa oleva lämmitin helpottaa myös tilan puhtaanapitoa. Lattialämmitystä säädetään lattiatermostaatilla, jolloin lattian pinta on aina miellyttävän lämmin.

Pesutiloissa voidaan käyttää myös sähkölämmittimiä, joiden tulee olla roiskevesisuojujatta, tai kattolämmitystä. Pyyhekuivain on monikäyttöinen lisälämmitys pesutiloissa.

### Saunat

Lattialämmitys on suositeltavin saunan lämmitystapa, jolloin lattia tuntuu miellyttävältä paljaan jalan alla ja lattia saadaan nopeasti kuivaksi käytön jälkeen. Se on syytä asentaa koko saunan alueelle varsinkin silloin, kun sauna sijaitsee ulkoseinän vieressä.

Kattolämmitys ei saunaan sovellu ja sähkölämmittimen on oltava saunassa roiskevedenpitävää rakennetta. Jotkut kiukaat voivat myös toimia saunan jatkuvatoimisina lämmittiminä.

### Kodinhoitotilat

Kodinhoitotilat ovat usein todellisia monitoimihuoneita. Niissä käsitellään pyykinpesuun, ne toimivat kuraeteisinä, saunan pukuhuoneina ja harrastetiloina. Tilassa on paljon kiintokalusteita ja lämmityslaitteen onkin hyvä olla piilossa rakenteissa. Lattia on usein kostea, joten lattialämmitys soveltuu tilaan hyvin. Lämmitystä voidaan täydentää kattolämmityksellä. Pyyhekuivain soveltuu hyvin kosteiden ulkovaatteiden kuivattamiseen.

## WC

WC-tilat ovat yleensä hyvin pieniä ja niissä lämmityslaitteiden vaatii hyvää suunnittelua. Lattialämmityksellä saadaan miellyttävä lattian lämpötila, mutta lämmitysteho voi jäädä liian pieneksi, varsinkin, jos tila on ulkoseinän vieressä. Kattolämmitysasennus ei useinkaan onnistu tilaan, koska pienessä kattopinnassa on valaistuksen lisäksi ilmanvaihtoventtiili. Sähkölämmittimellä pitäisi suunnitella paikka jo ennen kalusteiden suunnittelua, jolloin voidaan välttää sen sijoittaminen liian lähelle WC-istuinta.

Usein parhain yhdistelmä saadaan aikaan lattialämmityksellä, johon lisälämmitykseksi asennetaan pyyhekuivain.

## Eteinen ja tuulikaappi

Eteistiloissa, auloissa ja tuulikaapeissa syntyy ulko-ovien aukaisemisen yhteydessä hetkellisesti suuria lämmitystarpeita. Mikäli kylmää ilmaa ei lämmitetä lähellä ulko-ovea, aiheutuu vedontunne niissä tiloissa, joissa kylmä ilma pääsee liikkumaan lattian pinnassa. Lattiapinnoitteena käytetään usein klinkkeriä tai kiveä. Lattialämmityksellä saadaan näihin tiloihin miellyttävä lattialämpötila. Se myös kuivattaa lattialle ulkojalkineissa tulleen veden nopeasti. Ulko-oven läheisyyteen asennettu sähkölämmitin lämmittää nopeasti kylmän ilman.

## Autotalli ja varasto

Kodin aputiloissa lämmitys tulisi hoitaa mahdollisimman edullisin käyttökustannuksin ja niissä ei vuorokautisella lämpötilanvaihteluilla ole suurta merkitystä. Tällöin pääasiassa varaavana toimiva lattialämmitys on hyvä ratkaisu.

Sähkölämmittimet soveltuvat myös aputilojen lämmittämiseen, mutta niiden

sijoittaminen voi rajoittaa tilan käyttöä. Autotalleissa on sähkölämmittimet suositeltavaa asentaa n. 0,5 m:n korkeudelle lattiasta.

Infrapunalämmittimillä voidaan aputiloissa saada nopeasti työskentelyalueelle lisälämmitystä.

## Vaatehuone

Vaatehuoneissa ei ole lämmitykselle juurikaan vaihtoehtoja, valittavana on joko peittämissuojattu lämmitin tai lattialämmitys.

## 8.4 Lämmityslaitteet ja järjestelmät

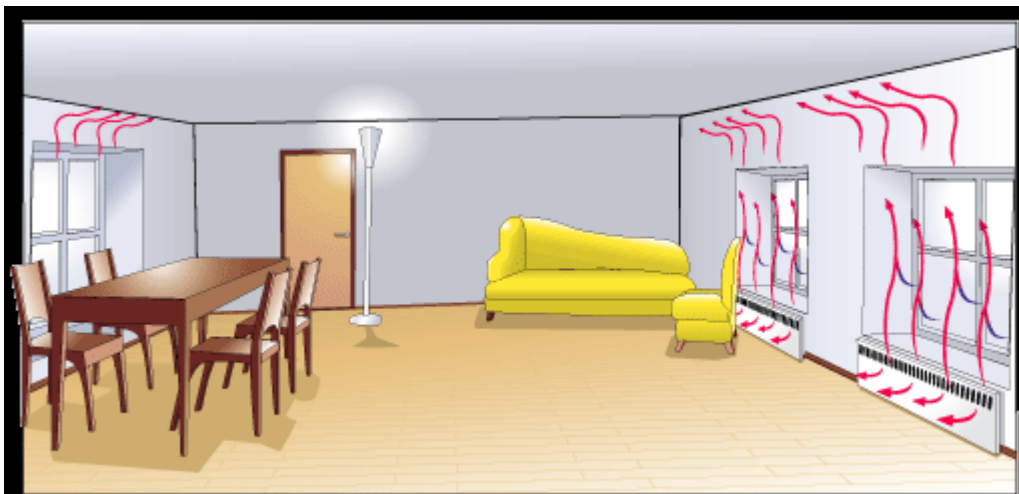
### 8.4.1 Sähkölämmittimet

Sähkölämmittimet ovat tunnetuin tapa toteuttaa sähkölämmitys. Hyvin yleisesti sähkövastuksia löytyy myös esimerkiksi öljylämmityskattiloista toissijaisena lämmitysmuotona. Ne ovat hankintakustannuksiltaan edullisia ja niillä saadaan hyvä lämmitystulos aikaiseksi. Muita merkittäviä tekijöitä ovat mm. käytön helppous, toimintavarmuus sekä asennettavuus. Monesti sähkölämmityskohteissa hyvä lämpömukavuus saadaan valitsemalla malli, jossa etupaneeli säteilee lämmöstä osan sekä osan puhaltamalla yläkautta ilmaan lämpöä, tätä kutsutaan yhdistelmälämmittimeksi. Sähköpattereita on saatavilla lukuisia eri vaihtoehtoja lukuisilta eri valmistajilta.

Sähkölämmittimet ovat usein varustettu ylikuumenemissuojilla, jotta liiallista lämpenemistä ei pääse syntymään. Niiden asennus on helppoa valittaessa malli jonka voi kytkeä suoraan pistorasiaan. Sähkölämmittimet asennetaan yleisimmin ikkunoiden alapuolelle, jolloin saadaan poistettua vetoa parhaiten.

Sähkölämmittimiä uusimalla voidaan sähkönkulutusta vähentää olennaisesti, jos hieman ikääntyneet sähkölämmittimet eivät enää tarjoa samaa hyötysuhdetta kuin uudet. Vanhat lämmittimet eivät kykene pitämään lämpötilan vaihteluita yhtä tehokkaasti kurissa, jolloin sähkötulot ja lämpömukavuus heikkenee. Uusissa pattereissa myös termostaatti on kehittyneempi, jolloin lämmityksen hallinta on parempaa. 1980-luvun alkupuolella, jolloin sähkölämmittimet alkoivat yleistyä, valmistettiin lämmittimiä joiden pintalämpötila saattaa kohota vaarallisen korkeaksi eikä niiden hyötysuhde ole järin hyvä, joten niiden vaihtaminen uudempiin olisi suotavaa. Uudet sähkölämmittimet ottavat huomioon muut lämmityslähteet välittömästi ja ne ovatkin päällä vain tarvittaessa. Korkealla hyötysuhteella lämmittävät sähkölämmittimet lämmittävät vain sen mitä tarvitaan silloin kun tarvitaan.

Kuva 6.



(Sähkölämmitysfoorumi ry, 2006)

#### 8.4.1.1 Suljettu lämmitin

Suljettu lämmitin on umpinainen prässätty peltinen kotelo, josta lämpö tuodaan huoneeseen lämmittimen pinnalta säteilyinä ja konvektiona ohi virtaavaan ilmaan. Siinä on sisäinen ilmankierto, joka tasaa pintalämpötilan ja näin ollen saadaan aikaan miellyttävä lämmitys.

Suljetun lämmittimen koko on riippuvainen sen rakenteesta. Rakenteita on kolmea eri tyyppiä. Kotelotyyppissä patteri sisältää vastussauvoja, jotka luovuttavat lämmön ilmankierrolla ja säteilyllä sen pintaan, tämä onkin yleisin vaihtoehto. Toisessa tyyppissä vastuselementit on prässätty etu- ja takalevyn pintaan, jolloin lämmittimestä saadaan erityisen ohut. Kolmas vaihtoehto on öljyllä täytetty lämmitin. Öljytäytteinen onkin ominaisuuksiltaan hyvin paljon vesipatterin kaltainen.

Lämmittimen koko riippuu myös sen pintalämpötilasta. Suurin sallittu pintalämpötila on 90 astetta. Korkeamman pintalämpötilan omaavat mallit ovat kooltaan suurempia, mutta samalla tehokkaampia lämmittimiä. Matalalämpöiset, joiden pintalämpötila on 60 astetta, ovat miellyttävämpiä sekä takaavat lapsiperheille turvallisemman lämmityksen.

#### 8.4.1.2 Virtauslämmitin

Virtauslämmittimissä lämpö tuodaan huoneeseen ilmalla, joka virtaa laitteen läpi jolloin se samalla lämpenee. Virtauslämmittimillä saadaan huoneen lämpötila kohoamaan tarvittaessa nopeasti. Ne soveltuvat myös kohteisiin, joissa lämmityksen tarve vaihtelee nopeasti. Ne ovatkin omiaan varastoihin, vapaa-ajan asuntoihin sekä muihin vastaaviin tiloihin. Niitä ei kuitenkaan sellaisenaan suositella asuinhuoneisiin, koska niistä tuleva virtausilma on varsin korkea. Niiden koko on suljettua lämmitintä pienempi.

#### 8.3.1.3 Yhdistelmälämmittimet

Yleisimmin nykypäivänä käytetään suljetun lämmittimen ja virtauslämmittimen yhdistelmiä. Rakenteeltaan yhdistelmälämmitin on peruseriaatteeltaan suljettu lämmitin, jonka lämmitystä on tehostettu virtausilmalla. Tällaisessa lämmittimessä pintalämpötilaa saadaan laskettua eikä virtausilma ole niin

lämmintä kuin tavallisessa virtauslämmittimessä. Myös koko on pienempi kuin suljetulla lämmittimellä.

Kuva 7.



(Ensto, 2005)

#### 8.4.1.4 Muut tasolämmittimet

Kivitasolämmittimissä lämmityselementit ovat kivitason sisällä, joista se luovuttaa lämpönsä huoneilmaan. Lämmittimen massasta johtuen, sen säätäminen on hitaampaa kuin tavallisten sähkölämmittimien.

Lasinen lämmitin koostuu lasisesta levystä, jonka päälle on asennettu näkymätön lämmittävä kalvo.

Öljytäytteisissä lämmittimissä, öljy tasoittaa lämmittimen pintalämpötiloja. Se vastaa suljettua sähköpatteria toiminnaltaan eli säteilee etulevystä lämpöä huoneilmaan.

#### 8.4.1.5 Paneelilämmittimet

Paneelilämmitin on jalkalistan tapaan, ikkunoiden alle tai vapaasti seinälle asennettava lämmitin. Näihin paneeleihin on saatavissa integroituja pistorasioita.

Niitä säädetään samaan tapaan kuin tavallisia pattereita ja niitä voidaan yhdistää lämmitysjärjestelmän ohjauskeskuksiin.

#### 8.4.2 Lämmityskaapelit

Lämmityskaapeleita käytetään moniin erilaisiin kohteisiin ja ovat varsin monikäyttöisiä. Niitä käytetään mm. huonetilojen, rakenteiden, putkistojen, portaiden ja lämpimän veden lämmitykseen sekä lukemattomiin muihin kohteisiin.

Lämmityskaapelit voidaan luokitella kolmeen ryhmään toimintaperiaatteen mukaan:

- Sarjavastuskaapeleihin, joissa vastusarvo pysyy vakiona metriä kohden, joten kaapelin teho riippuu pituudesta. Haluttu teho saadaan valitsemalla sopiva ohmiarvo kaapelin pituuden mukaan.
- Rinnakkaisvastuskaapeleihin, joiden metriteho pysyy vakiona pituudesta riippumatta.
- Itserajoittuviin/itsesäätyviin kaapeleihin, joiden teho riippuu lämpötilasta.

Lämmityskaapeleita valmistetaan nykyisin myös mattoina, joissa kaapeli on valmiiksi asennettuna.

Kuva 8.



Itserajoittuva



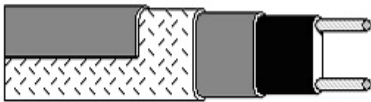
Vakiometritehoinen



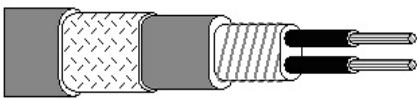
1-johdin



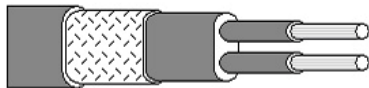
2-johdin



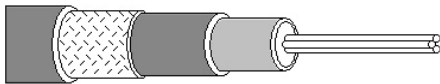
Itserajoittuva kaapeli



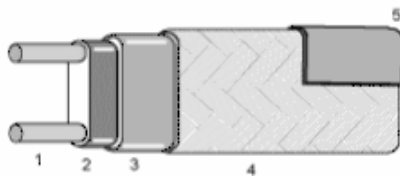
Vakiometritehoinen kaapeli



2-johdin vakiovastuskaapeli



1-johdin vakiovastuskaapeli



Itsesäätyvä

1. 0,77mm<sup>2</sup> kuparijohtimet
2. Itsesäätyvä vastusmateriaali
3. Polyolefinieriste
4. 1,64 mm<sup>2</sup> suojapunos tinattua kuparia
5. Ulkovaippa polyolefinia

(Jani Salomaa, 2005)



Kuva 9.



(Devi Oy, 2005)

Kuva 10.



(NK-cables Oy, 2003)

#### 8.4.2.1 Lattialämmitys

Lämmityskaapeleita käytetään yleisimmin huoneiden lämmitykseen etenkin lattialämmityksen muodossa. Lattialämmitys voidaan toteuttaa kaapelin lisäksi myös lämmityskaapelimatolla, jolloin valmistajan asettamat asennusmääräykset pysyvät oikeina ja asennus helpottuu huomattavasti. Lattialämmityksessä käytettäviä erilaisia lämmityskaapeleita on runsaasti.

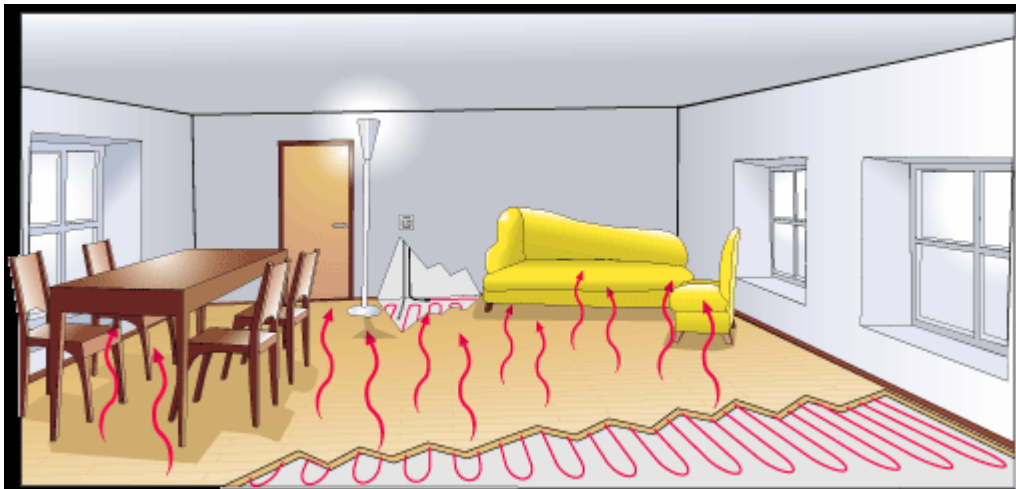
Lattiamateriaalit sekä asennus vaikuttavat lämmityskaapelien valintaan. Esimerkiksi joillekin lattiamateriaaleille ei sovi kuin tietynlaiset lämmityskaapelit tai jälkiasennuksena suoritettavat lattialämmitysasennukset sanelevat myös minkälaista kaapelia tulee käyttää. Lattiamateriaali ei kuitenkaan vaikuta lämmitysjärjestelmän lämmönluovutukseen, mutta kaapelien metritehon takia materiaali on otettava huomioon.

Lattialämmitys on mahdollista käyttää suorana tai osittain varaavana lämmityksenä. Varaavaa ei kuitenkaan käytetä yleensä asuintiloissa, koska lämpötilaerot kasvavat sängen suuriksi jolloin viihtyvyys laskee merkittävästi. Toki varaavakin lattialämmitys on mahdollista, mutta se on epätaloudellisuutensa vuoksi kannattamatonta. Lattialämmitykselle on kuitenkin luonteenomaista

varaavuus, koska se kuitenkin lämmittäessä varaa osan lämmöstään lattiarakenteisiin, vaikka varsinaista varaavaa lämmitystä ei olisi edes suunniteltu. Se onkin tämän ominaisuutensa johdosta hitaammin säädettävissä kuin patterit tai kattolämmitys.

Lattialämmityksen lämpömukavuus on hyvä, koska lattiasta koettava veto saadaan estettyä ja lämpöjakaumasta saadaan tasainen. Lämmitettävän pinnan ei tarvitse olla yhtä korkea kuin esim. patterilämmityksessä, koska lämmönsiirtopinta on suuri. Se myös mahdollistaa sisustuksessa huoneiden vapaan kalustamisen, koska se ei muodosta minkäänlaisia esteitä niiden sijoittamiselle. Lattialämmitys on suorastaan välttämätön kivipintaisille lattioille, koska kylmä kivilattia vähentää lämpömukavuutta. Kosteat tilat ovat varmasti yleisin lattialämmityskohde. Niissä lämmitys nopeuttaa kuivumista sekä samalla ehkäisee kosteusvaurioiden syntymistä.

Kuva 11.



(Sähkölämmitysfoorumi ry, 2006)

#### 8.4.2.1.1 Lattialämmityksen säätö ja ohjaus

Lattialämmityksen säätöön käytetään tilakohtaisia termostaatteja. Huonetilan lämpötila vaihtelee lämmön tarpeen mukaan. Lattiatermostaatti, jossa on lattiaan asennettuna anturi, säädetään lattian lämpötilaa, jolla estetään lämpötilan nousu liian korkeaksi. Tällainen termostaatti soveltuu ensisijaisesti pesutiloihin ja muihin vastaaviin tiloihin sekä tiloihin, joissa halutaan käyttää tiettyä lattianpinnan lämpötilaa.

Oleskelutiloissa säätöä voidaan parantaa huonetermostaateilla tai huone- ja lattiatermostaatin yhdistelmällä. Toimintaperiaatteena tällä yhdistelmällä on, että lattiatermostaatti rajoittaa lattian maksimilämpötilaa ja huonetermostaatti huolehtii, että huonetilan lämpötila ei nouse liian korkeaksi. Lämpimillä ilmoilla tämä yhdistelmä kuitenkin saattaa saada lattianpinnan, etenkin laattapinnoitteisissa lattioissa, tuntumaan kylmältä. Näitä on mahdollista korjata tietyillä toimenpiteillä.

Ohjausjärjestelmät on varustettu yleensä varaavan lämmityksen varausohjelmilla. Tällainen ohjaus tavoittelee lämmitysenergia optimointia edullisemman energiahinnan alalle. Tällöin tulee myös ottaa huomioon ulkolämpötilat ja aikaisempien tarkastelujaksojen aikana lämmityksen käyttäytyminen.

#### 8.4.2.1.2 Lattiapinnoitteet

Lattiapinnoitteella on hieman vaikutusta etenkin osittain ja kokonaan varaavissa lattialämmityksissä. Sen käyttäytymiseen vaikuttaa lattialaatan pinnoitteen lämpötila eikä sähköllä toteutettu lattialämmitys eroa vesikiertoisesta lattialämmityksestä.

Yleisesti lattialämmitys kuitenkin soveltuu lähes kaikille pinnoitteille. Lämmitettävään lattiaan ei kuitenkaan yleisesti suositella joitakin parkettilaatuja,

esimerkiksi pyökiparkettia. Pitkäaikaisessa käytössä korkkilattiakaan, jossa on PVC pinnoite, ei välttämättä kestä ilman, että se hieman kutistuu ja reunat käpertyvät. Puulattioissa sen paksuus (yli 300mm) saattaa eristää lämpöä jonkin verran, jolloin lämmön siirtyminen hidastuu tai jopa estyy. Tällaista käyttäytymistä voidaan vähentää käyttämällä jatkuvatoimista lattialämmitystä yhdessä sopivan termostaatin kanssa, jolloin lattian pintalämpötila pysyy tasaisena.

Lattian pinnoitteessa käytettävien lakkojen sekä liima- ja saumausaineiden tulee myös olla yhteensopivia lattialämmityksen kanssa.

Lattiapinnoitteiden soveltuvuus perustuu erikokoisiin lämpövastuksiin. Mitä suurempi lämpövastus on, sitä suurempi lämmönluovutus tapahtuu. Lämpövastus tosin hidastaa lattialämmityksen säätöä, koska lämpöä varataan enemmän. Lautaparketti esimerkiksi soveltuu osittain varaavan lämmitykseen paremmin ja keraamiset lattialaatat puolestaan jatkuvatoimisten lämmitysten kanssa, koska parketin lämpövastus on 20-kertainen keraamiseen laattaan verrattuna. Hyvin lämpöä eristävä pinnoite tuntuu lämpimämmältä kuin huonommin eristävä.

Taulukko 22.

<b>Materiaali</b>	<b>Lattian pintalämpötilan ihannearvo [°C]</b>
Puu	23 – 28
Kokolattiamatto	21 – 28
PVC-matto	25,5 - 28,5
Betoni, keraaminen lattia	24,5 - 28,5

(Sähkölämmitysfoorumi ry, 2005)

#### 8.4.2.2 Asennus

Tässä esitetyt ohjeet ovat kokemusperäisiä ohjeita ja perustuvat kaapelin valmistajien esitteisiin, ohjeisiin, sähkölämmityksen käsikirjoihin sekä ST-kortistoihin. Näitä voi käyttää karkeaa laskentaa ja tarkemmasta laskennasta saatujen arvojen tarkistamiseen, mutta näitä ei voida pitää absoluuttisena yhtenä ja

ainoana totuutena, vaan käytännössä tulee noudattaa sillä hetkellä oikeata tapaa riippuen tuotteesta ja ohjeistuksesta.

Asennusvälin laskeminen

Kaapelien asennusvälin (kahden kaapelin etäisyys toisistaan) voidaan laskea kahdella eri tavalla:

kaapelin pituuden avulla

$$\frac{\text{lämmitettävä ala } m^2 \cdot 100}{\text{kaapelin pituus}} = \text{etäisyys cm}$$

tai

kokonaistehon avulla

$$\frac{\text{kaapelin metriteho} \cdot 100}{\text{teho/ala } m^2} = \text{etäisyys cm}$$

Seuraavaksi esitetyt taulukot perustuvat valmistajien teknisiin ohjeisiin ja esitteisiin sekä sähkölämmityksen käsikirjoihin.

Taulukko 23.

<b>Erilaisten kaapelityyppien kuormitettavuus ja suurimmat käyttölämpötilat</b>		
<b>Kaapelityyppi, eristemateriaali</b>	<b>Mitoitusteho W/m</b>	<b>Suurin sallittu käyttölämpötila °C</b>
Norm. vakiovastuskaapeli, PVC	17–20	70
Norm. vakiovastuskaapeli, kumi	17–20	80
Norm. vakiovastuskaapeli, PVDF/PVC (teflon)	17–20	90
Saneerauskaapeli, PVC	8–10	70
Saneerauskaapeli, kumi	8–10	80
Saneerauskaapeli, PVDF/PVC (teflon)	8–10	90
Tefloneristeinen vv-kaapeli	20–35	200–260
Mineraalieristeinen vv-kaapeli	20–300	400–1000
Itserajoittuva kaapeli	10–100	65–120 (hetkellisesti 190–215)
Vakiometrithehoinen kaapeli	10–40	200–230

Kaapelien suurimman sallitun käyttölämpötilan määrää kaapelin eristys.

Asennettaessa lämmityskaapelia keittiöön, vessaan tai muihin vastaaviin tiloihin, tulee huomioida kaapelin asennuskohdat. WC:ssä lämmityskaapelia ei tule asentaa pytyyn alle tai välittömään läheisyyteen, keittiössä puolestaan kaapelia ei tule asentaa kaapistojen tai suurten kodinkoneiden alle. Tämä sääntö pätee myös muihin tiloihin, joissa on kaapistoja tai isoja kodinkoneita.

#### 8.4.2.2.1 Nyrkkisääntöjä

Ohuissa lattiarakenteissa kaapelin maksimiteho on 10 W/m. Huoneen käyttötarkoituksesta riippuen huoneen kokonaistehoksi suositellaan 60-150 W/m<sup>2</sup>. Asennusväli ei saisi olla suurempi kuin 12-15 cm, tällöin varmistetaan lattian lämmön säilyminen tasaisena. Lattiamateriaalin ollessa hyvin eristävää, kuten puuta tai korkkia, voi asennusväli olla jopa 30 cm.

Parkettilattioiden alla olevan betonin suurin sallittu pintalämpötila voi olla 30-32 °C ilman, että lattiamateriaalille asetetut arvot ylitetään. Huomattavasti suurempi merkitys on lämpötilan vaihtelulla ja vaihtelunopeudella. Lattialämmityksen tulisi olla pääasiallisesti aina päällä, jotta voitaisiin säilyttää mahdollisimman tasainen lämpötila. Lämmitys on kuitenkin päällä termostaatin ohjaamana vain häviötehojen kompensoinnin verran.

Linoleumi, korkkirouhe ja puhtaat korkkilattiat eivät yleensä sovellu lattialämmityksen kanssa käytettäväksi materiaaliksi.

Kaapelia ei saa asentaa risteilemään toistensa päälle, koska tällöin etenkin itsesäätyvä kaapeli ei osaa säädellä lämpötilaa oikein sekä saattaa aiheuttaa muita häiriöitä.

Seuraavassa taulukossa lattiamateriaali, lämmityskaapelin teho ja tyyppi

Taulukko 24.

<b>Lattiarakenne</b>	<b>Lattialämmityslaite</b>	<b>Ominaisteho</b>
Betonivalu	Vakiovastuskaapeli	10-20 W/m
	Lämmitysverkko	100-150 W/m
	Itsesäätävä kaapeli	
Puulattia (rossilattia)	Vakiovastuskaapeli	10 W/m
	Lämpöelementti	60-90 W/m <sup>2</sup>
Puulattia (rossilattia) märkätila	Vakiovastuskaapeli	10 W/m
Puuvälipohja, märkätila	Vakiovastuskaapeli	10 W/m
Levylattia (kipsilevy)	Vakiovastuskaapeli	10 W/m
Ontelolaatta	Vakiovastuskaapeli (saneerauskaapeli)	10-20 W/m
Kevytbetonilaatta	Vakiovastuskaapeli (saneerauskaapeli)	10-20 W/m

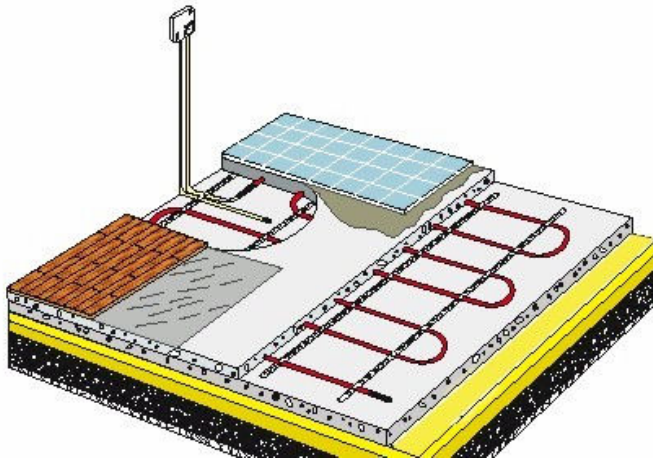
#### 8.4.2.2 Lämmityskaapeli betonilattiassa

Periaatteena lämmityskaapelilla, joka on uppoasennettu betoniin, on yleisimmin lattiarakenteen massan lämmittäminen, josta lattiapinnoitteen kautta lämpö siirtyy huoneilmaan.

Tällainen asennus voi olla suoralämmitys tai osittain tai kokonaan varaava. Lämmityksen ominaisuudet ovat yhteydessä mm. laatan paksuuteen, asennussyvyyteen sekä lattiapinnoitteeseen.



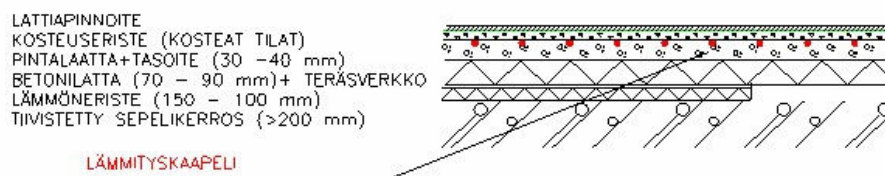
Kuva 12.



1. Tiivistetty sora
2. Raakavalu (60 – 70 mm)
3. Kiinnitysvanne
4. Lämmityskaapeli
5. Lämmityskaapelin loppupää ("kuumapää")
6. Lämmityskaapelin kytKentäpää ("kylmäpää")
7. Termostaatin lattia-anturi
8. Termostaatti
9. Pintavalu (30 – 50 mm)
10. Kosteuseriste (kosteat tilat) ja/tai tasoite
11. Lattiapinnoite

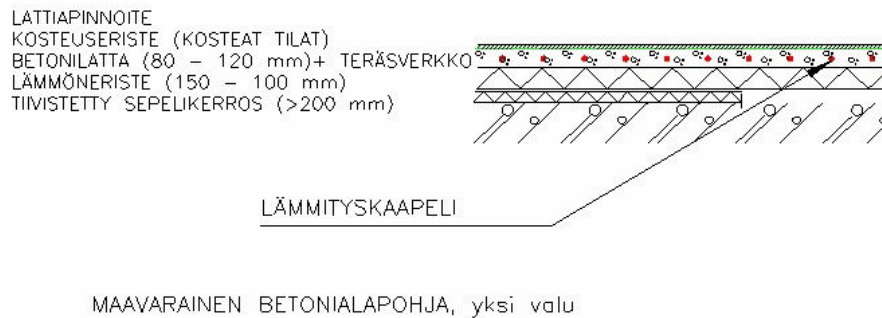
(Sähkölämmitysfoorumi ry, 2005)

Kuva 13.



MAAVARAINEN BETONIALAPOHJA

Kuva 14.

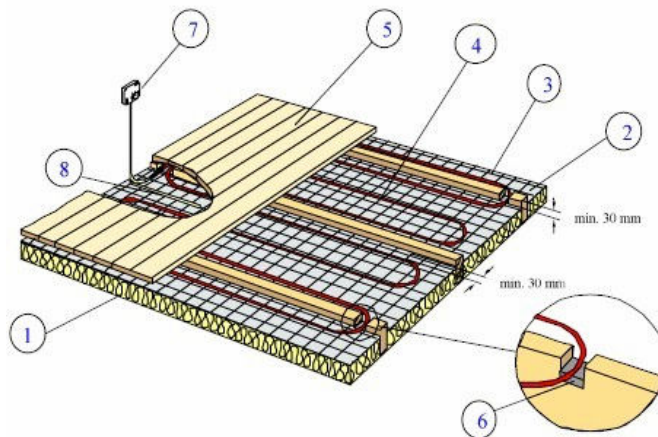


#### 8.4.2.2.3 Lämmityskaapeli puulattiassa tai pinta-asennuksena

Puulattiaan tai pinta-asennuksena asennettu lämmityskaapeli, koskee myös laattalattioita, on aina suora lattialämmitys eikä se omaa varaavuutta

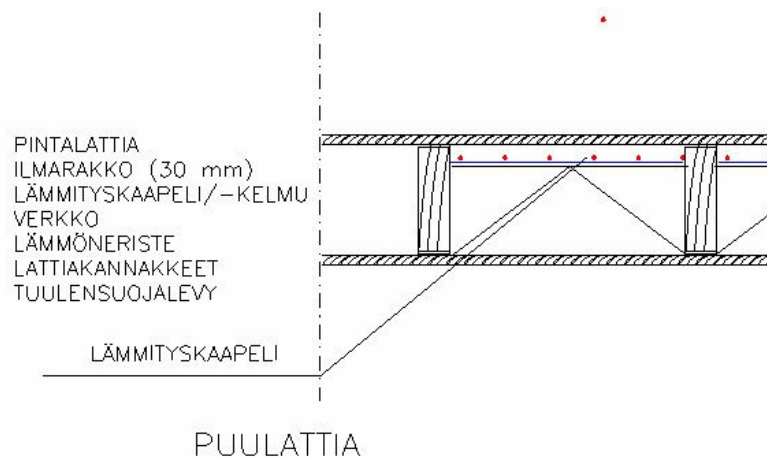
Sen ominaisuuksiin vaikuttavat lähinnä kaapelin teho ja lattian pintamateriaali. Sillä saavutetaan myös miellyttävämpi lattian pintalämpötila kuin varaavilla, koska lämmitys on jatkuvasti toiminnassa, mukavuus saadaan paremmaksi tasaisella ja pienemmällä lämpötilalla.

Kuva 15.



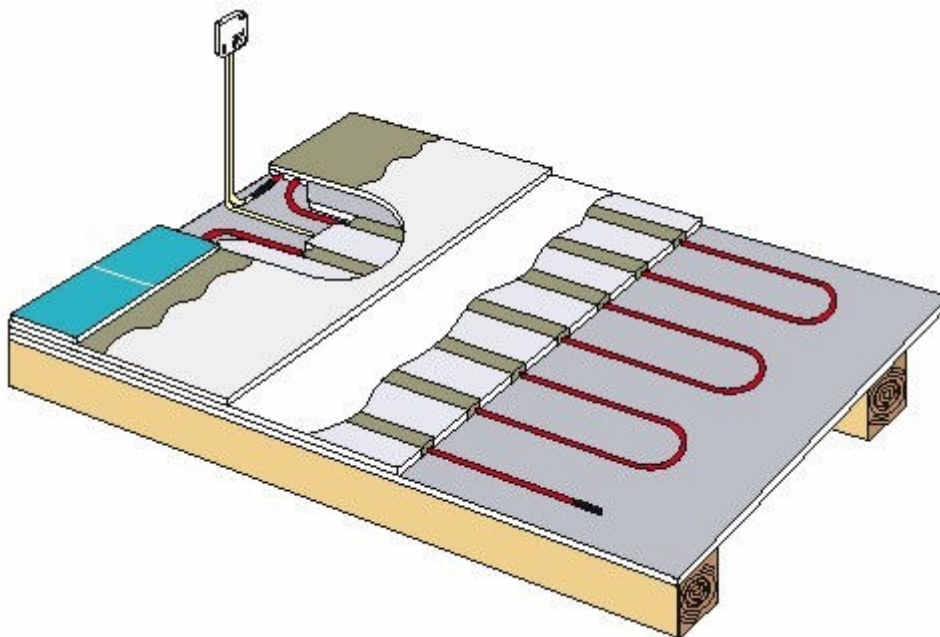
1. Lämpöeriste
2. Alumiinipaperi (voidaan jättää pois)
3. Metalliverkko
4. Lämmityskaapeli
5. Lattiapinnoite
6. Lattiavasan ylivienti
7. Termostaatti
8. Termostaatin anturi

Kuva 16.

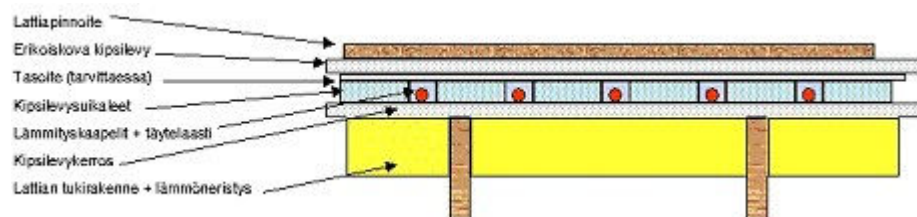


Lämpökaapelimatossa kaapelit on kiinnitetty teippiriveihin, joista osa on vahvistettu lasikuidulla suojaksi murtumisilta. Lämpömaton tehomitoitus on noin  $120 \text{ W/m}^2$ . Kaapelimatot ovat vakiolevyisiä (n. 1 m) ja kokonaisteho määräytyy maton pituuden mukaan. Lämpökaapelimattoa käytetään tyypillisesti uudisrakennuskohteissa. Lämpökaapelimatossa kaapeli ja teippirivi muodostavat helposti auki rullattavan maton, joka kiinnitetään nopeasti raudoitusverkkoon muutamasta kohdasta esimerkiksi nippusitein. Asennustyö on nopeampaa kuin keloilta auki rullattavien lämpökaapeleiden.

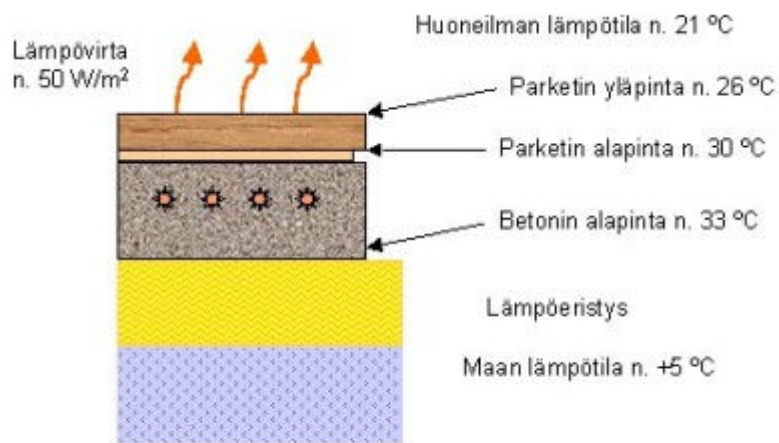
Kuva 17



Kuva 18

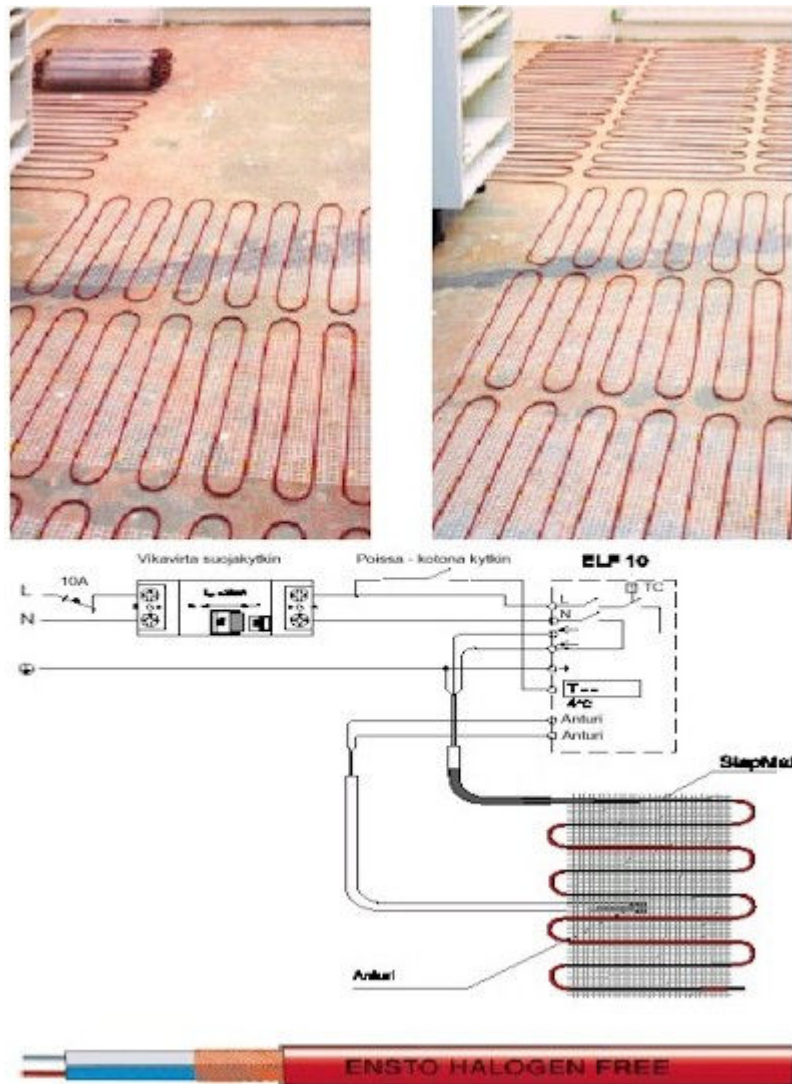


Kuva 19



Lattialämmityksen lämpötilajakauma parkettilattiassa.

Kuva 20



(Ensto Oy, 2005)

#### 8.4.2.2 Putkisto

Putkistoiden sulana pidossa lämmityskaapeleilla voidaan pitää sulana metalli- ja muoviputkia. Lämmityskaapelin voi asentaa putken sisä- tai ulkopuolelle. Lämmityskaapelilla voidaan myös nostaa nesteen lämpötila haluttuun arvoon, sekä vesiputkistoissa jo jäänyt putki voidaan sulattaa. Putkisto lämmityksellä saadaan myös aikaan energiasäästöjä, kun esimerkiksi loma-asunnon putkisto varustetaan jäätyneen estävällä kaapelilla.

Putkistossa tapahtuvalla käyttöveden lämmityksellä, jota kutsutaan saattolämmitykseksi, voidaan korvata kiertovesipumput, paluuputkisto eristeinen ja ylimääräiset venttiilit. Näistä ehkä tyypillisin esimerkki on käyttöveden lämpötilan ylläpitoon käytetyn kiertovesipumpun korvaaminen putken kaapelilämmityksellä, koska se on energiataloudellisesti parempi vaihtoehto. Lämmitykseen käytetään itsesäätyvää kaapelia, joka voidaan asentaa joko putken sisäpuolelle tai ulkopuolelle. Kaapelin eristyksen tulee kuitenkin olla sellaista materiaalia, josta ei aiheudu maku-, haju- tai terveysthaittoja. Kaapelin teho on noin 25 W/m.

Markkinoilta on myös saatavilla putkielementtejä joihin on integroituna lämmityskaapeli, sitä käytetään lähinnä ns. kevennetyssä kunnallistekniikassa, mutta myös kotitalouksiin on saatavilla pistotulppaliitännäisiä elementtejä. Kevennetyssä kunnallistekniikassa nämä ovatkin edullisuutensa ja asennuksen helppouden kannalta järkeviä, koska putki voidaan asentaa ylemmäksi, kun pohjaveden pintaa ei tarvitse pumpata alemmaksi eikä tarvitse muita suuria investointeja. Tämä on myös ympäristölle ystävällinen vaihtoehto vähäisempien maatöiden takia. Kohteet, joissa lämmityskaapeli on kosketeltavissa tai on pistotulppaliitännä, tulee suojata 30 mA vikavirtasuojakytkimellä.

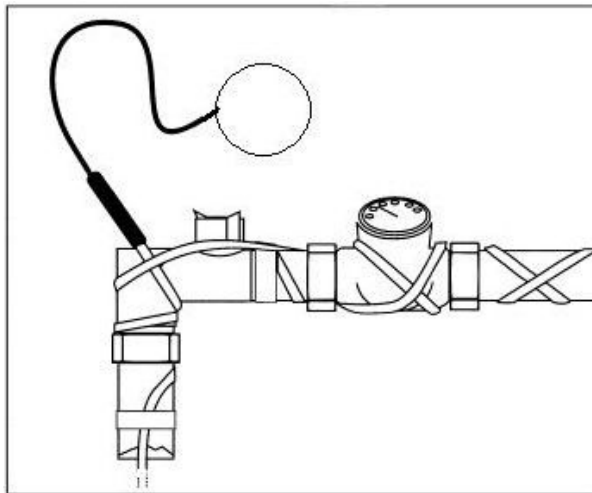
Hyötysuhteeltaan paras tapa putkistoja lämmitettäessä on asentaa kaapeli putkeen sisäpuolelle, se on usein myös valmiisiin putkistoihin ainoa tapa toteuttaa jälkiasennuksena lämmitys. Investointikustannuksiltaan ulkopuolinen asennus on kuitenkin halvempi, kun se toteutetaan uusiin putkistoihin. Viemärointiputkissa kaapelin tulee olla aina ulkopuolella. Vesijohtoihin sisäpuolelle asennettaessa tulee puolestaan käyttää siihen hyväksytyjä kaapeleita, mutta myös muualla esimerkiksi teollisuudessa kaapelien tulee olla kohteeseen hyväksytyä materiaalia niissä esiintyvien kemikaalien takia. Vesijohtoihin asennettaessa kaapeli tyyppinä käytetään yleensä itserajoittuvaa kaapelia, mutta yli 3m pitkiin asennuksiin voidaan käyttää myös vakiovastuskaapelia, kaapeli tulee kuitenkin tyyppistä riippumatta eristää hyvin. Vakiovastus kaapelia käytettäessä tulee lämmitystä ohjata termostaatilla ja tällöin putkistoon asennettavan anturin tulee sijaita putkiston kylmimmässä kohdassa. Itsesäätyvää kaapelia ei tarvitse ohjata termostaatilla, mutta taloudellisesti on järkevää käyttää edes ulkotermostaattia

joka kytkee lämmityksen päälle kylmän lämpötilan aikaan. Putkien sulanapitoon käytettävän kaapelin tehoksi suositellaan 7-8 W/m, muoviputkien suurin sallittu mitoitusteho on 10 W/m ja metalliputkilla 20 W/m. Yleisesti tehon valinnassa toimitaan valmistajien ohjeistuksen mukaisesti.

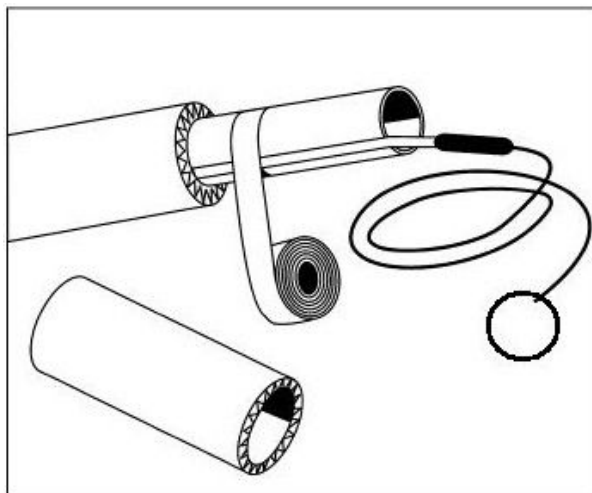
Putkien sulanapidon etuja:

- putket pysyvät sulana
- neste ei jäädy putkessa
- putkien asennussyvyys on pienempi
- ei korjauskustannuksia talven jäljiltä
- ei tarvita erillisiä lisäaineita ja muita vastaavia
- ei kondensaatiota

Kuva 21

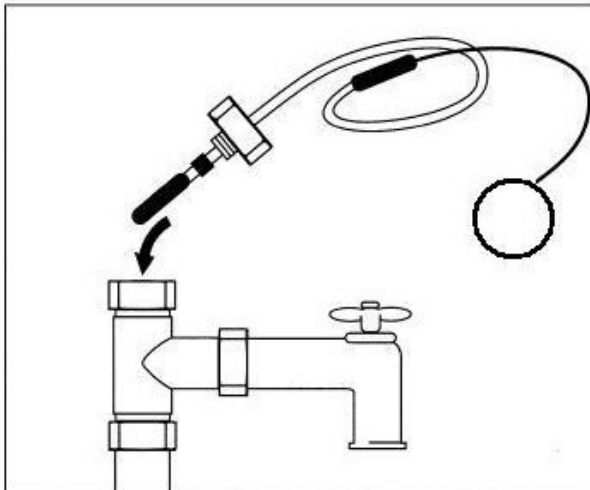


Kuva 22.





Kuva 23



(Kuvat DEVI Oy, 2005)

Kuva 24.



(Uponor Oy, 2005)

#### 8.4.2.3 Rästääät, syöksytorvet ja katot

Räystäiden, syöksytorvien ja kattokaivojen pitäminen sulana on myös tärkeää. Se parantaa turvallisuutta, kun vesi pysyy sulana eikä jäädy putkiin jolloin jää ei pääse vahingoittamaan rakenteita tai julkisivuja sekä kattorakenteisiin ei pääse muodostumaan vaarallisia jää- ja lumikasaumia, joten mm. jääpuikot eivät pääse tippumaan niiden alta kulkevien päälle.

Näiden sulanapito toteutetaan asentamalla lämmityskaapelit syöksytorvien sisäpuolelle koko matkalle ja räystäskourujen pohjalle. Räystäskourujen ja

syöksytorvien lämmityksessä on kuitenkin muistettava vuosittainen puhdistus, koska niihin kerääntyneet lehdet ja roskat estävät kaapelin lämmönluovutusta ja muodostavat näin ollen ylikuumenemisvaaran.

Asennettavan lämmityksen rakenne ja mitoitus tehdään jokaiseen kattorakenteeseen sopivaksi. Lämmityskaapeleina käytetään 15-25 W/m teholtaan olevia kaapeleita. Kaapelit tuleekin suunnitella siten, että asennusteho on sadevesijärjestelmissä 30-50 W/m ja kattokaivolämmityksissä 150-250 W/m<sup>2</sup>.

#### 8.4.2.4 Ulkoalueiden sulanapito

Ulkoalueiden sulanapidossa lämmityskaapelia voidaan myös moneen kohteeseen. Ajoliuskat, kukkapenkit, sokkelit, pihapolut, parkkipaikat yms. voidaan pitää sulana sekä monet muut hieman erikoisemmat kohteet, kuten vaikkapa laiturit tai koirankopit. Hyvänä esimerkkinä asennettavista kohteista on ulkoportaat, jolloin niihin ei muodostu jäätä sekä ne säilyvät pidempään hyväkuntoisina. Toinen hyvä esimerkki sulanapidettävälle kohteelle on pyörätuoliluiskat. Pinnoitteella sulana pidettävässä kohteessa ei ole kovin suurta merkitystä, sillä voidaan pitää sulana yhtä hyvin asfaltti, betoni tai laatoitus pinnoitteiset alueet. Sulanapidettävässä kohteessa ei tarvita lumenluontia, hiekoitusta tai suolausta.

Ensisijaisesti tärkein tehtävä ulkoalueiden sulanapidossa on turvallisuuden lisääminen. Alueiden jäätymistä ei esiinny, koska sulanapidettävillä alueilla ei synny liukkautta sekä samalla rakenteet ovat suojassa vaurioilta. Toki sulanapidolla voidaan pitää kohteita sulana, vaikka niillä ei olisikaan turvallisuuden merkitystä, kuten kompostit tai kasvimaat. Sulanapitojärjestelmä voidaan asentaa uusiin ja vanhoihin rakennuksiin ja alueisiin. Kaapelointi vähentää suolauksen ja hiekoituksen tarvetta ja näin ollen vähentää luonnon kuormitusta. Sitä suunniteltaessa on kuitenkin huomioitava kunnolliset ohjauslaitteet, koska kunnollisten ohjauslaitteiden avulla sulanapidettävien kohteiden sähkönkulutus saadaan pidettyä kurissa, kun se ei ole päällä kuin tarvittaessa.

Jokainen asennuspaikka suunnitellaan käytön ja tarpeen mukaan. Kaapelien asennusteho vaihtelee noin 250-400 W/m<sup>2</sup> käytöstä ja tarpeesta riippuen. Lämmitystä voidaan ohjata kaksoistermostaatilla, joka perustuu ilman lämpötilaan ja ohjausjärjestelmällä, joka havaitsee lumen tai jään esiintymisen.

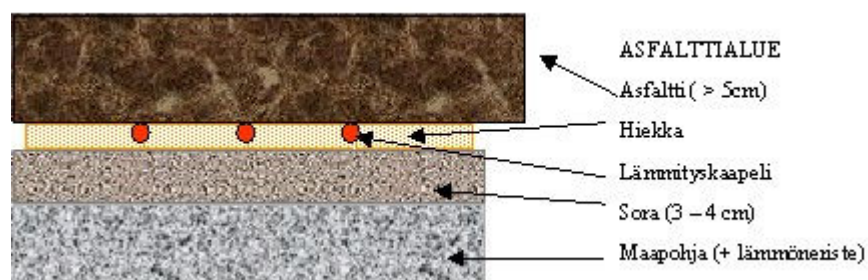
Sulanapidon kustannukset maksavat itsensä takaisin, jos sillä voidaan estää yhdenkin vakavan loukkaantumisen kustannukset. Myöskään käyttökustannukset eivät muodostu kovin korkeiksi, koska lämmitettävät pinta-alat ovat varsin pieniä. Sulanapidettävien kohteiden etu on myös sen huoltovapaus, sitä kun ei tarvitse huoltaa.

Suoraan maantasolle rakennettujen rivi- ja omakotitalojen peruslaatan sivuille muodostuvien kylmäsiltojen eliminointi on myös yksi kohde, joihin ulkoalueiden kaapelointia voidaan soveltaa. Tällä vähennetään/estetään kylmyyden tunkeutumista perustuksen sivuilta tai seinän ja perustuksen välistä, joista muutoin voisi aiheutua epämiellyttäviä seuraamuksia, kuten:

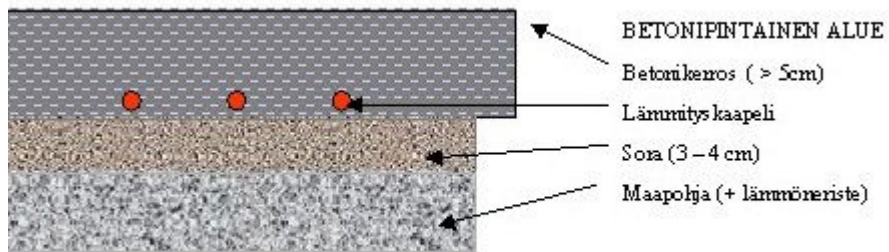
- Viileä lattia seinän vierellä
- Kondensoitumista ja jopa homeenmuodostusta seinänvierillä
- Lattian alhainen lämpötila tuntuu vetona
- Vedon poistaminen lämmitystä lisäämällä on kallista.

Tämä toteutetaan asentamalla lämmityskaapeli (15-20 W/m) kiertämään rakennusta noin 5 cm ulkoseinän sisäpuolella.

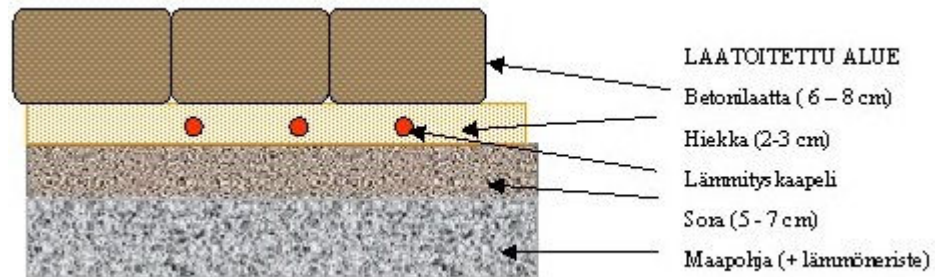
Kuva 25.



Kuva 26.



Kuva 27.



(Kuvat Sähkölämmitysfoorumi Oy, 2005)

### 8.4.3 Säteilylämmittimet

Säteilylämmittimet lämmittävät huoneilman lämpösäteilyllä johonkin kohteeseen, josta ko. kohde luovuttaa tämän lämmön huoneilmaan. Lämmittävä teho riippuu lämmönlähteen ja lämmitettävän kohteen välisestä lämpötilaerosta.

#### 8.4.3.1 Lämmityskelmut

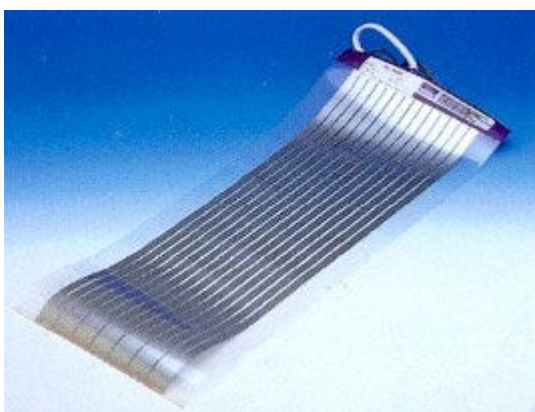
Lämmityskelmuja käytetään lähinnä kattolämmityksessä. Sitä voidaan kuitenkin asentaa myös seiniin ja lattioihinkin. Asennus tapahtuu yleensä sisäverhoilun, katonpinnan tai muun vastaavan pinnan taakse, josta se lämmittää sisäpinnan materiaalin ja itse pinta luovuttaa lämmön tasaisesti huoneilmaan. Itse pintamateriaalilla ei ole merkitystä, mutta on kuitenkin suositeltavaa tarkistaa sen sopivuus kattolämmityksen kanssa. Lämmityskelmuja voidaan käyttää myös hieman erikoisemmissa kohteissa, kuten ikkunoissa tai yleisötilojen penkeissä esimerkiksi kirkoissa.

Lämmityskelmuilla itsessään ei ole lämmön varauskykyä, mutta eri lämmitysmuotoja yhdistelemällä varaaminenkin on mahdollista.

#### 8.4.3.1.1 Lattialämmityskelmut

Lattiaan asennettavien kelmujen rakenne muistuttaa kattolämmityskelmuja ja ne eroavatkin toisistaan lähinnä kiinnityksen puolesta. Niissä käytettävät neliötehot ovat myöskin alhaisempi, tyypillisimmin teho on noin 60-120 W/m<sup>2</sup>. Tällaisia kelmuja on saatavilla niin normaaliin verkkojännitteeseen kytkettäviä kuin myös muuntajan välityksellä kytkettäviä.

Kuva 28.



(Sähkölämmitysfoorumi ry, 2006)

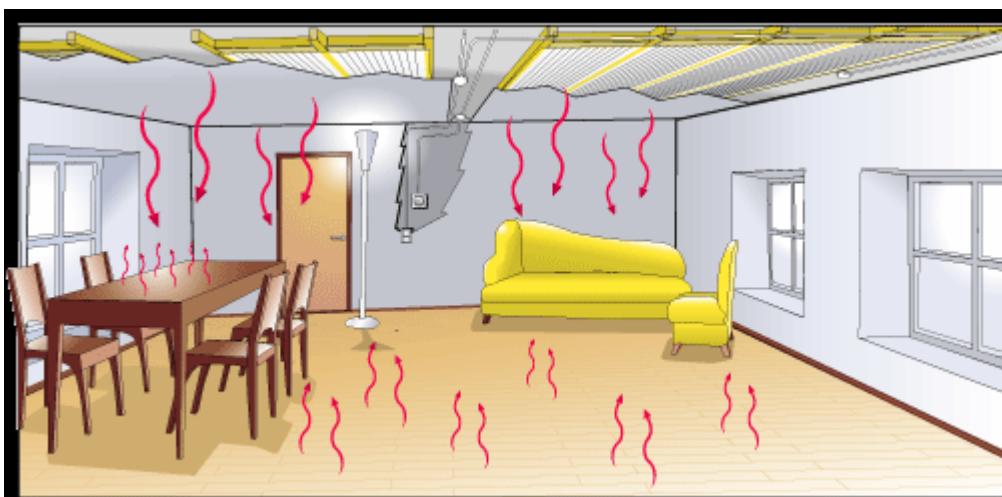
#### 8.4.3.1.2 Kattolämmityskelmut

Kattolämmitys on näkymätön ja omaa hyvän lämpömukavuuden nykyaikaisilla elektronisilla säätimillä, koska ne ovat tarkkoja ja nopeita reagoimaan lämpötilan muutoksiin. Lämmityksessä käytettävät termostaatit ovat yksinomaan huonekohtaisia tai säätökeskuksia. Kattolämmitys käyttää myös tehokkaasti hyväkseen ilmaislämpöjä.

Kattolämmityksessä lämpö tuodaan huoneistoon katon pinnasta. Lämmityskelmu asennetaan katon pinnan yläpuolelle, josta se johtaa lämpönsä pintaan ja siitä säteilyinä huoneeseen. Katon pinnasta säteilevä lämpö kohdistuu ihmisiin, huonekaluihin, seiniin, lattioihin ja muihin huoneessa oleviin kiinteisiin rakenteisiin, se lämmittää tarpeeksi laajalta alueelta tulevana esimerkiksi pöydän alustat yms. ja täten jalat ei palele. Rakenteista lämpö siirtyy konvektiona

huoneilmaan. Itse lämmitystapaa voisi kuvailla hyvin samanlaiseksi kuin auringon säteily, tosin siitä ei synny haitallisia säteilyjä, kuten UV- ja röntgensäteilyä. Kattolämmityksessä ihminen kokee lämpötilan korkeammaksi kuin esimerkiksi patterilämmityksessä, johtuen lämpösäteilystä joka kohdistuu suoraan ihmiseen. Teoriassa lämpötilaa voisikin laskea, joka johtaisi pienempään energiankulutukseen.

Kuva 29.



(Sähkölämmitysfoorumi ry, 2006)

Kattolämmitys antaa vapauksia kalustaa huonetilaa vapaasti, koska se on pintojen takana näkymättömissä ja koskemattomissa. Tämä koskee kuitenkin vain irrallisia huonekaluja ja muita sisustuksellisia esineitä. Kattolämmityksen huonona puolella esiin tulee se, että valaisimia ja kiinteitä kalusteita asennettaessa syntyy rajoituksia. Kattolämmitys on lapsiystävällinen ja sitä voidaankin käyttää mainiosti päiväkodeissa sekä lastenhuoneissa, koska sitä ei voida koskettaa ja näin ollen siitä ei voida saada palovammoja tms. Se sopii myös allergikoille, koska ilman liike ja huonepölyn liike on vähäistä. Kattolämmitys voidaan asentaa kaikkiin muihin tiloihin paitsi löylyhuoneeseen, sitä ei myöskään suositella suihkutiloihin.

Ikkunoista tulevan vedon kannalta kattolämmitys ei kuitenkaan ole paras mahdollinen ratkaisu. Toki oikein suunnitellulla kattolämmitys estää ikkunoista tulevan vedon, mutta tämä edellyttää nykyaikaisia ikkunarakenteita.

#### 8.4.3.1.2.1 Suunnittelu

Kattolämmityksen asentaminen vaatii ylimääräistä suunnittelua ja huolellisuutta. Katossa ei saa kattolämmityksen kohdalla kulkea mitään sähköputkituksia, rasiointeja eikä myöskään ilmastointeja yms. Kattolämmitysasennuksesta tulee olla mittatarkka suunnitelma- ja toteutuspiirustus, joiden mukaan muut kattoon asennettavat johdot, valaistus, ilmastointi jne. voidaan asentaa. Suunnitelma- ja toteutuspiirustusta tehtäessä tulee huomioida rakennetietojen lisäksi myös ilmastoinnin, valaistuksen ja kiinteiden kalusteiden suunnitelmat. Asennuksesta tulee olla loppupiirustukset, joista ilmenee selkeästi kelmujen sijoitus, koko ja teho.

Kattolämmitystä suunniteltaessa ja asentaessa on suositeltavaa käyttää saman valmistajan normaalitehoisia kelmuja. Elementtien tehot ovatkin yleisimmin normaalikorkuisessa (2,5-2,6 m) huoneessa joko 125 W/m<sup>2</sup> tai 150 W/m<sup>2</sup>.

Elementit ryhmitellään kolmeen ryhmään:

Matalalämpöisiä käytetään useimmiten kodeissa ja muissa matalissa sisätiloissa. Sen asennuskorkeus on 2,5 – 3 metriä ja sen teho on alle 1000 W/m<sup>2</sup>.

Keskilämpöisien käyttökohteet ovat teollisuudessa, myymälöissä tms. tiloissa. Asennuskorkeus tällaisella on 3,5-5 m ja teho 3-4 kW/m<sup>2</sup>.

Korkealämpöiset ovat varsinaisesti infrapunälämmittimiä, koska ne koostuvat metalli- tai kvartsiputkella suojatusta vastuksesta ja heijastinrakenteesta. Niitä käytetäänkin yli 5 m korkeissa asennuksissa, mutta yleisempiä ne ovat ulkokäytössä parvekkeilla, katoksilla ja varastoissa. Tällaisen paneelin pintateho on noin 10 kW/m<sup>2</sup>.

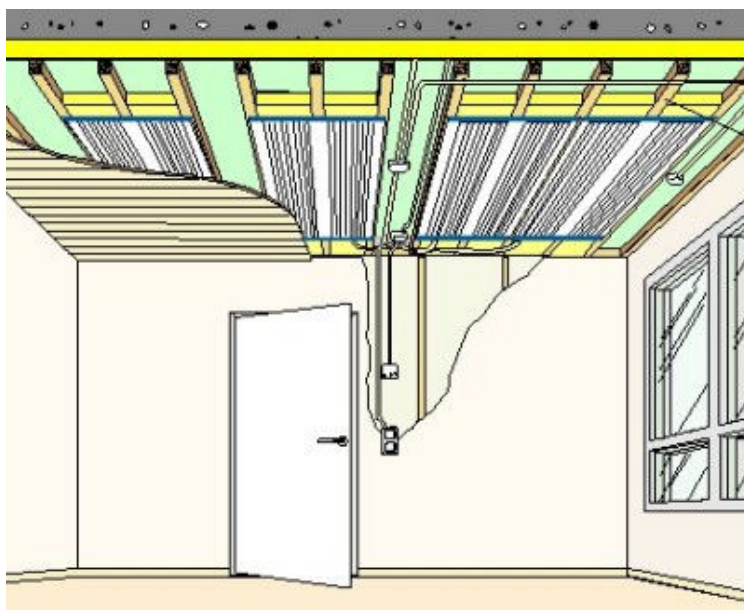


#### 8.4.3.1.2.2 Asennus

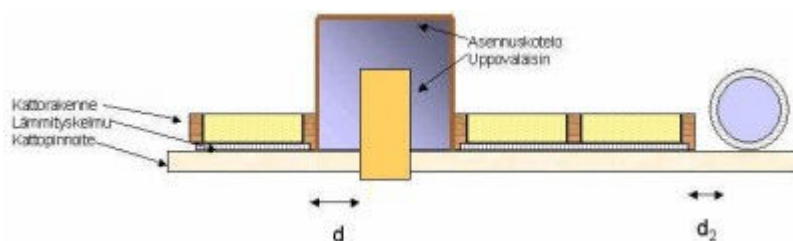
Lämmityskelmun asennus aloitetaan ulkoseinien, ulko-ovien ja ikkunoiden läheisyydestä. Kelmu on suositeltavaa asentaa enintään 30 cm etäisyydelle edellä mainituista rakenteista. Ikkunan eteen tulee asentaa 90 cm elementti, mutta huomioiden mahdolliset erityistoiveet, esim. valaistus, jolloin jätetään valaistuksen asennukselle riittävästi tilaa.

Kattolämmityskelmut asennetaan katon rimoitukseen samansuuntaisesti eikä niissä saa olla ryppyjä tms. Kelmun tulee asennettuna olla kiinni rimoituksessa sekä kattopinnoitteessa. Kelmujen yläpuolelle tulee asentaa lisävilloitus, joka painaa kelmun kattopinnoitteeseen kiinni ja eristää lämpöä.

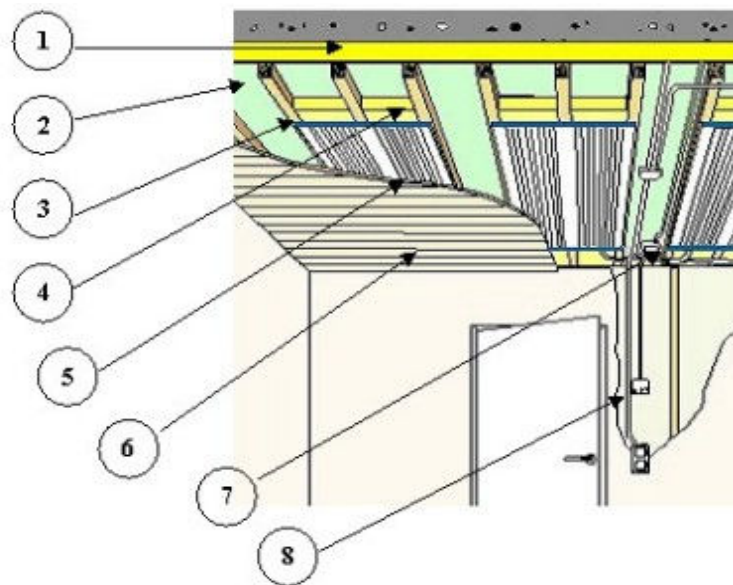
Kuva 30.



Kuva 31.



Kuva 32.



1. Lämmöeriste
2. Höyrysulku
3. Kattorimoitus
4. Lisälämmöeriste
5. Lämmitys kolmi
6. Kattopimote
7. Jakorasia
8. Huoneestaatti

(Kuvat Sähkölämmitysfoorumi, 2006)

#### 8.4.3.1.2.3 Kattolämmityksen säätö ja ohjaus

Kattolämmityksen ohjaus toteutetaan yleensä huonekohtaisella termostaatilla, jota ohjataan lämmöntarpeen mukaan. Säätö on näin ollen tarkkaa ja se huomioi muut lämmönlähteet. Kattolämmitys on myös mahdollista liittää keskitettyihin ohjausjärjestelmiin.

Kuva 33.



Taulukko 25.

## Kattomateriaalien lämpövastukset

Kattomateriaali	Lämmönjohtavuus W/mK	Paksuus mm	Lämpövastus m <sup>2</sup> K/W	Elementtityyppi W/m <sup>2</sup>		
				125	150	175
Lastulevy (tiheys 600 kg/m <sup>3</sup> )	0,1	8	0,09	kyllä	kyllä	kyllä
		10	0,10	kyllä	kyllä	ei
		12	0,12	kyllä	kyllä	ei
		16	0,15	kyllä	ei	ei
Lastulevy (tiheys 800 kg/m <sup>3</sup> )	0,14	8	0,06	kyllä	kyllä	kyllä
		10	0,08	kyllä	kyllä	kyllä
		12	0,09	kyllä	kyllä	kyllä
		16	0,12	kyllä	kyllä	ei
Lautapaneeli	0,14	8	0,06	kyllä	kyllä	kyllä
		10	0,07	kyllä	kyllä	kyllä
		12	0,09	kyllä	kyllä	kyllä
		16	0,11	kyllä	kyllä	ei
		18	0,13	kyllä	ei	ei
		20	0,16	kyllä	ei	ei
Kipsilevy	0,13	6	0,05	kyllä	kyllä	kyllä
		9	0,07	kyllä	kyllä	kyllä
		13	0,10	kyllä	kyllä	ei
Kuitulevy (kova)	0,13	3,2 -	0,02 -	kyllä	kyllä	kyllä
		6,4	0,04	kyllä	kyllä	kyllä
Kuitulevy (puoikkova)	0,11	6	0,05	kyllä	kyllä	kyllä
		9	0,08	kyllä	kyllä	kyllä
		11,5	0,11	kyllä	kyllä	ei
Kattolaatat	0,14	6	0,04	kyllä	kyllä	kyllä
Vaneri (koivu)	0,147	6,5	0,06	kyllä	kyllä	kyllä
		9	0,08	kyllä	kyllä	kyllä
		12	0,11	kyllä	kyllä	ei
		15	0,14	kyllä	ei	ei
		18	0,16	kyllä	ei	ei
Vaneri (havupuut)	0,11	6,5	0,08	kyllä	kyllä	kyllä
		9	0,11	kyllä	kyllä	ei
		12	0,14	kyllä	ei	ei
		15	0,19	ei	ei	ei
		18	0,21	ei	ei	ei

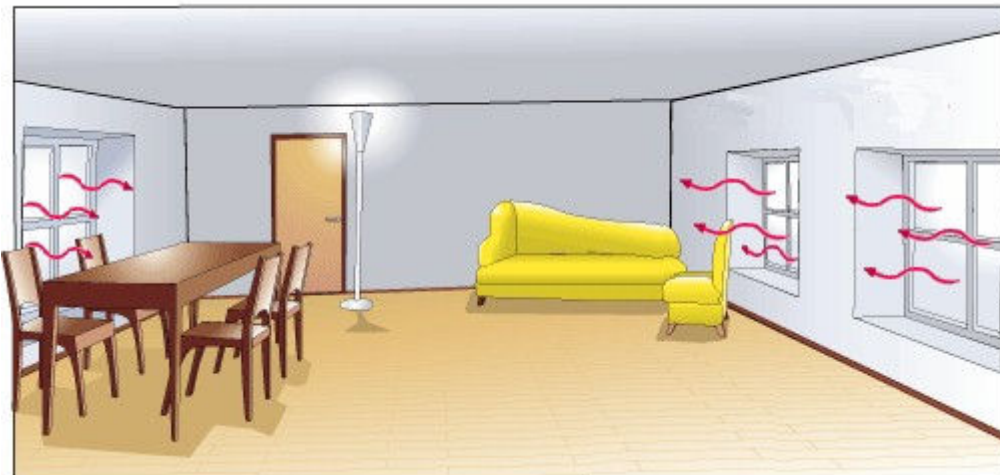
### 8.4.3.2 Ikkunoiden lämmitys

Lämmityskelmuja käyttämällä voidaan vähentää ikkunoiden aiheuttamaa vedon tunnetta. Uusimpien kolmilasisten ikkunoiden sisimmän ruudun lämpötila on ulkolämpötilasta riippuen jopa kymmenen astetta huonelämpötilaa alempi, tosin mahdollinen kattolämmitys lämmittää hieman myös ikkunoita. Ihminen kokee kylmän ikkunapinnan ”kylmäsiteilyn” vetona, koska ihminen luovuttaa lämpöä kylmää pintaa kohden. Ikkunoista tuleva kylmä ilma pyrkii lattioille ja aiheuttaa

vedon tunnetta. Ikkunalämmitys käytetään etenkin suurilasisissa tiloissa, kuten mm. olohuoneissa, erkkereissä ja kasvihuoneissa.

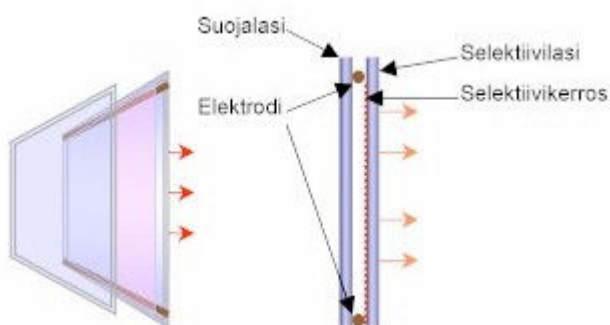
Yleisimmin ikkunoiden aiheuttamaa vedon tunnetta ehkäistään asentamalla sähköpatteri ikkunan alle. Nykyään kuitenkin on saatavilla lämmitettäviä ikkunalaseja. Lämmitettävillä ikkunoilla voidaan ehkäistä huurtuminen ja kondenssiriskit. Ikkunalasien lämmitys perustuu keskimmäisen ikkunan pinnassa olevaan näkymättömään ja kulumattomaan pinnoitteeseen, jota kutsutaan selektiivipinnoitteeksi. Lämmitysikkunat ovat karkaistua erikoislasiä, joten se on lujempaa kuin tavallinen lasi ja rikkoutuessa se hajoaa pieniksi muruiksi. Lämmitettävien ikkunoiden lämpö ei säteile ulospäin, vaan johtuu sisempään ikkunapintaan, josta lämpö säteilee hyvällä hyötysuhteella sisälle.

Kuva 34.



(Sähkölämmitysfoorumi ry, 2006)

Kuva 35.



(Sähkölämmitysfoorumi ry, 2006)



### 8.4.3.3 Infrapunalämmittimet

Infrapunalämmittimet lämmittävät huoneilman samalla tavalla kuin kattolämmitys eli lämpösäteily osuu huonekaluihin, ihmisiin jne. joista se luovuttaa lämmön huoneilmaan. Infrapunalämmitin eroaa kuitenkin asennustavaltaan kattolämmityksestä siten, että se on tehdasrakenteinen, usein ehkäpä jopa valaisinta muistuttava ja se asennetaan rakenteisiin eikä niiden taakse. Se voidaan asentaa kattoon tai jopa seinään.

Infrapunalämmitintä voidaan käyttää, vaikkapa terassin tai parvekkeen lämmitykseen, mutta soveltuu myös sisätiloihin. Infrapunalämmittimestä tuleva lämmitysteho kohdistuu halutulle alueelle tai kohteeseen. Se pyrkii suuntaamaan säteilyn haluttuun kohteeseen eikä esimerkiksi muihin suuntiin kuin alaspäin pääse säteilemään lämpöä. Sen luovuttama lämpösäteily omaa korkeamman lämpötilan kuin kattolämmityskelmu.

Säteilylämmittimet luokitellaan kolmeen luokkaan, matalalämpötilaiset, keskilämpötilaiset ja korkealämpötilaiset. Niiden käyttökohteet ja säteilylämpötilat ovat erilaisia.

Yleisimpiä käyttökohteita ovat

- ulkokatokset
- teollisuustilat
- varastotilat
- työtilat
- korjaamot
- pesutilat
- tuulikaapit
- urheilutilat
- myymälät ja torikojut

Tällaista lämmitintä voidaan ohjata tai lämmitinryhmää voidaan ohjata joko erillisellä käyttökytkimellä tai termostaatilla. Teollisuudessa säätö hoidetaan ohjelmoitavilla elektronisilla säätimillä.

## 8.5 Varaava sähkölämmitys

Varaavan sähkölämmityksen periaatteena on, että tarvittava lämpö tuotetaan esimerkiksi yösähköllä, jolloin se varataan samalla johonkin massaan, josta se vähitellen luovuttaa lämpöä. Yösähkön ollessa edullisempaa kuin päiväsähkö, lämmitetään varsin usein myös lämmin käyttövesi.

### 8.5.1 Lämmityskaapelit

Lämmityskaapeleista ja lattialämmityksestä on selitetty suoran sähkölämmityksen yhteydessä tarkemmin.

#### 8.5.1.1 Seinät, takat ja muut tulisijat

Seinärakenteita, takkoja ja tulisijoja voidaan myös lämmittää lämmityskaapeleilla. Takkojen ja muiden tulisijojen lämmitys ei ole kuitenkaan järkevää eikä niiden lämmitystä kokeiluista huolimatta ole onnistuttu toteuttamaan järkevästi. Ongelmat syntyvät, kun niihin käytettävä lämpökaapelimateriaali täytyisi olla teflonkaapelia joka kestää 200 asteen lämpöä, sekä tarvittavan kaapelin määrä rakenteiden sisässä olisi liian suuri, jotta niihin saataisiin varastoitua riittävästi lämpöenergiaa, lisäksi kaapelien lämpölaajeneminen on otettava huomioon myös seiiniin asennettaessa. Jos kuitenkin lämmityskaapelia asennetaan em. kohteisiin, niin tulee kaapelit sijoittaa saumoihin sisäpesään, tulisijan ulkokuoreen tai tulisijan muuriin. Tulisijan sisäpesään tulevien kaapelien lämpöä voidaan



varastoida ilman liiallista pintalämpötilan nousua. Ominaisuudet ovatkin samat kuin puulla lämmitettäessä samaa tulipesää. Lämmön luovutus on hidasta sekä lämpötilan vaihtelut ovat vähäisiä.

Seinälämmitys puolestaan on kuitenkin mahdollista riittävällä määrällä lämmityskaapelia. Seinälämmityksessä energiataloudellisesti paras sijoituspaikka olisi väliseinät, jotka on rakennettu reiättömistä tiilistä jo pelkästään kaapelin ylilämpenemisen takia, koska se asennetaan saumoihin. Näin kaapelit saataisiin asennettua tasaiseen väliaineeseen ja lämpöenergia saataisiin mahdollisimman hyvin varattua. Lämmityskaapelit tulisi asentaa korkeintaan 160 cm korkeuteen, jotta säteilevä lämpö ei menisi huoneessa oleskelijoiden ylitse. Ulkoseinään asennettava lämmityskaapeli tulisi mitoittaa noin puoleen siitä mitä se on väliseinissä tarvittavasta tehosta. Ulkoseinään asennettaessa tulisi myös eristyksen olla hyvä koska lämmitys asennetaan eristyksen sisäpuolella olevaan tiilimuuraukseen.

### 8.5.2 Massavaraaja

Massavaraaja on moderni versio entisaikojen kakluunista. Sillä tuotetaan pehmeää kivilämpöä, joka johtuu valmistajien kehittämistä tiilien tapaisista erikoiskivistä. Lämpö varastoidaan massavaraajiin yösäköllä josta se luovuttaa lämpöä päivän aikana. Massavaraajia valmistetaan staattisia ja dynaamisia. Staattisissa lämpö siirtyy huoneilmaan vapaasti laitteen läpi virtaavan ilman mukana. Dynaamisissa lämpö siirtyy puhaltimen kautta huoneilmaan, jota ohjaa termostaatti. Massavaraaja luovuttaa hieman lämpöä myös kontrolloimattomana säteilyä sekä konvektiona laitteen pinnalta silloin kun ilmavirtaus on säädetty pois päältä.

Massavaraajat ovat erikoiskiviensä takia todella raskaita, niiden paino vaihtelee kivien määrän ja mallien mukaan 80-150 kg välillä. Sähköenergiaa voidaan varastoida jopa 700 °C lämpötilaan, joka on huomattavasti korkeampi kuin muilla sähkölämmitysmuodoilla. Varattava lämpötila onkin eräs etu jolla saadaan varaajasta huomattavasti pienempi.

Suosittelavaa olisi asentaa massavaraaja mahdollisimman keskeiselle paikalle, esimerkiksi olohuoneeseen tai avaraan aulaan, jotta lämpö pääsisi jakaantumaan tasaisesti ympäristöön. Tämä ei kuitenkaan estä sen asennusta ahtaampiinkin tiloihin. Massavaraaja ei kuitenkaan useimmiten sovi kuin lisälämmittimeksi, mutta toimiva kokonaisuus saadaan asentamalla pienempiin huoneisiin tavallisia sähköpattereita.

Kuva 36.



Kuva 37.



(Ensto Oy, 2004)

## 8.6 Osittain varaava sähkölämmitys

Varaava sähkölämmitys ei kuitenkaan aina ole täysin varaava, vaan se on varsin usein mitoitettu täysin varaavaksi  $-5\dots-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  saakka. Kun lämpötila laskee alle mitoitettun lämpötilan, otetaan puuttuva energia päiväsähköllä, mutta sen osuus on vain noin 10 % kokonaisenergiatarpeesta vuosittain. Tällaista järjestelmää kutsutaan osittain varaavaksi sähkölämmitykseksi.

Kun järjestelmä toteutetaan osittain varaavana, niin säästetään hankintakustannuksissa. Järjestelmässä on myös muita etuja verrattuna täysin varaavaan. Perusmaksu on alhaisempi, koska se ei tarvitse niin suurta tehoa. Osittain varaavan tilantarve on myös pienempi, koska lämmitettävä massa on pienempi.

Osittain varaavassa lämmityksessä on kuitenkin otettava huomioon tasaava lämmityksen tarve. Tämä voidaan hoitaa vaikkapa kattolämmityksellä, pattereilla tai lattialämmityksellä. Tai ohjausjärjestelmän on mahdollistettava päiväkäyttö, koska muulloin sitä lämmitetään tavallisen varaavan tavoin ainoastaan yösähköllä.

### 8.6.1 Lämmityskaapelit

Lämmityskaapeleista ja lattialämmityksestä on selitetty suoran sähkölämmityksen yhteydessä tarkemmin.

### 8.7 Lämmin käyttövesi

Lämpimän käyttöveden lämmitys toteutetaan luonnollisesti lämminvesivaraajilla. Yleisin koko lämminvesivaraajalle on 300 litraa ja sitä lämmitetään useimmiten yösähköllä ja se riittää nelihenkiselle perheelle. Sitä voidaan käyttää myös päivällä, vaikkapa mahdollisten saunavieraiden tullessa. Käyttövesi lämmitetään 80-90 asteiseksi, josta sekoittajalla sen suurin hanasta tuleva lämpötila säädetään noin 55 asteeseen.

Se sijoitetaan mahdollisimman lähelle paikkaa, josta löytyy lattiakaivo ja veden kulutus on suurinta eli useimmiten kylpyhuonetilojen läheisyyteen. Näin saavutetaan pienemmät lämpöhäviöt putkistossa. Pidempien välimatkojen päähän voidaan lämmintä vettä tuoda myös saattolämmityksen avulla tai erillisellä pienemmällä varaajalla.

(Sähköinfo Oy, 2005; Sähkölämmitysfoorumi ry, 2006; R. Kara, 1994; Ensto Oy, 2005; DEVI Oy, 2005; 57-)

## 9. SAUNAN MITOITUS

### 9.1 Saunatyyppejä

Saunat voidaan yleisesti jaotella useampaan eri ryhmään, näitä ryhmiä ovat:

- Perhesaunat
- Hotellien huonekohtaiset saunat
- Talosaunat
- Yleisösaunat
- Vierassaunat
- Koottavat valmiit saunahuoneet

#### Perhesaunat

Perhesaunan lämmitettävän tilan koko vaihtelee yleisimmin 5-9 m<sup>3</sup> välillä. Useimmiten omakotitaloissa sijaitsevat saunat ovat kooltaan hieman suurempia kuin kerros- ja rivitalojen vastaavat. Saunojia käy 1-3 ryhmää per lämmitys.

#### Hotellien huonekohtaiset saunat

Nämä saunat ovat hyvin paljon samantyyppiset ja vastaavassa käytössä kuin perhesaunatkin.

#### Talosaunat

Talosaunat ovat yleisimmin kerros- ja rivitaloissa sijaitsevia yhteissaunoja. Niiden koko vaihtelee yleisimmin 8-12 m<sup>3</sup>. Saunojien määrä on huomattavasti suurempi kuin em. saunoissa ja samalla lämmityskerralla saunomisryhmiä on huomattavasti enemmän.

Pesutilojen kokoon olisikin syytä kiinnittää huomiota suurissa kerros- ja rivitaloyhtiöissä. Niissä onkin suositeltavaa rakentaa useampia pesu- ja pukeutumishuoneita, jolloin saunavuorojen vaihtuminen on sujuvaa ja saunavuorojen ajoista ei muodostu epämiellyttäviä.

### Yleisösaunat

Yleisösaunojen koko vaihtelee suuresti, esimerkiksi uimahalleissa ja muissa vastaavissa paikoissa ne ovat sangen suuria. Saunojien lukumäärä saattaa olla kymmeniä ja ne saattavat olla lämmitettynä jopa yli 12 tuntia päivässä. Yleisösaunojen kiukaiden valinta onkin täten hankalaa, mutta hyvin tärkeää. Kiuaskivien määrän tulee myöskin olla vastaavissa tiloissa suuri, jolloin pystytään takaamaan löylyjen riittävyys käytön huippuaikanakin.

### Vierassaunat

Vierassaunojen käyttö saattaa olla vaihtelevaa ja niiden koko vaihtelee alle 10 m<sup>3</sup> tilasta useisiin kymmeneen kuutiometriin. Niitä käytetään useimmiten seurusteluun ja neuvottelupaikkana. Ne voidaan kytkeä lämpenemään jopa useita tunteja ennen saunomisajankohtaa. Käyttötarkoituksesta johtuen kiuas sijoitetaan tilan keskelle ja tilaa ympäröi lauteet, näin vältetään tilanteelta, jossa kukaan ei joudu kulmaan muista eristyksiin istumaan.

## Koottavat valmiit saunahuoneet

Koottavat saunat ovat yleensä sangen pieniä alle 5 m<sup>3</sup> kokoisia, vaikka suurempiakin saunoja markkinoilta varmasti löytyy. Ne kootaan useimmiten muutamasta valmiista elementistä. Koottava sauna sijoitetaan pesutilojen yhteyteen.

Pienimmät valmissaunat ovat yleensä tarkastuslaitoksella kiukaineen. Niissä myös hyväksytään kiukaalle pistotulppaliitettä ja pistorasiat tulee sijoitukseltaan ja asennukseltaan täyttää standardien vaatimukset sekä pistorasiaa ei saa asentaa saunan puolelle.

## 9.2 Sähkökiuastyypit

Kiuastyyppejä ja malleja voidaan jaotella monella eri tavalla esimerkiksi tehon, käyttötarpeen ja rakenteen mukaan, tässä tapauksessa nämä kuitenkin jaotellaan ohjaustavan mukaisesti, jolloin myös kiukaan valinta helpottuu:

- Ohjaus- ja säätölaitteet kiukaassa
- Erillinen ohjauskeskus
- Kauko-ohjattava
- Huonelämmittimenä toimivat
- Jatkuvasti löylyvalmiina pidettävät
- Kahdella termostaatilla ohjatut
- Automaattisesti tehoa muuttava kiuas

### Ohjaus- ja säätölaitteet kiukaassa

Yleisin ryhmä, jonka etuja ovat edullisuus ja asennuksen helppous. Tällaisen kiukaan teho on yleensä alle 10 kW ja ohjaus- ja säätölaitteet sijaitsevat kiukaassa. Termostaatti ja lämpötilanrajoittimet sijaitsevat myös kiukaassa tai sijoitetaan

löylyhuoneen seinälle; jossa tuntoelimet pystyvät tarkkailemaan paremmin lämpötilaa.

Määräysten mukaan ohjaus- ja säätölaitteiden tulee sijaita sellaisessa paikassa, jossa ne ovat helposti säädettävissä. Kiukaaseen integroidut säätimet sijaitsevat yleensä sillä puolella, jossa on tilaa. Usein nämä laitteet voidaan asentaa erilliseen roiskeveesisuojattuun ohjausyksikköön pesu- tai saunahuoneen seinälle.

Tästä ryhmästä löytyy laajin valikoima erilaisia kiuasmalleja. Ne eroavat toisistaan lähinnä kivitilaan koossa, muotoilussa sekä säätimien asettelussa. Kiukaan asennuspaikka vaihtelee lattialla seisovasta ja seinään asennettavaan sekä seinään asennettavaan tasokiukaaseen, jossa löylyvesi heitetään suoraan kiviseen seinäpintaan.

#### Erillinen ohjauskeskus

Tässä ryhmässä ohjauslaitteita ei ole sijoitettu itse kiukaaseen, vaan erilliseen ohjauskeskukseen. Yleisimmin ohjauskeskukset ovat kuiviin tiloihin asennettavia, jotka ovat kosketussuojattuja, esimerkiksi pukeutumistiloihin asennettavia. Tällaista ohjauslaitetta ei saa asentaa saunaan, ellei sitä ole hyväksytty kiukaaseen kuuluvaksi osaksi.

Tällaiset ohjauskeskukset soveltuvat kaiken tehoisiin kiukaisiin. Yli 10 kW tehoisiin kiukaisiin käytetään erillistä ohjauskeskusta. 25 A:n virtaan eli 15 kW kiukaisiin asti tällaiset ohjauskeskukset voivat olla yksitehoryhmäisiä. Yli 15 kW:n kiukaat ovat 2-4 tehoryhmäisiä, joissa jokaiselle ryhmälle on oma kontaktori ja ryhmävaroke.

## Automaattiset ja kauko-ohjattavat keskuksat

Automaattisia ja kauko-ohjattavia keskuksia voidaan käyttää sellaisissa saunoissa, joissa on säännölliset saunavuorot esimerkiksi talosaunat ja yleisösaunat.

Standardien ja määräysten mukaan tällaisten saunojen päällä olo tulee rajoittaa enintään 12 tuntiin ja sen uudelleenkytkentä saa tapahtua aikaisintaan 6 tunnin kuluttua. Kytkentäaika (12 h) voidaan pidentää sekä poiskytkentäaika (6 h) lyhentää käsiohjauksella. Tämä säännös ei kuitenkaan koske jatkuvassa valvonnassa olevia saunoja, esimerkiksi uimahalleja.

Tavallisessa kauko-ohjattavassa keskuksessa on rajoitinkello, joka käynnistyy, kun kauko-ohjauspiiri suljetaan vaikkapa viikkokellolla. Vetoajan (esim. 20 min) kuluttua ohjausvirta kytkeytyy ja sauna alkaa lämmitä. Ohjausvirta on kytkettynä niin kauan kuin kauko-ohjaus on kiinni, rajoitin kello sammuttaa kiukaan kytkentäajan kuluttua eikä käynnisty seuraavan 6 tunnin aikana kuin käsiohjauksella.

Ohjauskeskuksia, joissa rajoitinkellon aika on jaettu kahteen tai useampaan osaan on saatavilla esimerkiksi hotellien yleisösaunoihin ja vuorotyöpaikoille. Näin kiukaan päälläoloaika voidaan rajata vaikkapa kahteen eri periodiin esimerkiksi aamusauna 5-10 välillä, jonka jälkeen 6 tunnin tauko ja iltaja- ja iltapäiväsaunat 16-23. Tällaisissa ei pelkkä viikkokello riitä, vaan tulee käyttää myös hyväksytyä lämmitysaikaa rajoittavaa kytkinlaitteistoa. Kuitenkin jokaisessa eri tapauksessa tulee huomioida, että yhteenlaskettu kytkentäaika ei saa ylittää 12 tuntia sekä vuorokaudessa tulee olla ainakin yksi 6 tunnin mittainen poiskytkentäjakso.

## Huoneen lämmittimenä toimivat kiukaat

Kiukaat joilla voidaan lämmittää myös huonetiloja toimivat kahdella eri teholla: nimellisteholla, jolloin kiuas toimii normaalisti ja huoneen lämmitysteho, joka on toiminnassa saunan ollessa poissa päältä. Sen teho on alle 5 % kiukaan nimellistehosta, mutta yleisimmin teho on jonkin verran suurempi, joten sen teho



riittää pitämään myös pesuhuoneen lämpimänä. Saunan ja pesuhuoneen lämmitykseen tarvittava teho on noin 25-35 W/m<sup>3</sup>.

Tällaiset kiukaat sisältävät normaalin saunatermostaatin lisäksi myös huoneenlämpötermostaatin, joka pitää saunahuoneen lämpötilan esim. 20 °C saunomisten välissä. Ohjauslaitteet voivat sijaita joko kiukaassa tai erillisessä ohjauskeskuksessa ja ne sisältävät kytkinlaitteen, jolla lämmitys voidaan kytkeä pois päältä esimerkiksi kesän ajaksi.

Jatkuvasti löylyvalmiina pidettävät kiukaat

Löylyvalmiiden kiukaiden toiminta perustuu siihen, että sen kiviin varastoidaan valmiiksi saunan lämmittämiseen tarvittava lämpöenergiämäärä. ”Hetivalmis” kiukaat ovat erityisen hyvin eristettyjä ja ne on varustettu tiiviillä kannella, jolloin lämpö ei pääse karkuun ennen aikojaan. Suuremman kiuastehon (4-6 kW) lisäksi niistä löytyy toinen pienemmällä teholla toimiva vastus, joiden teho on 0,1-0,4 kW, näitä pienempiä tehoja voidaan kutsua ns. muhimistehoiksi. ”Muhimistehoksi” tuleekin valita teho, jolla kiuas säilyy sopivasti löylykelpoisena. Suurempi tehoisia kiukaita tulee ohjata normaalikiukaan tapaan aikakytkimellä.

Löylyvalmiin kiukaan mitoitus voidaan suuntaa-antavasti mitoittaa siten, että 100 kg kivimäärän lämmittämiseen noin 3 m<sup>3</sup> saunatilassa tarvitaan 0,1 kW, 6 m<sup>3</sup>:in lämmitys vaatii 0,2 kW, noin 10 m<sup>3</sup> tarvitsee 0,3 kW ja 0,4 kW teho riittää aina 14 m<sup>3</sup> asti. Jos kuitenkin saunominen tapahtuu usein peräkkäisinä päivinä, tulisi valita vähintään 0,3 kW tehoinen kiuas, jolloin kiuas ehtii lämmitä seuraavaksi kerraksi. Suurempi muhimisteho ei lisää energiakulutusta, jos siihen on asennettu termostaatti, joka katkaisee lämmittämisen, kun kivet ovat saavuttaneet oikean lämpötilan. Huomattavaa on mitoittaessa tällaista kiuasta, että 0,3 kW tehoinen kiuas lämmittää 100 kg kivimäärää noin 20 tuntia saavuttaakseen edes 150 °C lämpötilan.

Normaalisti saunassa tämän ryhmän kiuas otetaan käyttöön siten, että ennen saunomista avataan kiukaan kansi ja ilmanvirtausluukku. Tarvittaessa kiuas voidaan kytkeä lyhyeksi ajaksi täydelle teholle ennen saunomista, joka on suositeltavaa etenkin isommissa saunoissa (yli 9 m<sup>3</sup>) sekä suuremmissa ryhmissä saunottaessa.

Tällaisen kiukaan lämmittäminen on edullista eristyksensä johdosta yösähköllä, jolloin sähkö on halvempaa. Yösähköllä lämmittävän vastuksen tulee kuitenkin olla riittävän suuri, jolloin se ehtii saavuttamaan 4-6 tunnissa termostaatin katkaisulämpötilan esimerkiksi 350 °C. Sopiva teho 100 kg kivimäärälle olisikin 1,2-2 kW. Vastaavan kiukaan kivien lämpötila illalla klo 19 aikaan kivien lämpötila olisi vielä yli 200 °C, joka on vielä löylylämpötila (minimissään 150 °C). Tämä tarkoittaa sitä, että saunaa ei tarvitse esilämmittää ja kiuasteho kytketään myöhemmin noin 5-15 minuuttia ennen saunomisajankohtaa.

Kiukaille tulee kuitenkin olla hyväksytyt ohjauslaitteet (esimerkiksi viikkokello tai verkkokäsky-laite), koska sähköyhtiöiden yösähkön ohjaus ei täytä kiukaille asetettuja vaatimuksia, koskien automatiikkaa ja kauko-ohjausta. Esimerkiksi vapaa-ajan asunnoissa voidaan kiukaan lämmitys kytkeä päälle samaan aikaan muun lämmityksen kanssa esim. puhelinohjauksella.

Joissakin kohteissa saatetaan joutua käyttämään suurempaa syöttöjohdinta, kun kiukaita asennetaan useita kymmeniä samaan kohteeseen. Tällaiselta voidaan välttyä käyttämällä em. kiuasryhmää, joihin voidaan varata 3,5-5 kWh heti purettavaa energiaa. Nyrkkisääntönä voidaankin ajatella, että yhden normaalikiukaan tilalle voitaisiin asentaa 4-5 tämän ryhmän kiuasta.

Tämän ryhmän kiukaat ovat omiaan perheille, joissa saunotaan usein eri aikoina. Aamulla saunomista harrastaville tällainen kiuas on ehdoton. Usein saunomista harrastaville, tulee tämän ryhmän kiuas sitä edullisemmaksi mitä useammin saunotaan, kun verrataan tavallisiin kiukaisiin.

## Kahdella termostaatilla ohjatut kiukaat

Tämän ryhmän kiukaat soveltuvat saunoihin, joissa lämmön ja löylyn tarve vaihtelee, esimerkiksi yleisösaunoihin. Tämän ryhmän kiukaat ovat myös omiaan saunoihin, joissa halutaan matalampaa lämpötilaa ja kosteampia löylyjä. Näissä kiukaissa saunahuoneen lämpötilan alentaminen ei vaikuta kivien lämpötilaan.

Tämän tyyppin kiukailla on kaksi vastusryhmää, joista toinen lämmittää saunahuoneen ilmaa ja toinen ryhmä on kivien alla kiukaassa. Ilman lämpötilaa säätävä termostaatti voi olla kiukaassa tai seinällä, mutta se toimii huomattavasti tarkemmin, jos se sijaitsee seinällä, kiuasta säätävä termostaatti puolestaan sijaitsee aina kiukaassa itsessään. Tämän tyyppin kiukaita ei valmisteta pienitehoisina (alle 12 kW), koska ei ole tarkoituksenmukaista jakaa pientä tehoa kahteen erikseen toimivaan ryhmään.

## Automaattisesti tehoa muuttavat kiukaat

Kuten em. kiuastyypissä, niin tässäkin on vastukset jaoteltu kahteen eri tilaan. Erona kuitenkin on vastusten jaottelu useampiin tehoryhmiin. Tehon ohjauksessa on automatiikka, joka pitää kerralla kytkettynä liitântätehoa vastaavan tehomäärän, vaikka kiukaan kokonaisteho olisikin suurempi.

Lämmitystehot toimivat automatisoidusti siten, että kun kivet lämpeävät ilman lämmitysteho pienenee siihen asti kunnes kivet ovat lämmenneet, jolloin ilmaa lämmittävä teho kasvaa maksimiin. Ilman lämmentyä katkaisee ilmatermostaatti ilman lämmityksen ja kivien lämmitykseen jää pieni teho pitämään niitä täydessä lämpötilassa.

Tällaisella ratkaisulla eli kiukaalla ja automatiikalla voidaan liitântäteho laskea nimellistehoa pienemmäksi. Esimerkiksi 20 kW kiukaan liitântäteho on 15 kW, jolloin sulakekoko on 25 A ja 15 kW:n nimellistehon omaavan kiukaan liitântäteho on alle 10 kW ja sulake 16 A.

Tämän tyyppin kiukaita voidaan suuriin saunoihin asentaa kaksi tai useampia. Kiukaat toimivat automaattisesti siten, että se kiuas johon heitetään enemmän löylyvettä, niin se lämmittää enemmän kiviä ja toinen ilmaa.

Ilman lämmitykselle voidaan asentaa erillinen kytkin, jota ohjaa esimerkiksi liiketunnistin tai lyhytaikainen aikakytkin, koska ilman ja kivien lämmitystä ohjataan toisistaan riippumatta. Tällaisella kytkimellä voidaan ilmanlämmitys kytkeä pois päältä, jos saunoja on vähän. Näin ollen voidaan kiuas mitoittaa suurimman henkilömäärän mukaan eikä silti kuumene liiaksi hiljaisena aikana.

### 9.3 Kiukaan valinta

Kiuasta valittaessa tulee ottaa huomioon lukuisia eri tekijöitä, joista tärkeimmät ovat:

- Käyttötapa
- Asennuskohde
- Liitântäteho
- Ohjauslaitteet
- Sähköturvallisuusmääräykset

#### Käyttötapa

Saunojen käyttötapoja on loputtomasti, jotkut käyttävät päivittäin, kun taas toisaalla saatetaan käyttää jopa kerran kuukaudessa tai harvemmin. Voidaan kuitenkin yleistää käyttötavat muutamiin kohtiin, joissa annetut suositukset eivät ole pakollisia, vaan ehdotuksia, joilla suunnittelu ja mitoitus on toimivaa.

### Normaali perheikäyttö

Normaalilla perheikäytöllä tarkoitetaan 1-3 kertaa viikossa tapahtuvaa saunomista, eikä siihen varsinaisesti sisälly erityisiä vaatimuksia.

Tällaiseen käyttötarkoitukseen sopiva ratkaisu olisi seinälle kiinnitettävä kiuas, jossa olisi integroidut ohjauslaitteet tai erillinen ohjauskeskus.

### Vaativa perheikäyttö

Vaativassa perheikäytössä tapahtuu yli kolme saunomiskertaa viikossa.

Suosittelavaa olisikin tämän tyyppiseen tarkoitukseen jatkuvasti löylyvalmiina oleva kiuas. Tässä tapauksessa kiukaan kivet olisikin syytä pitää jatkuvasti lämmityksessä, jolloin erillistä kiukaan esilämmitystä ei tarvita, vaan sauna olisi välittömästi käyttövalmiina.

Jos kiinteistössä on sähkölämmitys rakennuksen päälämmityksenä, olisikin varsin edullista varata tämän tyyppin kiukaat yösähköllä, jolloin vastuksen koon tulisi olla normaalia suurempi, jotta se ehtisi lämmittää kiukaan riittävän lämpimäksi 4-6 tunnissa.

### Hotellien, loma-asuntojen, yms. huoneistokohtaiset saunat

Edellä mainitut kiuasmallit sopivat mainiosti tämän tapaiseen käyttöön. Huomattavaa onkin, että aikakytkin, jolla saunojen lämmitystä ohjataan, tulisi olla sangen lyhyt kytkentäaika (esim. 2 tuntia).

### Talosaunat ja pienet yleisö- ja vierassaunat

Tämän tapaisella käyttötarkoituksella tulisi kiukaan olla aikaisemmin mainittuja tehokkaampi sekä kivien määrän suurempi. Tämän tyyppin kiukaiden tulisi olla lattialla seisovaa mallia ja ne tulisi olla varustettu erillisellä ohjauskeskuksella, jotka ovat yleensä automaattisia tai kauko-ohjattuja.

#### Isot yleisö- ja vierassaunat

Kuten edellä myös isot yleisö- ja vierassaunat tarvitsevat suuremman kivimäärän. Tässä tapauksessa myös kiukaan mitoittaminen on normaalia hankalampaa, mikä johtuu epätasaisesti kuormituksesta eli saunojien määrän suuresta vaihtelusta. Tällainen ongelma on korjattavissa kahdella termostaatilla ohjatulla kiukaalla, koska niiden kivimäärä on suuri eikä sen käytössä kivien lämpötilaan vaikuta saunahuoneen lämpötila.

#### Saunat ilman muita lämmitysmuotoja

Tässä tapauksessa suositellaankin käytettävän kiuasta, jolla voidaan lämmittää sekä huoneilmaa että kiviä. Tällainen kiuas pitää saunahuoneen sekä pesuhuoneen lämpimänä. Huomioida kannattaa myös jatkuvasti löylyvalmiit kiukaat, jotka toimivat myös huoneen lämmittiminä.

#### Asennuskohde

Asennusohjeissa mainittuja suojaustapoja ja –etäisyyksiä tulee noudattaa eikä niissä ilmoitettujen suojaetäisyyksien minimi mitoitusrajaa saa alittaa missään olosuhteissa. Huomioitavaa on myös seinän syvennykseen asennettavien kiukaiden mitoitus.

#### Liitântäteho

Sähkölämmitteisissä talouksissa ei useimmiten ole rajoituksia liitântäteholle, koska kiuasteho kytketään vuorottelemaan vastaavan lämmitystehon kanssa. Muita lämmitystapoja käytettäessä saattaa kiukaan liitântäteho olla suurempi kuin muiden laitteiden yhteensä. Sellaisissa tapauksissa kun samaan kiinteistöön

asennetaan useampia kiukaita/saunoja, tulisi tarkastaa suurentuvatko pääsulakkeet tämän johdosta.

Kerrostaloon asennettaessa jälkikäteen saunaa, tulee siitä hyvin usein varsin pienikokoinen (noin 3-5 m<sup>3</sup>). Mikäli saunaa olla asentamassa samassa taloyhtiössä useampaan asuntoon, olisikin järkevää valita pienitehoinen kiuas, jolloin saatetaan välttyä kalliilta syöttöjohdon uusimiselta.

Suurissa saunoissa, kuten suurissa yleisö- tai vierassaunoissa liitântätehoa pienentää niissä käytettävät ohjatut automaattisesti tehoa muuttavat kiukaat.

Ilmanvaihdolla on myöskin huomattava merkitys liitântätehoon, jolla voidaan pienentää tehon tarvetta. Ilmanvaihdon merkitystä tehon tarpeeseen sekä saunomisen laatuun käsitellään tarkemmin myöhemmin.

#### Ohjauslaitteet

Ohjauslaitteet tulee valita tarkkaan käyttötarkoituksen mukaan. Kiukaiden ohjauslaitteista käsitellään tarkemmin kappaleessa ”Sähkökiuastyypit”.

#### Standardit ja määräykset

Tässä käsitellään yleisesti saunan mitoitukseen liittyviä standardeja. Saunaan ja lämmitykseen liittyvistä sähköalan turvallisuusstandardeista käsitellään tarkemmin Standardit ja määräykset osiossa.

#### Kiukaan sijoitus

Kiukaan sijoituksessa tulee huomioida ohjeistuksen sekä standardien ja määräysten esittämät seuraavat vaatimukset:

- lyhin pystysuora etäisyys kiukaan yläosan ja saunan katon välillä

- lyhin pystysuora etäisyys kiukaan pohjan ja saunan lattian välillä, ellei etäisyyttä ole määritetty kiukaan rakenteella
- lyhin vaakasuora etäisyys kiukaan ja minkä tahansa palavan rakennusmateriaalin välillä, mukaan lukien suojakaiteet, ellei etäisyyttä ole määrätty kiukaan rakenteella
- syvennyksen suurin syvyys ja pienin leveys kiukaissa, jotka on tarkoitettu asennettaviksi seinäsyvennykseen.

Kiukaan mukana toimitetaan sitä hankittaessa normaalin käyttöohjeen mukana lisäohjeet, jossa määritellään ja opastetaan kiukaan sijoitus saunaan etäisyyksineen ja paloturvallisuus ohjeistuksineen, joiden minimi mittoja ei saa alittaa missään tapauksessa.

Kiukaan sijaintia suunniteltaessa ja asentaessa tulee kiinnittää huomiota ohjauksen sijaintiin, koska sen tulee sijaita paikassa, jossa niiden luokse on helppo päästä.

Kiukaan asennus

Kiukaan liittämässä sähköverkkoon tulee noudattaa yleisiä sähköasennusstandardeja sekä erityisesti kiukaan mukana toimitettavaa asennusohjeita. Tästä asennusohjeesta on selvittävä seuraavat kohdat:

- saunan pienin ja suurin tilavuus ( $m^3$ ), johon kiuas on tarkoitettu asennettavaksi
- saunan pienin korkeus
- viereisen kiukaan asennus tai ilmoitus, että tätä kiuasta on käytettävä yksinään
- kiukaan oikealle käytölle tarpeelliset ohjaus- ja suojalaitteet sekä näiden laitteiden oikea asennus ja paikka saunassa
- erillisen ohjauskeskuksen asennus sisältäen ilmoituksen, että tämä ohjauskeskus asennettava saunan ulkopuolelle
- kiukaan syöttöön käytettävä kaapelityyppi
- kivitilan täyttämishoje ja muut varotoimenpiteet, jotka on otettava huomioon kiuasta käytettäessä



- toimenpiteet saunan ilmastoinnin järjestämiseksi
- rakennusmateriaalit, joita on käytettävä saunan seinissä ja katossa
- suunnitelmat erilliselle suojakaiteelle tarvittaessa.

Kiuas asennetaan yleensä sähköverkkoon puolikiinteästi. Liitosjohtojen tulee olla kumivaippaisia, eikä saa olla laadultaan kevytrakenteisempaa kuin taipuisa, öljynkestävä kumikaapeli. Verkkoliitäläjohtodon pienin poikkipinta-ala tulee ilmetä asennusohjeesta. Muiden johtimien poikkipinnat määrättyvät etusulakkeiden ja sähköalanmääräysten mukaan.

Saunan seinällä kulkevan johtimen tulee kestää 180 °C. Kiukaan liitosjohtodon kytkentärasia sijoitetaan saunan seinälle. Muilla alueilla tulee 125 °C lämmön kestävää rasiaa sekä 170 °C lämpötilan kestävää johdinta.

#### 9.4 Saunan tehon tarve

Saunan tehon tarpeen mitoituksessa tulee huomioida kivien määrä, rakenne sekä ilmanvaihto. Karkean mitoitussäännön mukaan 1 kW kiuastehoa tarvitaan jokaista saunan tilavuuskuutiota kohden.

##### Kivet

Normaalissa kiukaassa kiviä on noin 20-30 kg ja jokainen 10 kg lisäys nostaa kiukaan tehon tarvetta 1 kW:lla.

##### Seinät ja katot

Jokainen eristämätön (laatta, kivi, betoni, yms.) m<sup>2</sup> seinäpinta-alaa lisää kiukaan tehon tarvetta n. 1 kW sekä eristämätön hirsiseinä-m<sup>2</sup> lisää n. 0,5 kW. Katosta eristämättömät pinnat vaikuttavat 1,5-2 -kertaisesti seiniin verrattuna.

## Ilmanvaihto

Ilmanvaihto ei lisää saunan tehon tarvetta siinä tapauksessa, että poistoilma otetaan lattian rajasta. Poistoilman lämpötila on keskeinen asia, koska jo 50 °C lämpötilan nousu suurentaa ilmanvaihdon häviöt jopa kymmenkertaisiksi. Jokainen saunottaessa poistettu m<sup>3</sup> ilmaa sisältää 60-80 Wh energiaa, joka on pääasiallisesti sitoutunut lämpimän ilman kuljettamaan vesimäärään.

Yksi yleisimmistä väärinkäsityksistä on, että löylyjen laatu on riippuvainen lämmitystavasta. Puulämmitys mielletään yleensä löylyjen laadulta paremmaksi ja sähköllä lämmitetty sauna huonommaksi. Todellisuudessa näiden kahden lämmitysmuodon välillä ei ole mitään eroa, vaan syy löytyy ilmanvaihdosta. Valitettavan usein poistoilmaventtiili on sähkösaunassa asennettu kattoon, kun puukiuas puolestaan poistaa ilmaa alhaalta palamisilmana tulipesän kautta hormiin.

## 9.5 Saunahuone

Saunahuoneen rakenne ei varsinaisesti sisälly sähkösuunnitteluun eikä sisälly sähköasennukseen. Käytännössä kiukaan valinta ja soveltuvuus ko. saunatilaan tapahtuu sähköalan ihmisten puolesta. Useimmiten myös mahdollisista vikatilanteista katseet kohdistuvat ensimmäiseksi sähköosastoon, vaikka yleensä syy häiriöön tai vikaan löytyy muualta. Yleisimmät virheet saunatiloissa ovat.

- Rakenteet
- Ilmastointi
- Saunan korkeus
- Lämpötila

## Rakenne

Saunahuoneen tulee olla lämpöeristettyjä, etenkin katon tulee olla hyvin eristetty. Eristyksen rakenne järjestyksessä on yleensä seuraava:

1. eristysmateriaali (esim. mineraalivilla tai polyuretaani)
2. kosteussulku
3. alumiinifolio
4. sisävuoraus (esim. paneeli)

Tällaisen pinnan lämmittämiseen noin 40 °C lämpötilaan vaaditaan noin 130 Wh energiaa. Vastaavan hirsiseinän lämmittämiseen vaaditaan kolminkertaisesti energiaa ja kiviseinän lämmitykseen jopa kuusinkertainen määrä. Katon lämmöntarve on puolestaan 1,5-2 kertaa suurempi. Koska lasi johtaa hyvin lämpöä ja suuren massansa johdosta myös lasitiiliseinän lämpökapasiteetti on suuri.

Saunan seiniä paneloitaessa on huomattava, jos jätetään ilmarako, niin katonrajaan tulevaa kuumaa kosteaa ilmaa ei tule päästää paneelin taakse. Tämä voidaan varmistaa asentamalla seinä- ja kattopaneelien liitoskohta tiiviisti kiinni, joten katorajaan onkin suositeltavaa asentaa (esim. 15 mm x 15 mm) kokoinen lista. Tällaisella toiminnalla estetään tulevaisuudessa mahdollisen homeen muodostuminen paneelien taakse.

Saunahuoneen ikkunoiden tulisi olla kolmilasiset tai ns. lämpölasia.

## Ilmastointi

Yleisin virhe on poistoilmaventtiilin väärin sijoittaminen. Asennettaessa poistoilmaventtiili kattoon tai saunan yläosaan, menee osa löylyistä ns. harakoille. Tätä kautta poistuu korkea lämpöistä ilmaa ja koska ilman vedenpitokyky kasvaa lämpötilan noustessa. Jos ilman suhteellinen kosteus on 30 %, on yhden ilmakuutiometrin sisältämä vesimäärä eri lämpötiloissa: 20 °C noin 5 g/m<sup>3</sup>, 60 °C

noin  $39 \text{ g/m}^3$  ja  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  noin  $177 \text{ g/m}^3$ . Vesihöyry sisältää energiaa  $800 \text{ Wh/kg}$ , tämä huomioiden voidaan energiaa säästää  $60\text{-}70 \text{ Wh/poistoilma-m}^3$ , jos poistoilma otetaan lattia-rajasta katon sijaan.

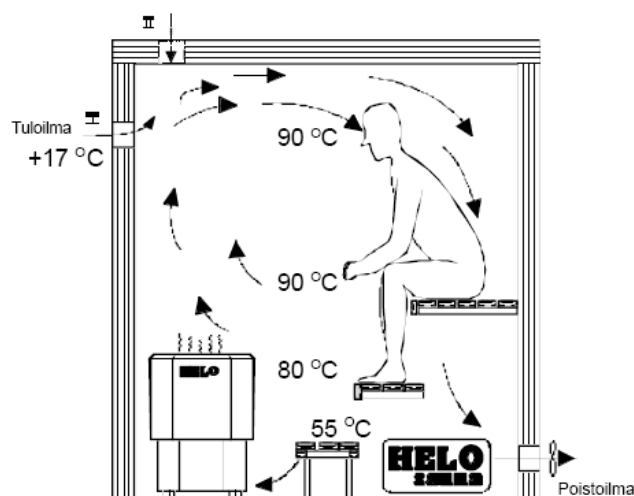
Saunoissa on usein hyvin suuri lämpötilaero johtuen siitä, että raitisilma tuodaan saunan alaosaan esimerkiksi kiukaan alle. Lämpötilaerot tasoittuvat, kun raitisilma tuodaan saunaan sen yläosasta ja suunnataan se kiukaasta nousevaan ilmavirtaan. Tässä nopeasti nousevassa ilmavirrassa on ”imua” jopa niin paljon, että kiukaan alle tuotava ilma kiertää lauteiden kautta tähän imuun kiukaan päälle.

Sähkösaunan oikeaoppinen ilmanvaihto toimii, kun otetaan koneellisesti poistoilma saunan oven alta pesuhuoneen kautta. Isoihin vierassaunoihin ja yleisösaunoihin asennetaan jalkatilan alapuolelle saunan puolelle poistoilmaventtiili, jolloin poistoilma kulkee myös saunan oven alta pesuhuoneen kautta.

Ilmanvaihdon tulee myös olla säädettävissä, sillä talvella ilma on kuivempaa ja sillä on kuivaava vaikutus. Kylmän ilman lämmittäminen ei myöskään ole järkevää. Lämpimänä kesäpäivänä ilman tulisi vaihtua 5-6 kertaa, kun taas talvella sen ei tarvitse vaihtua kuin kerran.

Kuva 38.

#### Lämpötilan jakauma, kun ilmanvaihto on oikein.



(Helo Oy)

## Saunahuoneen korkeus

Yleinen virhe tapahtuu saunan korkeuden mitoituksessa. Saunat rakennetaan liian korkeiksi ja jotta välttyttäisiin monilta askelmilta, niin lauteiden istumaosa tehdään liian alas. Oikea laudekorkeus asennuskohteesta riippuen tulisi olla 100-120 cm. Huomioitavaa onkin, että turha korkea sauna aiheuttaa myös turhaa energiankulutusta. Liian matalaa saunaakaan ei sovi rakentaa, standardien ja määräysten mukaan saunahuoneen korkeus tulisi olla vähintään 190 cm. Uusien sähkökiukaiden mukana toimitetaan asennusohje, josta ilmenee minimietäisyys kiukaan yläosasta kattoon. Asennusohjeen ilmoittama saunan minimikorkeus voi olla yli 190 cm, eikä minimimittoja saa missään tapauksessa alittaa.

## Lämpötila

Miellyttävän saunan ilman lämpötila ei saisi ylittää 70 °C, koska sitä suuremmissa lämpötiloissa ilma alkaa olla jo liian kuivaa hengitettäväksi. Suositeltava saunailman lämpötila ei saisi olla yli 65 °C, tällä saavutetaan vähintään 40 % ilman kosteus eikä hengitettävän ilman kosteusprosentti saisi olla alittaa suuresti 40 %. Absoluuttinen vesimäärä hengitysilmassa ei saisi kovin paljon ylittää 0,05 g/litra ilmaa. 70 °C:n ilmassa on 40 %:n kosteudella vettä, 0,078 g/litra ilmaa. Tällaista ilmaa hengitettäessä hengityselimiin tiivistyy vettä, josta aiheutuu epämiellyttävä tunne. Tätä luullaan yleisesti hapen puutteeksi, mutta todellisuudessa se johtuu ko. keuhkoihin tiivistyneestä vedestä, josta vapautuu tiivistyessään suuri määrä energiaa. Saunailman lämpötilan ollessa noin 65 °C voidaan saunomisesta nauttia pitkään eikä saunominen ole väkinäistä. Nyrkkisääntönä voidaankin pitää laskelmaa: ilman kosteus + suhteellinen kosteus = maksimissaan luku 110.

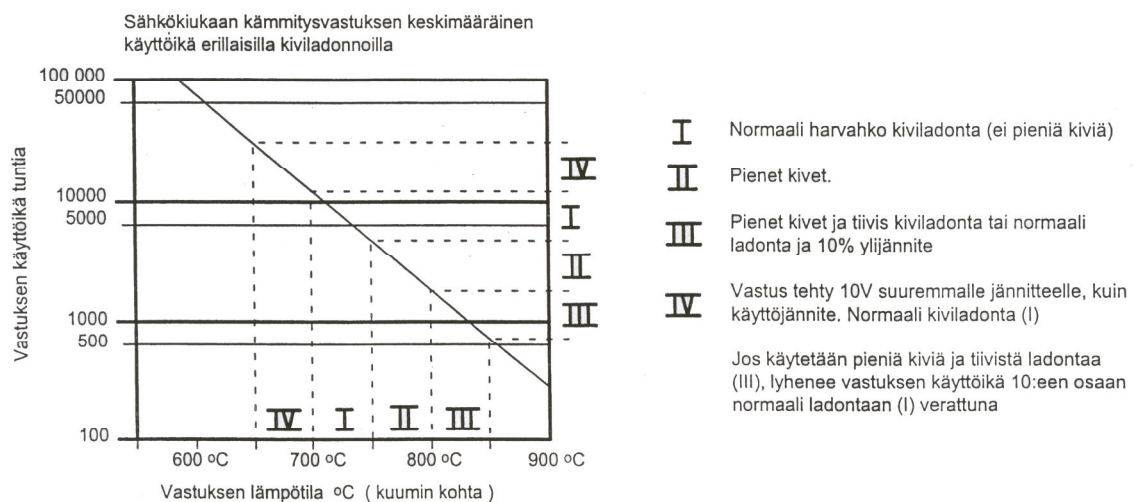
## 9.6 Kivet ja lämmitysvastukset

Sähkökiukaissa käytettävien kivien tulee olla riittävän suuria, jotta ilma kulkisi paremmin kivien välissä. Näin saadaan hyvä ja tasainen jäähtytys lämmitysvastukselle. Kivillä ei tule myöskään kiilata vastuksia yhteen. Ei myöskään tule käyttää pieniä kiviä pinnalla pinnan tasaamiseksi, koska se tukkii ilmankiertoa, joka on oleellisen tärkeää.

Kivet tulee myös pestä ennen paikalleen laittoa, näin saadaan irtosora ja pöly huuhdeltua kivien pinnalta. Myös huonolaatuiset kivet tulee erotella pois.

Kivinä voidaan käyttää monia kivilatuja, mutta esimerkiksi vuolukiviä ei suositella käytettäväksi, ei ainakaan siten, että ne koskettavat vastuksia, koska vuolukivien on todettu heikentävän vastusten elinikää. Samaan kategoriaan vuolukivien kanssa kuuluvat myös keraamiset kivet, jotka nostavat lämmitysvastusten lämpötilaa ja näin ollen heikentävät vastusten käyttöikää. Keraamiset kivet eivät sovellu varaaviin eli jatkuvasti löylyvalmiisiin kiukaisiin, koska niiden lämmönvarauskyky on heikko.

Kuva 39.



(Sähköinfo Oy, 2005)

(Sähköinfo Oy 2005, 107-125)

## 10. AJONEUVOJEN MOOTTORIN KYLMÄKÄYTTÖ JA ESILÄMMITYS

Ajoneuvojen kylmäkäynnistykset ja kylmänä ajo muodostuvat erittäin suuriksi pakokaasupäästöjä ja polttoaineenkulutusta lisääviksi tekijöiksi. VTT:n Tie-, geo- ja liikennetekniikan laboratorion tutkimuksen mukaan Suomessa tehdään talviaikana noin 6 miljoonaa käynnistystä päivässä eli hieman alle 4 käynnistystä jokaista autoa kohden ja lähes miljoona litraa polttoainetta kuluu hukkaan.

Jokainen kylmäkäynnistys kuluttaa moottoria ja lisää polttoaineenkulutusta. Kylmänä käynnistetty auto kuluttaa moottoria saman verran kuin matka Helsingistä Rovaniemelle. Kylmäkäynnistys lisää myös polttoaineenkulutusta 0,15-0,3 litraa kylmäkäynnistystä kohden riippuen automallista. 3-4 kertaa päivässä suoritettu kylmäkäynnistys kuluttaa viikossa useita litroja polttoainetta. Talvikauden aikana kylmäkäynnistettynä ajoneuvo kuluttaa keskimäärin noin 80 litraa bensiiniä turhaan ja synnyttää yli 230 kg kasvihuoneilmiötä kiihdyttäviä hiilidioksidipäästöjä (CO<sub>2</sub>) sekä moottorien tuottamat häkäpäästöt kasvavat jopa viisinkertaisiksi.

### Pakokaasupäästöt kylmäkäynnistyksessä

Käynnistyessään bensiinikäyttöinen polttomoottori tarvitsee normaalia rikkaampaa polttoainetta ja ilman seosta. Rikastuksen tarvetta voidaan vähentää moottorin esilämmittämällä ja tällöin myös päästöt vähenevät.

Kylmäkäytön merkitys kasvaa autoissa joissa on katalysaattori. Katalysaattori vähentää päästöjä, jotka syntyvät auton ollessa lämmin. Katalysaattorin toiminta alkaa vasta sen lämmettyä yli 250 °C lämpötilaan, jolloin se alkaa puhdistaa pakokaasuja. Riippuen lämpötilasta ja katalysaattorista, tämän lämpötilan saavuttamiseen kuluu aikaa 1-4 minuuttia. Puhdistukseen pakokaasuja myös moottorin tulee lämmitä niin paljon, että polttoaineen rikastus voidaan lopettaa. Auton esilämmittäminen nopeuttaa merkittävästi moottorin lämpiämistä ja katalysaattorin toiminnan käynnistymistä. Ajoneuvojen on tutkittu tuottavan jopa 90 % päästöistään ensimmäisten 2 kilometrin aikana.

Ajoneuvojen pakokaasupäästöistä tekee yhä ongelmallisempia se, että terveydelle haitalliset saastekomponentit pääsevät ilmaan ihmisten välittömässä läheisyydessä. Moottorin kylmäkäynnistys lisää näitä päästöjä, joista syntyy seuraavia haittavaikutuksia:

Hiilimonoksidi (CO) eli ”häkä” syntyy rikkaan seoksen palaessa epätäydellisesti. Se on hajutonta ja siitä muodostuu hengenvaarallista, jos sen pitoisuus hengitysilmassa nousee yli 0,3 %:n. Se sitoutuu veren happea kuljettavaan hemoglobiiniin ja estää hapen kulun elimistössä.

Palamattomat hiilivedyt (HC) syntyvät samalla tavalla kuin hiilimonoksidikin eli epätäydellisen palamisen seurauksena. Hiilivedyt muodostavat typenoksidien ja auringonvalon kanssa silmiä ja limakalvoja ärsyttäviä ainesosia. Osa hiilivedyistä saattaa myös olla syöpää aiheuttavia.

Typenoksidi (Nox) on palamisen sivutuotteena syntyvää myrkyllistä kaasua ja se aiheuttaa hengitysteiden ärsyntyntymistä.

Hiilidioksidi (CO<sub>2</sub>) on normaali palamistuote. Sitä ei ole varsinaisesti todettu ihmiselle vaaralliseksi tai haitalliseksi myrkyksi, mutta se kiihdyttää kasvihuoneilmiötä. Litra bensiiniä tuottaa noin 2,350 kg hiilidioksidia palaessaan ja litra dieseliä noin 2,660 kg.

(Tekniikan maailma, 2005; Satakunnan ammattikorkeakoulu, 2004)



## 11. ILMALÄMPÖPUMPUT

Lämpöpumppu talon päälämmityslaitteena on laite joka sähkökäyttöisellä kompressorilla varustettuna hyödyntää ilmaisenergiaa maaperästä, vedestä tai poistoilmasta.

Lämpöpumppujen vuosihyötysuhteet vaihtelevat laiteratkaisusta riippuen välillä 2-3, eli sähköenergian osuus on 30-50 % talon lämmittämiseen ja lämpimän käyttöveden valmistamiseen tarvittavasta energiamäärästä.

### 11.1 Ilmalämpöpumppu

Ilmalämpöpumpulla voidaan lämmittää ja viilentää ilmaa. Se soveltuu mainiosti pientaloihin ja vapaa-ajan asuntoihin, mutta esimerkiksi kerrostaloihin se soveltuu huonosti. Se toimii samanaikaisesti ilmastointina ja kosteudenpoistajana. Ilmalämpöpumppu ei kuitenkaan sovellu Suomen olosuhteissa pientalon päälämmityslaitteeksi, vaan se on omiaan lisälämmityslähteenä suoralle sähkölämmitykselle tai öljylämmitykselle.

Sen periaate on samantapainen kuin jääkaapissa eli perustuu kylmätekniikkaan. Lämmittäessään se käyttää hyväkseen ulkoilman sisältämän lämpöenergiaa ja siirtää sen sisälle, josta se puhalletaan huonetilaan lämpönä. Energiaa siirretään kylmäaineen välityksellä ulos tai sisään. Lämmöntuotto onnistuu äärimmäisen korkeissakin pakkasissa, koska tarvittavaa lämpöenergiaa esiintyy kovalla pakkasellakin aina absoluuttiseen nolla pisteeseen asti. Ilmalämpöpumppua ei tule kuitenkaan sekoittaa lämmön talteenottoon (LTO), koska LTO on ilmanvaihtojärjestelmä, joka lämmittää taloon tuotavaa ilmaa, kun ilmalämpöpumpun tarkoituksena on siirtää energiaa.

Siihen kuuluu sisä- ja ulkoyksiköt, jotka ovat toisiinsa yhteydessä kylmäaineputkella. Itse laitteisto muodostuu kompressorista ja puhallinmoottorista. Siihen voidaan lisätä erilaisia suodattimia, joiden avulla

voidaan suodattaa ilmasta epäpuhtauksia, kuten pölyä, hajuja, home-itiöitä jne. Sen ominaisuuksiin kuuluu kosteudenpoistaminen ja ne pystyvätkin parhaimmillaan erottamaan huoneilmasta 2 litraa vettä tunnissa.

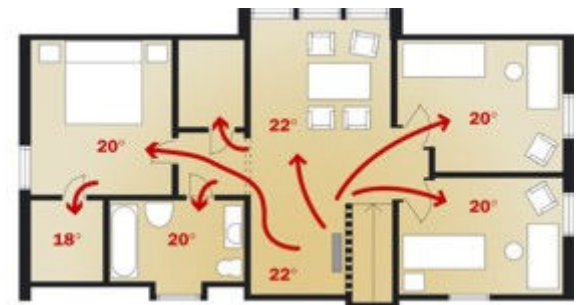
Ilmalämpöpumppu on hyötysuhteeltaan erinomainen, noin 1 kW sähköllä pystytään tuottamaan jopa 3 kW lämpöä. Sillä voidaan saavuttaa suuriakin säästöjä lämmityskustannuksissa.

Ilmalämpöpumppua asennettaessa tulee kuitenkin huomioida sen sijoittaminen. Se tulee asentaa mahdollisimman keskeiselle paikalle, jotta lämpö pääsee virtaamaan joka puolelle rakennusta.

Kuva 40.



Kuva 41.



(Jäähdytinpalvelu RefGroup Oy, 2005)

## 11.2 Poistoilmalämpöpumput

Poistoilmalämpöpumpun toimintaperiaate perustuu energian siirtämiseen poistoilmasta. Tämä toteutetaan kompressoriteknikan avulla, jossa poistoilmasta saatava energia käytetään rakennuksen lämmittämiseen ja lämpimän käyttöveden tuottamiseen.

Poistoilmalämpöpumppu soveltuu asuntoihin, joiden lämmityksenä toimii takka tai muu vastaava puulämmitys. polttaa puuta takan avulla. Lämpöpumppu siirtää poistoilmassa olevan energian lämmitys- ja käyttöveden kompressoritekniikan avulla. Tässä järjestelmässä korvausilma otetaan ulkoa korvausilmaventtiileiden kautta. Samasta paketista saat lämmityksen, käyttöveden ja poistoilmanvaihdon. Laitteen hyötysuhde on 50-60 %.

Poistoilmalämpöpumppu soveltuu parhaiten uudistaloon, jossa lämmitettävä pinta-ala on alle 150 m<sup>2</sup>. Laite on nimensä mukaisesti poistettavasta ilmasta energiaa hyödyntävä laite. Investointi on edullisempi kuin maalämmössä. Nykyaikaisessa talossa täytyy olla ilmanvaihto ja tämä laite hoitaa sen. Samalla laite ottaa lähes kaiken energian poistoilmasta. Laitteessa on kompressori, jolla saadaan lämpötilaa nostettua korkeammalle. Laitteella säästetään noin puolet ostoenergian määrästä.

Laite on kooltaan pieni ja se voidaan asentaa kodinhoitotilaan muun kaapiston rinnalle. Laite voidaan ottaa käyttöön jo talon valmistusvaiheessa kytkemällä imupuhallin pois käytöstä. Tällöin voidaan lattialämmitystä hyödyntää ja lattiat kuivuvat kauttaaltaan. Poistoilmalämpöpumppu toimitukseen kuuluu yleensä aina ilmanvaihtosuunnitelma.

Ne käyttävät poistoilmassa olevan lämmön talon ja käyttöveden lämmitykseen, hoitavat ilmanvaihdon ja säästävät samalla energiaa. Ne ovat erinomaisia vaihtoehtoja uudisrakennukseen, vaihdettaessa vanhaa poistoilmapumppua tai taloon, jossa on koneellinen ilmanvaihtojärjestelmä.

### 11.3 Pintamaalämpöpumput

Pintamaalämpö perustuu maan pintakerrokseen varastoituneen auringon tuottaman lämmön hyötykäyttöön.

Maahan sijoitetaan putkisto noin metrin syvyyteen. Tässä putkistossa kiertää nestettä, jota maa lämmittää. Lämmön siirtyessä maasta kylmäaineeseen eli kō. nesteeseen, puristaa lämpöpumppu kylmäaineen kokoon, jolloin sen lämpötila nousee. Tästä saatu lämpötila siirretään rakennukseen, jossa sitä käytetään rakennuksen lämmittämiseen sekä lämpimän käyttöveden tuottamiseen.

Pintamaalämpö vaatii kuitenkin kohtuullisen paljon pinta-alaa, sillä tarvittava tila rakennuksen tontilta tulisikin olla noin 300-500 m<sup>2</sup>. Pintamaalämmön vaatima tila ei kuitenkaan jätä esiin näkyviä rakenteita eikä tontin kasvusto häiriinny

#### 11.4 Kalliolämpöpumput

Kalliolämmön tekniikka on samanlainen kuin pintamaalämmössäkin, mutta lämpö kulkee maahan poratun energiakaivon kautta.

Kalliolämpö edellyttää, että tontilta löytyy alle 20 metrin syvyydeltä kalliota. Porattavan reiän eli ns. energiakaivon syvyys vaihtelee tehontarpeen mukaan 60-200 metrin välillä. Lämpöä siirtävä ja keräävä keräysputkisto sijoitetaan tähän kaivoon, josta se siirretään samalla tavalla hyötykäyttöön kuin pintamaalämmössä.

#### 11.5 Vesistölämpöpumput

Vesistä saatavaa lämpöä voidaan hyödyntää rakennuksen sijaitessa vesistön rannalla. Vedestä saadaan lämpöä vuoden ympäri, vaikka sen pinta olisi jäässä. Vedestä saatavaan lämpöön käytetään niin ikään samankaltaista tekniikkaa kuin pintamaa- ja kalliolämmössä.

Vesistölämmössä lämpöä keräävä putkisto asennetaan veden pohjaan ja se hyödyntää pohjasta saatavaa lämpöä. Putkisto lasketaan pohjaan painojen avulla, josta putki kaivetaan maahan vesistön ja rakennuksen väliselle matkalle.

Vesistölämpöpumput toiminta on seuraavanlainen:

1. Putkistossa kiertää lämmönkuljettajaneste (alkoholi/vesi) joka tuo lämpöä kalliosta, maasta tai vesistöistä.
2. Neste lämmittää kylmäaineen joka höyrystyy. Kompressori puristaa höyrystyneen kylmäaineen kokoon ja lämpötila nousee voimakkaasti.
3. Lämpö luovutetaan lauhduttimessa kautta talon lämmitys- ja lämminvesijärjestelmään.
4. Paine laskee paisuntaventtiilissä ja kylmäaine palautuu juoksevassa muodossa takaisin höyrystimeen.
5. Mahdollisuus ilmastointiin luonnonviileydellä, kesällä käytetään hyväksi porareian kylmyyttä. Puhallinpatteri levittää miellyttävän viileyden taloon.

#### 11.6 Aurinkolämpöpumput

Maalämpötekniikka perustuu siihen, että maahan varastoitunut auringon lämpö, joka on käytännössä loppumaton energiavarasto, lämmittää keruuputkessa kiertävää nestettä joitakin asteita. Lämpöpumpussa tämä lämpö vapautuu lämmöksi rakennukseen ja lämpimään käyttöveteen. Hyötysuhteen ollessa joissakin malleissa jopa yli 400 %, on tämä tekniikka ylivoimainen verrattuna kaikkiin muihin tänä päivänä tunnettuihin lämmitysmuotoihin.

(Jäähdytinpalvelu RefGroup Oy 2006, Etelä-Suomen Prosessisysteemi Oy 2005, 128-132)

## 12. TEOLLISUUDEN LÄMMITYS

Teollisuuden sähkölämmitykseen pätee pääperiaatteiltaan lähes samat säännöt kuin asuinrakennusten sähkölämmitykseenkin. Teollisuudessa kuitenkin on joitakin erillisiä määräyksiä ja toteutustapoja, joita ei tarvitse asuinrakennuksissa huomioida.

Teollisuuden sähkölämmitystä voidaan kutsua myös sähkösaatoksi, mutta se ei ole suositeltavaa.

Teollisuuden sähkökaapelilämmityksissä käytetään samoja kaapelityyppejä kuin pienrakennustenkin lämmityksessä eli vakiovastus kaapeli, itserajoittuva kaapeli ja vakioimetritehoinen kaapeli. Ainoastaan kaapelien mitoittaminen yms. eroaa normaalista talon lämmittämisestä.

Teollisuusrakennusten lämmityksessä on erittäin tärkeää huomioida lämmityksen toimintavarmuus ja tehtävät. Toimintavarmuutta tarkasteltaessa olisi huomioitava siihen liittyviä kohtia kuten, jos ensisijainen lämmitysmuoto pettää, tulee olla käytettävissä vaihtoehtoisia lämmitystapoja. Lämmityksen puutteella on monia vaikutuksia, esimerkiksi häiriöt herkkien instrumenttien toiminnassa, sekä siitä saattaa aiheutua välittömiä vaaratilanteita, esimerkiksi varoventtiilit, säiliöiden hengityspotket ja nestekaasusäiliöiden tyhjennykset. Tehtävän mukaan tarkasteltaessa tulee lämmityksen omata jäähtymisen tai jähmettymisen esto, tämän tarkoituksena on estää lämpötilan lasku liian alhaiseksi, mutta myös suurin sallittu lämpötila pyritään rajaamaan. Lämmityksen tehtävien tulisi sisältää myös lämpötilan ylläpidon, jolta vaaditaan seuraavia seikkoja: lämpötilan ylläpito määritetyllä tarkkuudella sekä lämpötilan nosto halutulla nopeudella. Tehtävien vaatimat erityisvaatimukset käsitellään erikseen tapauskohtaisesti.

## Sähkölämmityspiirin periaatteita

Sähkölämmityspiirin yleisten periaatteiden tulisi täyttää seuraavat kohdat:

- Lämmityspiiri tulee varustaa lämpötilan säädöllä, jota ohjaa ympäristön lämpötilaa seuraava järjestelmä tai anturi.
- Lämpökaapelin pintalämpötila on otettava huomioon ja se on rajoitettava arvoon, joka ei aiheuta haittaa ympäristölleen, lämmityskohteella tai kaapelille.
- 1-luokan räjähdysvaarallisissa tiloissa tulee käyttää itserajoittuvia kaapeleita tai rajoitustermostaatteja.
- Vikatilanteessa laitteiden tulee toimia turvalliseen suuntaan.
- Vian tai korkean lämpötilan aiheuttaman suojien laukaisun tulee olla käsin palautettavissa.
- Järjestelmä tulee varustaa vikavirta- ja oikosulkusuojalla.

## Hälytysjärjestelmä

Lämmitysjärjestelmä tulee varustaa valvontalaitteistolla ja -järjestelmällä. Periaatteena on, että jokaisesta lämmitysryhmästä saadaan yksilöllinen häiriöhälytys. Rakenne ja laajuus tulee harkita tapauskohtaisesti.

Järjestelmää valittaessa tulee kiinnittää huomiota sen laajennettavuuteen, toimintavarmuuteen ja hälytyksen näyttötapaan, esimerkiksi monitori, merkkilamppu jne. Tärkeimpänä seikkana on, että sen hälytys toimii vähintään suojauslaitteiden ja lämpörajaylityksestä. Järjestelmiä on hyvin monen tasoisia ja laajuisia ja niihin voidaan lisätä ominaisuuksia ja toimintoja tarpeen mukaan.

## Sähkölämmitysjärjestelmän valinta

Järjestelmän valintaa suoritettaessa tulisi ottaa seuraavat periaatteet huomioon:

- Järjestelmän tulee soveltua kohteeseen teknisesti ja taloudellisesti
- Eri vaatimuksista ja soveltuvuuksista riippuen valitaan käytetäänkö ulkolämpötilaan perustuvaa tehonsäätöä vai piirikohtaista ohjausta ja rajoitusta
- Järjestelmän tulee olla helposti laajennettavissa
- Järjestelmän tulee soveltua jo käytössä olevaan muuntamojärjestelmään.
- Samassa kohteessa tulisi käyttää yhdenmukaista järjestelmää

## Lämmityspiirin suunnittelu

Sähkölämmityksessä tulisi käyttää normaaleita jännitteitä (400/230 V) ja poikkeukset sallitaan vain erikoistapauksissa. Itse lämmityspiiristä, etenkin prosessialueella, pyritään tekemään yksi- tai kolmivaiheinen, mutta tarvittaessa on mahdollista käyttää myös kaksivaiheista järjestelmää.

Lämmityspiirit tulisi suunnitella siten, että yksi piiri kuuluu yhteen alueeseen. Tämä pätee myös putkistonlämmitykseen, jossa putken kulkiessa eri lämpötila-alueilla, tulisi lämmitystä ohjata eri tiloissa eri piireillä. Ohituslinjat tulee lämmittää eri ryhmiin kytketyillä piireillä kuin varsinaiset, esimerkiksi säätöventtiiliryhmän ohitusputki.

Putkihaarojen lämmityspiirit tulee suunnitella siten, että esimerkiksi lämmin virtaus jossain haarassa ei kytke kylmien haarojen lämmitystä pois. Käytännössä tämä onkin ratkaistavissa käyttämällä ympäristön lämpötilan perusteella toimivaa lämmityksen ohjausta, sijoittamalla rinnakkaisia säätötermostaatteja ja sarjassa olevia rajoitustermostaatteja ko. haaroihin sekä jakamalla lämmitys riittävän moneen erilliseen ryhmään.



Suunnittelussa tulisi huomioida myös seuraavat seikat:

- Piirin nimellisvirta ei saa ylittää 80% ylivirtasuojan nimellisvirrasta
- Käytettäessä itserajoittuvaa kaapelia, tulee ylivirtasuoja mitoittaa siten, että kytkentävirta ei laukaise sitä
- Piirin kapasitiivinen vuotovirta ei ylitä 50% vikavirtasuojakytkimen nimellisestä vikavirrasta
- Kaikkien piirien tulisi soveltua samaan syöttöjännitteeseen
- Muoviputken lämmityksessä tulisi käyttää pieniä metritehoja tai matalan lämpötilan itserajoittuvaa kaapelia. Jos kaapelin pintalämpötila ylittää muoviputkelle sallitun arvon, niin putki saattaa vaurioitua

Seuraavassa joitakin toimintoja, jotka tulee toteuttaa tietyillä tavoilla ja periaatteilla.

Samaa suuretta mittaavien instrumenttien, esimerkiksi näkölasi – pintalähetin, painemittari - painelähetin, lämmityspiirit tulee kytkeä eri ryhmään, jolla ainakin toisen instrumentin toiminta voidaan varmistaa vikatilanteen sattuessa.

Säiliöiden hengityspotket tulee lämmittää kahdella täysin erillisellä ryhmällä, sekä nestekaasusäiliöiden ja -putkien tyhjennykset tulee lämmittää kahdella erillisellä eri tehonlähteestä syötetyllä ryhmällä, joista toisen ryhmän voi korvata myös höyrylämmitys.

Lämmityskohteessa tulee selvittää korkein esiintyvä lämpötila, joka on useimmiten huomattavasti korkeampi kuin kohteen suunnittelulämpötila.

Palo-, käyttö- tai jäähdytysveden lämpötila ei saa seisovassa tilanteessa nousta yli 60 °C. Turvasuihkujen ja -ammeiden sekä niihin liittyvien putkien ja säiliöiden lämmityspiirit tulee varustaa termostaattiohjauksella, joka estää lämpötilan nousun yli 29 °C:een ja suorittaa hälytystoiminnon 27 °C:ssa. Lipeäputkien lämpötila tulee rajoittaa 40 °C:een.

Lämpökaapelin valinta

Kaapelin tulee rakenteeltaan ja vaatimuksiltaan soveltua asennettavaan kohteeseen. Sen tulee kestää asennusympäristön kemialliset ja mekaaniset rasitukset. Kaapelin tulee kestää kohteessa esiintyvä korkein lämpötila. Lisäksi kaapelin tulee olla kokonaistaloudellinen ratkaisu, jossa lukuisia muita tekijöitä hinnan lisäksi, mm. huollon tarve ja käyttöikä, pituus ja reitit, tilaluokitus, käyttövarmuus ja asennuskustannus.

Kaapelia valittaessa tulee myös huomioida muutamia yleisiä nyrkkisääntöjä:

- Aina kuin mahdollista tulee valita muovieristeinen kaapeli
- Kohteet, joissa lämpötila on huomattavasti yli 200 °C, käytetään ruostumattomalla teräsvaipalla varustettua kaapelia
- Lyhyet putket sekä Instrumentit ja instrumentti-impulssiputket lämmitetään itserajoittuvalla kaapelilla, lisäksi kerroseristyslämmityksessä, kun kaapeli asennetaan eristyksen väliin, tulee käyttää itserajoittuvaa kaapelia.
- Resistanssi ja teho valikoima tulee olla mahdollisimman pieni.
- Kaapelin ja vaipan paksuus parantaa korroosion ja mekaanisten rasitusten kestoa

## Asennus

Asennukseen kuuluu useita noudatettavia standardeja ja määräyksiä, niitä ei kuitenkaan kokonaisuudessaan käsitellä tässä. Itse asennuksessa tulee noudattaa valmistajien suosituksia ja ohjeita.

Lämmitysjärjestelmän laitteet ja tarvikkeet tulee asentaa siten, että ne eivät haittaa huoltoa tai käyttöä. Järjestelmän kytkentäkotelot, termostaatit, vikavirtakytkinkeskukset ja muut laitteistot tulee asentaa siten, että mahdollisuuksien mukaan helposti luokse päästäviin paikkoihin.

## Lämpökaapelit

Ennen asennusta tulee varmistaa kaapelin oikea tyyppi ja kaapeleille joiden vaipassa ei ole pysyvää tyyppimerkintää, tulee suorittaa resistanssimittaus.

Kaapelit asennetaan suorina kiertämättä niitä spiraalille putken ympärille aina kun mahdollista, mutta tarpeen vaatiessa voidaan käyttää spiraaliasennusta instrumenttien ja lyhyiden putkien asennuksessa, kun lämmityskaapeli on rinnakkaisresistanssityyppinen.

MI-kaapeleiden (vaipan ja vastusjohtimen välinen materiaali on usein magnesiumoksidia, josta juontuu nimi MI (Mineral Insulated) suurin taivutus säde on yleisimmin kolme kertaa kaapelin paksuus. Kun asennetaan useampia MI-kaapeleita, tulee ne asentaa siten, että ne eivät ole ristikkäin eivätkä kiinnityksen jälkeen kosketa toisiaan.

Instrumenttien, pumppujen ja muiden huollettavien laitteiden lämmityskaapelit tulee asentaa siten, että ne ovat helposti irrotettavissa.

Jos venttiilin lämmitykseen tarkoitettu kaapeli ei kokonaan mahdu venttiiliin, niin voidaan osa siitä asentaa putkeen venttiilin kummallekin puolelle sekä kiertämällä laippojen ulkokehän ympäri.

Lämmityskaapeleille tulee suorittaa ennen asennusta tai käyttöönottoa seuraavia mittauksia:

- Lämpökaapelin eristysresistanssi tulee mitata 500V tasavirtamittarilla ennen ja jälkeen asennuksen ja mittaus suoritetaan metallisen vaipan ja virtajohtimen välillä
- Lämmitysryhmien kaikkien lämpökaapelien resistanssit tulee mitata sekä itserajoittuvissa kaapeleissa lisäksi mittauslämpötila
- Lämmityspiirin virta mitataan ja verrataan taulukkoarvoihin
- Kytkentäjännitteen oikeellisuus varmistetaan

## Kylmäkaapelit

Kylmäkaapeleiden eristysvastus tulee mitata ennen asennusta. Alle 15 W/m kuormitetut muovivaippaiset kaapelit viedään ilman kylmäkaapelia suoraan kytkentärasiaan, joka suojataan kaapelikohtaisella suojaletkulla.

## Lämpökaapeliin jatkokset ja päätteet

Lämpökaapeliin jatkosten ja päätteiden tulee kestää samat olosuhteet kuin itse lämmityskaapelinkin ja niiden tulee olla valmistajan hyväksymiä.

## Rasiat

Rasiat on sijoitettava paikkoihin, joiden luokse on helppo päästä. Kaapelilähdöt tulee sijoittaa rasian kylkiin tai alapuolelle. Kaikissa rasioissa tulee huolehtia riittävästä tiivistyksestä ja sijoituksesta sellaiseen paikkaan, että vesi ei pääse kosketuksiin rasian kanssa. Lämpökaapelia kytkettäessä suoraan rasiaan tulee tiivistekumin kestää 70 °C lämpötila.

## Termostaatit ja anturit

Termostaattien asennukseen käytetään samoja yleisohjeita kuin rasioiden asennuksessakin.

Antureiden sijoituksessa on kuitenkin omat määräyksensä. Säätö- ja rajoitustermostaattien antureiden sijoituksessa on molemmissa useita huomioitavia seikkoja. Säätötermostaatin anturi asennetaan putken alkupäähän virtauksen ollessa lämmin tai loppupäähän virtauksen ollessa kylmä. Rajoitustermostaatin anturi sijoitetaan nousevan putken yläpäähän ja lämpenemisen suhteen epäedullisimpaan kohtaan ja se kiinnitetään lämpökaapeliin.

Ennen käyttöä tulee suorittaa joitakin tarkastusmittauksia:

Pt-100 antureiden resistanssi mitataan ja arvoa verrataan taulukkoarvoihin

Kapillaaritermostaattien toimintaa tulee kokeilla ja verrata asteikon osoittamaa lämpötilaa ja anturin lämpötilaa

antureiden ja termostaattien eristysresistanssi tulee mitata. Mittausjännite ei saa ylittää sallittua koestusjännitettä.

#### Dokumentointi

Sähkölämmityksestä tulee esittää vähintään seuraavat tiedot:

sähkölämmitystaulukko

isometri (3D-kuvanto) tai vastaava asennuspiirustus

sijoituspiirustus

virtapiiri- ja johdotuskaavio

kaapeliluettelo

koestuspöytäkirja

loppupiirustukset

räjähdysvaarallisten tilojen vaatimat asiakirjat

Jokainen laite on merkittävä siten, että se on helposti tunnistettavissa:

Lämmityskohteeseen kiinnitetään varoitustarra ja sähkölämmityspiirin tunnus 25 m välein.

Kaikki asennettavat jatkorasiat merkitään valkopohjaisilla tunnuskilvillä.

Suojuksen tai kotelon alle jäävät laitteet merkitään myös suojukseen.

Kaapelit merkitään säänkestävillä kaapelinumeroilla.

### 13. STANDARDIT JA LAIT

Sähkölämmityksessä käytetään yleisiä sähkötekniikan SFS 6000 standardeja, jotka koskevat sähköasennuksia, joiden nimellisjännite on vaihtojännitteellä enintään 1000V ja tasajännitteellä enintään 1500V. Ne eivät kerro vain yhtä hyväksyttävää toteutustapaa, vaan tapoja voi olla monenlaisia riippuen myös kohteista. Standardien tarkoituksena on olla ohjeita antavia, joita tulisi mahdollisimman tarkasti noudattaa.

Jos sähköturvallisuudessa poiketaan voimassa olevista standardeista tai vastaavista julkaisuista, tulee noudattaa kauppaja- ja teollisuusministeriön sähkölaitteistojen turvallisuudesta annettua päätöstä (1193/1999) 5§:ää.

Standardien ja lakien noudattamisen tavoitteena on suojata ihmiset, kotieläimet ja omaisuudet sähkö aiheuttamilta vaaroilta. Keskeisimpiä vaaroja ovat sähköiskuvirrat ja liian korkeat lämpötilat, jotka voivat aiheuttaa vaaroja, tulipaloja tai muuta vahinkoa.

Kaikkien lämmityslaitteiden tulee täyttää niitä koskevat standardit ja laitteet tulee valita käyttöympäristön mukaan. Laitevalmistajan on toimitettava asennusohjeet laitteisiin joita tulee noudattaa asennuksessa.

Sähköasennuksissa käytettävien sähkölaitteiden on täytettävä kauppaja- ja teollisuusministeriön päätöksen 1694/1993 turvallisuusvaatimukset sekä sähkömagneettista yhteensopivuutta koskevat vaatimukset.

Sähkölaite on suunniteltava ja valmistettava Euroopan talousalueella voimassa olevan turvallisuusteknisen käytännön mukaisesti.

Jos sähkölaite täyttää Euroopan yhdenmukaistettujen standardien turvallisuusvaatimukset tai jos niitä ei ole niin käytetään IEC:n tai CEE:n standardien turvallisuusvaatimuksia.

Asennustavat ja rakenteet vaihtelevat valmistajakohtaisesti. Niissä tuleekin käyttää valmistajien ja maahantuojien antamia ohjeita, jotka toimitetaan laitteistojen ja kaapeleiden mukana sekä niitä on myös saatavilla valmistajien ja maahantuojien internetsivuilta.

Nämä määräykset eivät käsittele räjähdysvaarallisten tilojen asennuksia. Standardeja käsitellään tässä vain yleisesti ja tarkemmat vaatimukset esitetään SFS 6000 standardiin keskittyvissä Suomen standardisoimisliitto SFS Ry:n omissa julkaisuissa.

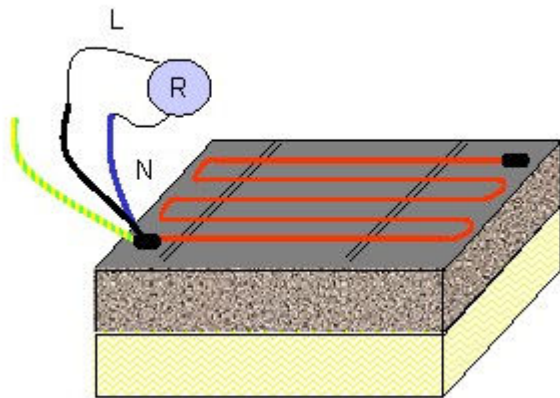
### 13.1 Tarkastusmittaukset

Lämmityskaapeleille ja lämmityskelmuille tulee tehdä resistanssi- ja eristysresistanssimittaukset seuraavasti: aina ennen asentamista, kiinnittämisen jälkeen ja pinnoitteen asentamisen jälkeen. Mittaustulokset kirjataan siihen tarkoitettuun mittauspöytäkirjaan, lisäksi mitatut arvot tulee merkitä tarralla kytkentärasian sisäpohjaan.

Tarkastusmittaukset tapahtuvat kaapelin kytkentärasiasa. Tällöin mitataan kaapelin tai kelmun silmukkavastus liitântäkaapelin vaiheen ja nollan (L ja N) väliltä sekä eristysvastusmittaus tähän soveltuvalla mittalaitteella vaiheen, nollan ja maajohtimen (L, N ja PE) väliltä. Mittausten aikana johtimet eivät saa olla kytkettynä.

Silmukkavastusta mitattaessa mitatun resistanssiarvon tulee vastata arvokilvessä ilmoitettua arvoa. Jos mittaustulokset poikkeavat ilmoitetuista arvoista huomattavasti on selvítettävä ennen pinnoitteen asentamista vian syy sekä tarvittaessa vaihdettava viallinen komponentti uuteen.

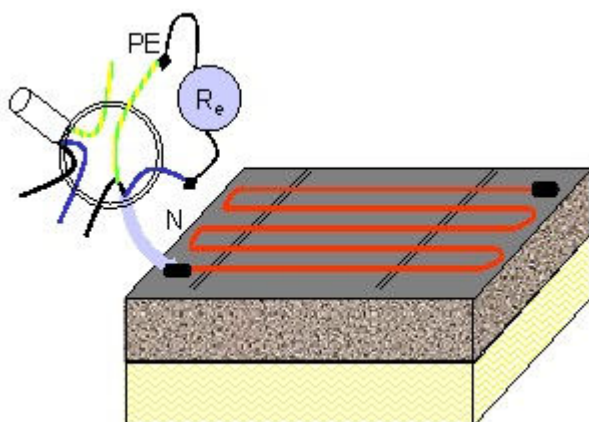
Kuva 42.



(Sähkölämmitysfoorumi ry, 2005)

Eristysresistanssi mittaus eli eristysvastusmittaus tulee mitata lämmityselementin liitänkaapelin virtajohtimien (L ja N) maahan (PE) nähden. Mittaus suoritetaan siihen tarkoitettulla mittalaitteella. Eristysresistanssin arvon tulee olla vähintään  $0,5 \text{ M}\Omega$  ja mittaus tehdään 500V tasajännitteellä.

Kuva 43.

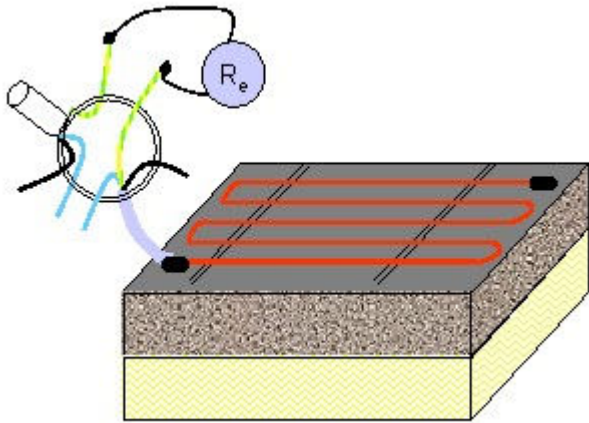


(Sähkölämmitysfoorumi ry, 2005)



Eristysvastusmittaus tulee myös tehdä lämmityskaapelin ulkovaipalle, joka suoritetaan mittaamalla eristysresistanssi ryhmäjohdon suojajohtimen (PE) ja lämmityskaapelin suojajohtimen (PE) välillä.

Kuva 44.



(Sähkölämmitysfoorumi ry, 2005)

### 13.2.1 Lämmityskaapelit, -matot ja -verkot

#### SFS 6000-811.2

Lämmityskaapelien asennuksessa ja käytössä noudatetaan SFS 6000 kohdan 811 standardeja ja valmistajan antamia ohjeita.

Lämmityskaapeleiden standardisanastoa:

Sähköinen suojaus, sähkösuoja (shield). Maadoitettava metallinen kerros, joka suojaa kaapelia ulkoiselta sähköiseltä vaikutukselta tai sulkee sisäänsä kaapelin sähkökentän. Sähkösuojan tehtävänä on myös suojata ympäristöä kaapelin sähköisiltä vaikutuksilta.

Vaippa (sheath, jacket). Putkimainen, jatkuva ja metallinen tai muu kuin metallinen päällyys. Tehtävänä on suojata kaapelia mm. korroosiolta ja kosteudelta.

Metallinen vaippa (metallic sheath), on puolestaan vaippa, joka tehdään vedetystä, pursotetusta tai hitsatusta metallista, joka voi olla myös kierretty.

Armeeraus (armour). Metallinauhoista tai -langoista tehty päällyys, jonka tehtävänä on yleensä suojata kaapelia ulkoiselta mekaaniselta vaikutukselta. Esimerkiksi teräslangoista tehtynä suojaus täyttää armeerauksen kriteerit. Sen sijaan kuparijohtimista tai tinatusta kuparista tehdyt suojapunokset toimivat vain metallisena kosketussuojana.

Konsentrisella nolla(suoja)johtimella varustettu kaapeli (concentrial neutral cable). Kaapeli, jonka konsentrisen nolla(suoja)johdin on tarkoitettu käytettäväksi nolla(suoja)johtimena.

Metallinen kosketussuoja (screen). Palmikoitu tai spiraalimaisesti metallilangoista punottu kerros tai spiraalimainen tai pitkittäinen metallinauha, joka ympäröi eristettyä johdinta tai johtimia.

Kaapelin tulee aina sopia mekaanisilta ja sähköisiltä ominaisuuksiltaan asennuspaikkaansa. Se tulee myös suojata tarvittaessa mekaanisilta rasituksilta ja kiinnittää luotettavasti paikalleen. Kiinnikkeet ja varusteet eivät saa vahingoittaa kaapelia.

Lämmityskaapelit on jaettu kolmeen ryhmään, asennuksessa aiheutuvan mekaanisen rasituksen keston perusteella:

- Luokka A: alhainen mekaaninen lujuus, puristuslujuus mekaanisella kuormalla 300 N.
- Luokka B: keskimääräinen mekaaninen lujuus, puristuslujuus mekaanisella kuormalla 600 N.
- Luokka C: korkea mekaaninen lujuus, puristuslujuus mekaanisella kuormalla 2000 N.

Lisäksi kaikkien kaapelien tulee kestää 120 N vetolujuutta.

Luokan A kaapelia suositellaan vain tehdasmaiseen laitevalmistukseen. Kaapelia saa asentaa vain asentaa täysin betonin sisään ja sitä voidaan asentaa ainoastaan lattiaan tai kattoon.

Luokan B ja C kaapeleita voidaan sijoittaa ja asentaa vapaammin, sillä ne voidaan asentaa myös seiniin, katoksiin, vesikouruihin, teihin sekä rampeihin.

Lämmityskaapeli ei saa estää muille sähkölaitteistoille tarpeellista jäähtymistä eikä kaapelin lämpö saa vaurioittaa lähellä olevia materiaaleja.

Lämmityskaapeli on pyrittävä asentamaan kokonaisuudessaan väliaineeseen, joka omaa samanarvoisen lämmönjohtokyvyn, jos kaapelin käytöstä normaali- tai vikatilanteessa voi aiheutua vaaraa.

Lämmityskaapeli on liitettävä sähköverkkoon kiinteästi tai puolikiinteästi siten, että kytkentätila ja sen liittimet eivät lämpene liikaa. Pistokytkinliitintä saa käyttää vain itserajoittuvilla kaapeleilla tai erikseen testatuilla rakenteilla. Liitäntä on tehtävä liitäntäkaapelia käyttäen, kuitenkin erillistä liitäntäkaapelia ei tarvita, jos lämmityskaapelin liittämiseen käytettävän osan lämpötila ei normaalikäytössä ylitä 70 °C.

Lämmityskaapelilaitteisto on varustettava kaikki äärijohtimet kytkevällä käyttökytkimellä.

Kaikille kaapeleille tulee suorittaa tarkastusmittaus (kts. kappale Tarkastusmittaukset)

## Suojaus sähköiskulta

Sähköiskujen suojausta käsitellään tarkemmin SFS standardistossa. Tässä osassa käsitellään ainoastaan yleisimpiä toteutustapoja ja käytäntöjä.

Lämmityskaapeli saa olla eristämätön, jos sitä syötetään SELV-järjestelmällä, jonka nimellisjännite on enintään 25 V AC tai 60V DC. Kaapeli tulee myös sijoittaa palamattomaan rakenteeseen, esim. käytettäessä betonin lämmitykseen.

Syötön automaattista pois kytkentää käyttämällä ylivirtasuojaa voidaan käyttää vain suojamaadoitetulla metallivaipalla varustettuihin lämpökaapeli-asennuksiin. Kosketusjännitesuojausta suunniteltaessa ja toteutettaessa on otettava huomioon, että jos lämmityskaapelissa syntyy oikosulku jännitteisen johtimen ja suojamaadoitetun vaipan välillä, vikapaikan kautta kulkeva virta voi piiriin jäävän resistanssin takia olla niin pieni, että ylivirtasuoja ei toimi riittävän nopeasti. Suojausta onkin täydennettävä tarvittaessa käyttämällä kaapelin ominaisuuksiin sopivaa vikavirtasuojakytkintä tai lisäpotentiaalintasausta.

### HUOM!

Kaikki lämmityskaapeli-asennukset tulee suojata enintään 30 mA:n vikavirtasuojakytkimellä.

Seuraavissa suojaustavoissa täyttyvät lämmityskaapelien kosketusjännitesuojan vaatimukset:

- Käytettäessä suojaukseen enintään 30 mA vikavirtasuojakytkintä lämmityskaapeleihin
  - jotka ovat kosketeltavissa (esim. räystäskourut ja syöksytorvet)joissa ei ole suojamaadoitettua kosketussuojausta tai metallivaippaa
  - pistokytkimellä liitetyt
- Käytettäessä suojaukseen enintään 300 mA vikavirtasuojakytkintä, jonka toimintavirta on sopiva kaapelin vikavirtaan nähden

- palavia nesteitä sisältävien putkistojen lämmittämiseen käytetyt, jotka eivät ole suoraan kosketeltavissa
- käytettäessä kaapeleita lattialämmitykseen tiloissa, joissa lattian pintamateriaali ei ole eristävä
- kylpy- tai suihkutilassa 0,1,2 tai 3 alueella olevat
- ulkoalueiden sulanapitoon käytettävät maan tai betonin sisään asennetut
- ilman eristävää metallivaippaa olevat
- metallivaipalla varustetut lattialämmityskaapelit, joissa on SFS 614.5 mukaisen eristyksen omaava lattiapinta
- vesiputken sisään asennetut metallivaipalla varustetut kiinteästi liitetyt lämmityskaapelit

## Palosuojaus

Lämmityskaapeli ei saa aiheuttaa palovaaraa ympäristölleen. Lämmityskaapelia asennettaessa tuleekin erityisesti ottaa huomioon asennuksen lähistöllä palavasta materiaalista tehdyt rakenteet. Normaalikäytössä se ei saa aiheuttaa yli 80 °C lämpötilaa sitä ympäröivään palavaan aineeseen.

Ylilämpenemiseen ei useissa vikatapauksissa saavuteta riittävää suojaa pelkällä ylivirtasuojalla, tällöin tuleekin käyttää lisäsuojalaitteita. Lämmityskaapelin tyypistä ja asennustavasta riippuen lisäsuojalaitteena voidaan käyttää esimerkiksi lämpötilanrajoitinta, ylikuormitussuojaa, vikavirtasuojaa tai näiden yhdistelmää.

Käytettäessä vikavirtasuojakytkintä palosuojaukseen tulee sen nimellistoimintavirran olla mahdollisimman pieni, kuitenkin enintään 300 mA.

Palosuojaukseen suositellaan käytettäväksi seuraavia järjestelyjä

- Erillinen lämpötilan rajoitin
  - palavia nesteitä sisältävien putkistojen lämmittämiseen käytettävissä lämmityskaapeleissa
  - palavasta materiaalista tehtyjen rakenteiden lämmittämiseen käytettävissä lämmityskaapeleissa
  
- palosuojauksen järjestämistä ei vaadita seuraavissa tapauksissa
  - kaapelin asennus on palonkestävä (esim. kaapeli on asennettu betonin sisään)
  - lämmityskaapeli on rakenteeltaan itserajoittava ja se rajoittaa lämpötilan riittävän pieneksi

Lämmityskaapelilaitteiston käyttöä varten tulee olla tarpeelliset merkinnät ja piirustukset. Jos kaapeli on peitetty, esim. asennettu lattiaan, tulee lämmityskaapelin sijainti esittää piirustuksissa.

### Vakiovastuskaapeli

Vakiovastuskaapelissa on nimensä mukaisesti vakioresistanssi eli resistiivisyys pituusyksikköä kohden on vakio. Kaapelia on joko 1- tai 2-johtimisena, joista 2-johtimellinen on yleisimmin käytetty kaapelirakenne.

Yksijohtimisessa kaapelissa vastuselementtinä toimii johdinmateriaali, jolloin kaapeli asennetaan silmukaksi siten, että kaapelin molemmat päät tuodaan samaan kytkentäkoteloon.

Kaksijohtimisia on kahta tyyppiä. Ensimmäisessä tapauksessa toinen johdin toimii vastuselementtinä ja toinen virran paluujohtimena ja toisessa vaihtoehdossa molemmat johtimet toimivat vastuselementteinä.

Kaksijohtimisen kaapelin etuna on, että liitäntärasiaan tarvitsee tuoda ainoastaan yksi pää. Vakiovastuksellisen kaapelin teho on kääntäen verrannollinen sen pituuteen eli lämmitysteho kasvaa sen lyhentyessä. Kaapelimateriaalista riippuen sen lyhintä mahdollista pituutta tietyllä resistanssiarvolla rajoittaa sen lämpenemä 70 – 100 °C.

Saatavana on myös valmiita lämmityselementtejä, joihin lämmityskaapeli on valmiiksi upotettuna. Elementeissä on valmistajan valmiiksi mitoittaman kaapeli, jonka teho on pituusyksikköä kohden käyttötarkoituksesta riippuen sopivalla alueella. Elementit käsittävät loppupääteellä varustetun lämmityskaapelin sekä ns. kylmäpään.

Kylmäpäällä tarkoitetaan lämmityskaapelin ja liitosjohdon jatkosta sekä liitosjohtoa, joka lämpenee korkeintaan yhtä paljon kuin tavalliset sähkösyöttöön tarkoitetut johtimet. Lämmityskaapelin ja liitosjohdon eristys on yleensä tehty kutiste- tai valumuovista.

#### Vakiometritehoinen kaapeli

Kaapeli muodostuu kahdesta eristetystä kuparijohtimesta, joiden ympärille on kiedottu vastuslanka. Kaapelin vastuslanka on kytketty metrin välein kumpaankin johtimeen, jolloin saadaan kaapelin teho metriä kohden vakioksi. Kaapelin lyhin kytkentä pituus on näin ollen 1 metri ja kaapelin asennuspituutta voidaan muuttaa ilman, että teho pituusyksikköä kohden muuttuisi.

Kaapeli katkaistaan siten, että jätetään alkupäähän n. 80cm “kylmä osuus” ja loppupäähän n. 20cm oikosulkupaikasta. “Kylmä osuuden” avulla kaapeli voidaan kytkeä ilman erillistä liitosjohtoa suoraan avattavaan rasiaan, mutta tämän edellytyksenä on, että kytkentärasia on mahdollista tuoda lähelle kaapelia.



Kaapelin kokonaisteho saadaan kaavasta:

$$P_{kok} = L * P_y$$

L = kaapelin pituus (m)

$P_y$  = kaapelin teho pituusyksikköä kohden (W/m)

Vakiometritehoisen kaapelin kaksijohtimellisen rakenteen etuna on sen kestävyys kohteissa, joissa saattaa esiintyä suuria mekaanisia rasituksia, esimerkiksi räystäskouruissa ja putkistojen saattolämmityksissä. Vakiometritehoisen kaapelin etu on myös sen suunnittelun helppous. Suunnittelijan ei tarvitse ottaa huomioon muita seikkoja kuin, ettei lattiaan asenneta liian pitkää kaapelia, joka saattaisi aiheuttaa kaapelin virtajohtimien ylikuormittumisen. Kaapelin kokonaispituus saadaan mitoituslaskelmasta suoraan, kun tarvittava kaapelin asennusväli ja asennuspinta-ala tiedetään. Kaapelin pituus saadaan yhtälöstä:

$$L = \frac{A_k}{d}$$

jossa

L = Kaapelin pituus

$A_k$  = kaapeleilla lämmitetyn lattian pinta-ala (m<sup>2</sup>)

d = kaapelin asennusväli

### Itserajoittuva kaapeli

Itsesäätyvä kaapeli, voidaan kutsua myös itserajoittuvaksi, muodostuu kahdesta tai useammasta puolijohtavalla materiaalilla päällystetystä kuparijohtimesta. Johtimien välisen puolijohtavan eristeen ominaisresistanssi on suoraan verrannollinen lämpötilaan eli resistanssi kasvaa lämpötilan noustessa ja pienenee sen laskiessa.

Itsesäätyvän lämmityskaapelin nimi juontaa juurensa siitä, että se pyrkii pitämään lämpötilansa vakiona lämmönluovutusolosuhteista riippumatta ja näin ollen säätelee

omaa tehoaan lämpötilan mukaan. Itsesäätyvyys mahdollistaa myös sen, että kaapelit voidaan muista lämmityskaapeleista poiketen asentaa koskettamaan toisiaan ja ne eivät vahingoitu, koska kaapeli säätää lämpötehoaan jokaisella pituusyksiköllään.

Kaapelin suojaukseen voidaan käyttää ryhmäsulakkeina hitaita sulakkeita, koska kaapelia kytkettäessä jännitteiseksi saattaa esiintyä jopa 10-kertainen virtapiikki, jota tavallinen sulake ei kestä. Suojaukseen voidaan käyttää myös U-, K- ja C-tyypin johdonsuojakatkaisijoita, jotka osaavat ottaa huomioon kaapelin virtapiikin. Tästä syystä kaapelia käytetään yleisimmin vain pienten alueiden lämmitykseen, mutta kaapelin laajempaa käyttöä rajoittaa myös sen hinta, joka on varsin korkea verrattuna vakiovastuskaapeleihin. Tavallisimpia käyttökohteita asuinrakennuksissa ovat esimerkiksi tuulikaappi, lämpimän käyttöveden saattolämmitys sekä asennus palaviin materiaaleihin, kuten puulattiaan.

### 13.2.2 Lämmityskelmu

#### SFS 6000-811.3

Lämmityskelmulaitteistoja ei saa käyttää ulkotiloissa. Lämmityskelmujen tulee olla asennettu kiinteästi. Elementtejä syöttävät johtimet voidaan liittää elementtiin kuuluvassa kytkentätilassa tai lämmityskelmun liitäntäjohto voidaan liittää kiinteän asennuksen rasiaan. Jos liitäntäjohtoon muodostavat eristetyt johtimet, se on vedettävä putkeen tai vastaavaan johtokanavaan.

Lämmityskelmulaitteisto on varustettava kaikki äärijohtimet kytkevällä käyttökytkimellä.

#### HUOM!

Kaikki lämmityskelmuasennukset tulee suojata enintään 30 mA:n vikavirtasuojakytkimellä.

Lämmityskelmuille tulee tehdä tarkastusmittaukset (kts. kappale Tarkastusmittaukset)

Lämmityskelmu sijoitetaan yleensä kattoon tai seinään. Asennettaessa kelmaa seinään tulee etäisyys lattiaan olla vähintään 2,3 m. Vinokattoon, jonka vaakatason ja vinokaton kulma on vähintään 45°, tulee etäisyyden lattiaan olla vähintään 2,0 m ja yli 45° kulmassa etäisyyden tulee olla vähintään 2,3 m.

Kelmu voidaan asentaa eristävästä materiaalista tehdyn lattian alla olevaan ilmatilaan asennusohjeiden mukaisesti. Lämmityskelmun, jota syötetään SELV-järjestelmällä saa asentaa myös muun tyyppiseen materiaaliin, esim. lattian betonivaluun kelmun asennusohjeiden mukaisesti. Lisäksi sen voi sijoittaa asennusohjeiden mukaisesti kiinteään penkkiin kirkoissa ja muissa tiloissa, joissa tarvitaan vastaavaa lämmitystä.

Kelmuja tulee suojella mekaanisilta rasituksilta, joita syntyy mm. kuljetuksessa, asennuksessa ja normaalissa käytössä. Lisäksi lämmöneriste tai pintamateriaali ei saa aiheuttaa mekaanista rasitusta tai vahinkoa lämmityselementille. Lämmityskelmu, joka on asennettu kirkon penkkiin tms., tulee suojata erikoistoimenpitein, esim. peittämällä kelmu vahvalla paneelilla.

Lämmityskelmu tulee asentaa siten, että siitä ei leviä jännitejohtaviin rakenteisiin, putkistoihin tms. Sen johtimet eivät saa koskettaa johtavia rakenteita. Erityishuomiota tulee myös kiinnittää rakenteisiin, esim. sauna, jossa kosteussulkuna on alumiinikalvo, joka johtaa sähköä.

Erityistiloihin, kuten kylpy- ja suihkutiloihin, asennuksesta löytää tietoa standardista SFS 6000-7.

#### Merkinnät ja piirustukset

Ryhmäkeskuksen läheisyyteen, johon lämmityskelmu on liitetty, tulee asettaa selvä ja pysyvä piirustus elementtien ja kytkentärasioiden sijoituksesta. Piirustuksesta tulee myös ilmetä elementtien valmistaja, tehot, jännite sekä tietoa elementtien päällä olevasta pintamateriaalista.

Ryhmäkeskuksella tulee olla myös selvä varoitus naulojen ja ruuvien kiinnittämisestä tai reikien poraamisesta paikkoihin, joihin elementit on kiinnitetty. Lisäksi ryhmäkeskuksella tulee olla kielto kalusteiden kiinnityksestä tai esineiden sijoittamisesta hyllylle tms. alueelle, johon elementtejä on kiinnitetty.

#### Palosuojaus

Lämmityskelmu ei saa aiheuttaa palovaaraa ympäristölleen. Lämmityskelmuja asennettaessa tuleekin erityisesti ottaa huomioon asennuksen lähistöllä palavasta materiaalista tehdyt rakenteet. Normaalikäytössä se ei saa aiheuttaa yli 80 °C lämpötilaa sitä ympäröivään palavaan aineeseen.

Lämmityskelmu on asennettava siten, että se ei estä sen lähellä olevien sähköjohtojen, valaisimien tms. tarpeellista jäähdytystä. Sitä ei myöskään saa asentaa paikkaan, jossa lämmön siirtyminen on estynyt, esim. kiinteän kalusteen takia.

Palovaarallisissa tiloissa palava-aineiseen rakenteeseen asennettavien lämmityskelmujen syöttö on varustettava enintään 30 mA vikavirtasuojakytkimellä.

### 13.2.3 Patterilämmitin

#### SFS 6000-811.4

Patterilämmittimiin pätee aikaisemmin mainitut valinta ja käyttöympäristö standardit sekä ne tulee asentaa valmistajan tai vastuullisen myyjän ohjeiden mukaisesti.

Valmistajan erityisohjeita tulee noudattaa silloin, kun lämmittimet ovat välittömästi toistensa yläpuolella, lämmittimien tahaton peittäminen on todennäköistä tai sijoitustila on ahdas ja ilmanvaihto on rajoitettu. Tavallisimmin käytetään peittämissuojattua lämmitintä.

Lämmittimet ja ohjauslaitteet ohjausvirtapiireineen on suositeltavaa suojata ryhmäkohtaisesti yhteisellä ylivirtasuojalla.

Kun lämmittimien ohjaukseen käytetään syöttävistä ryhmäjohdoista erillistä ohjausryhmäjohtoa, on sen lämmitysryhmien ylivirtasuojat koottava ryhmäkeskuskohtaisesti yhtenäiseksi lämpöryhmäosaksi, jonka on oltava sen käyttötarkoituksen ilmoittava teksti ”Lämpöryhmien erotuskytkin”. Vaatimus ei koske SELV- ja PELV-järjestelmällä toteutettua ohjausta.

### 13.2.4 Saunat

#### SFS 6000-703

Nämä standardit koskevat ensisijaisesti asennuksia saunan löylyhuoneissa, joissa on standardien edellyttämä sähkökiuas. Vaatimukset soveltuvat myös sellaisten löylyhuoneiden asennuksiin, joissa on joku muu kuin sähkölämmitteinen kiuas.

#### Suojausmenetelmät

##### Suojaus sähköiskulta

Käytettäessä SELV-piiriä, kosketussuojaus on nimellisjännitteen suuruudesta riippumatta toteutettava käyttämällä suojuksia tai koteloita, joilla saavutetaan vähintään kotelointiluokan IPXXB-mukainen suojaus tai käyttämällä eristystä, joka kestää 1 minuutin ajan 500 V koejännitteen.

##### Suojausmenetelmien käyttö, suojaus sähköiskulta

Suojausmenetelmänä ei saa käyttää suojausta esteiden avulla eikä jännitteisten osien sijoittamista kosketusetäisyyden ulkopuolelle.

Suojausmenetelmänä ei myöskään saa käyttää käyttöpaikan eristämistä eikä suojausta paikallisella, maasta erotetulla potentiaalintasauksella.

##### Sähkölaitteiden valinta

Sähkölaitteen kotelointiluokan on täytettävä vähintään IP24 vaatimukset.

Löylyhuone jaetaan neljään alueeseen:

Alue, johon saa asentaa ainoastaan kiukaan sekä sen käyttöön kuuluvia sähkölaitteita.

Alue, jossa sähkölaitteiden lämmönkestävyydelle ei aseteta erityisvaatimuksia

Alue, jossa sähkölaitteiden on kestävä vähintään 125 °C ympäristön lämpötila  
Alue, jossa sähkölaitteiden on kestävä yhtä hyvin lämpöä kuin alueella 3.  
Alueella saa olla ainoastaan valaisimia, jotka on asennettu siten, että ne eivät itse kuumene tai kuumenna ympäristöä liiaksi. Lisäksi tällä alueella saa olla kiukaan ohjaukseen ja säätöön tarvittavia laitteita ja niihin kuuluvia kaapeleita.

### Kytkinlaitteet

Löylyhuoneeseen ei saa asentaa muita kuin kiukaaseen tai muihin saunan lämmityslaitteisiin tai muihin saunan käytön kannalta välttämättömiin laitteisiin kuuluvia kytkinlaitteita. Löylyhuoneeseen ei myöskään saa asentaa pistorasioita.

Kiukaan asentamista koskevia ohjeita:

Nämä ohjeet eivät ole velvoittava osa standardia

Sähkölämmitteisen kiukaan asennuksessa noudatetaan valmistajan antamia asennusohjeita. Asennusohjeissa esitetyt suojaetäisyydet perustuvat testeihin, eikä niitä saa alittaa, vaikka käytettäisiin palavien rakenteiden suojana palamattomia levyjä tms. Huomattavaa on esimerkiksi, että saunan ikkuna ei saa aueta kiukaan suojaetäisyyden käsittävälle alueelle.

(Suomen standardoimisliitto SFS ry, 2003 141-158)



## LÄHDELUETTELO:

Kara R. 1994. Sähkölämmityksen käsikirja. Suomen sähköurakoitsijaliitto ry.

Seppänen O. 1995. Rakennusten lämmitys. Suomen LVI-yhdistysten liitto. Jyväskylä.

Kauppa- ja teollisuusministeriön selvitys päästökaupan ja energiaverotuksen sähkön ja lämmön yhteistuotannon asemaan sekä lämmitysmarkkinoihin [WWW-verkkajulkaisu]. [Viitattu 5.1.2005] Saatavissa: [http://www.ktm.fi/chapter\\_files/PAAstOkaupan\\_ja\\_enverotuksen\\_vaikutus.pdf](http://www.ktm.fi/chapter_files/PAAstOkaupan_ja_enverotuksen_vaikutus.pdf)

E.ON Suomi Oy kotisivut [WWW-verkkajulkaisu]. [Viitattu 12.3.2005] Saatavissa: <http://www.eon.fi/suomi/energiatietoa/lammitysvaihtoehdot/sahko/index.html>

Valtion teknillinen tutkimuskeskus VTT, WebDIA [WWW-verkkajulkaisu]. [Viitattu 15.3.2005] Saatavissa: <http://www.rte.vtt.fi/webdia/sahkolampo>

Valtion ympäristöhallinto [WWW-verkkajulkaisu]. [Viitattu 18.4.2005] Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=16780&lan=fi>

Rakentaja.fi [WWW-verkkajulkaisu]. [Viitattu 20.5.2005] Saatavissa: [http://www.rakentaja.fi/index.asp?s=/suorakanava/verkkolehti/04/4804ensto\\_mo.htm](http://www.rakentaja.fi/index.asp?s=/suorakanava/verkkolehti/04/4804ensto_mo.htm)

Suomen sähköopas [WWW-verkkajulkaisu]. Opasmedia Oy & Suomen sähkö- ja teleurakoitsijaliitto ry. [Viitattu 20.5.2005] Saatavissa: [http://www.sahkoopas.com/pientalon\\_sahkolammitys/ulkoalueiden\\_sulanapito.html](http://www.sahkoopas.com/pientalon_sahkolammitys/ulkoalueiden_sulanapito.html)

DEVI Oy kotisivut [WWW-verkkajulkaisu]. [Viitattu 20.8.2005] Saatavissa: [www.devi.fi](http://www.devi.fi)

Siemens Electrical Heating AS kotisivut [WWW-verkkajulkaisu]. [Viitattu 20.8.2005] Saatavissa: <http://www.siemens-eh.fi/>

Elfoil Oy kotisivut [WWW-verkkajulkaisu]. [Viitattu 30.9.2005] Saatavissa: <http://www.elfoil.fi/>

Motiva Oy kotisivut [WWW-verkkajulkaisu]. Moottorin esilämmitys-opas. [Viitattu 10.2.2006] Saatavissa: [http://www.motiva.fi/attachment/f16d4d543f99d7a59f54560a69063a0e/81f84957f5e0dffba14822a758a07b1/Moottorin\\_esil%C3%A4mmitys.pdf](http://www.motiva.fi/attachment/f16d4d543f99d7a59f54560a69063a0e/81f84957f5e0dffba14822a758a07b1/Moottorin_esil%C3%A4mmitys.pdf)

Sähkölämmitysfoorumi ry kotisivut [WWW-tietopalvelu]. [Viitattu 16.8.2006] Saatavissa: <http://www.sahkolammitysfoorumi.com>

Ensto Oy kotisivut [WWW-verkkajulkaisu]. [Viitattu 20.4.2006] Saatavissa: [http://www.ensto.com/www/finnish/index/kodin\\_sahkoistys/lammitus.html](http://www.ensto.com/www/finnish/index/kodin_sahkoistys/lammitus.html)

Finlex valtiosäädöstietopankki [WWW-verkkajulkaisu]. [Viitattu 21.4.2006]

Saatavissa: <http://www.finlex.fi/data/normit/1935-d5.pdf> &

<http://www.finlex.fi/data/normit/1919-C3s.pdf>

Tekniikan maailma 1/2005 [Aikakauslehtiartikkeli]. Auton esilämmitys. Helsinki:

Yhtyneet kuvalehdet Oy & Test Center Tiililä Oy 2004. Saatavissa:

<http://www.testcenter.fi/dlfile.php?id=574>

Jäähdytinpalvelu RefGroup Oy kotisivut [WWW-verkkajulkaisu].

Ilmalämpöpumput. [Viitattu 21.4.2006] Saatavissa:

<http://www.ilmalampopumput.fi/pumppu.htm>

Etelä-Suomen prosessisysteemi Oy kotisivut [WWW-verkkajulkaisu]. [Viitattu

27.6.2006] Saatavissa: <http://www.prssystem.fi/ilmalampo/default.asp>

Sähköinfo Oy. 2005. Sähkötietokortisto ST-kortisto. Espoo: Sähköinfo Oy.

Suomen standardoimisliitto SFS ry. 2002. SFS-käsikirja 144

Pienjännitesähköasennukset ja sähkötyöturvallisuus. Jyväskylä: Gummerus

Kirjapaino Oy.

Sähkötieto ry. 1993. Teollisuuden sähkölämmityskaapeloinnit suunnittelu- ja

asennusohje ST-käsikirja. Espoo: Painokurki Oy.