

Jani Leppiniemi

Lattialämmityksen suunnitteluohjeistus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

18.11.2012

| | |
|---|---|
| Tekijä(t) Otsikko | Jani Leppiniemi Lattialämmityksen suunnitteluohjeistus |
| Sivumäärä Aika | 32 sivua + 4 liitettä 18.11.2012 |
| Tutkinto | insinööri (AMK) |
| Koulutusohjelma | talotekniikka |
| Suuntautumisvaihtoehto | tuotantopainotteinen LVI-tekniikka |
| Ohjaaja(t) | suunnittelupäällikkö Markku Tanhola lehtori Hanna Sulamäki |
| <p>Työn tarkoituksena oli kehittää lattialämmityssuunnittelun avuksi suunnitteluohjeistusta. Tähän liittyi käytössä olevia laskentamallien kehitystä ja suunnittelua tukevien mallien kuten tasokuvien päivitys. Insinööri työ toteutettiin yhteistyössä Metropolia ammattikorkeakoulun talotekniikan koulutusohjelman ja LVI-insinööritoimiston Wise Group Finland Oy:n kanssa.</p> <p>Suunnitteluohjeistusta luotiin perehtymällä alan kirjallisuuteen sekä sähköisiin lähteisiin. Suunnitelmissa käytettyjen ratkaisujen hyväksyttämiseksi käytiin haastatteluja alalla työskentelevien toimihenkilöiden kanssa.</p> <p>Insinööri työn tuloksena syntyi lattialämmityksen suunnitteluun ohjeistus, jossa esitellään lattialämmityssuunnittelussa huomioon otavat ratkaisut. Ohjeistus antaa ohjeavot suunnittelussa käytettävien lähtötietojen valintaan. Suunnittelun nopeuttamiseksi luotiin Microsoft Office Excel -ohjelmalla toimiva taulukkolaskenta. Taulukkolaskennan toiminnallisuuden kannalta työssä on esitetty useita LVI-tekniisiä kaavoja. Taulukkolaskenta toimii myös dokumentaationa lattialämmitysverkoston mitoitusarvoille.</p> <p>Annettujen lähtöarvojen ja LVI-suunnittelijan valitsemien arvojen perusteella taulukkolaskenta antaa tulokseksi suunnitelmiin ilmoitettavat tiedot. Tietojen perusteella voidaan tehdä suunnitelmat urakkalaskentaa varten ja mitoittaa lämmitysverkoston lämmitysputkisto sekä laitteet. Ohjeistus nopeuttaa ja yhtenäistää lattialämmityksen suunnittelua.</p> <p>Tulevaisuudessa ohjeistusta tullaan kehittämään käyttökokemuksista saatavien palautteiden perusteella.</p> | |
| Avainsanat | lattialämmitys, suunnittelun ohjeistus, lämmityssuunnittelu |

| | |
|--|---|
| Author(s) Title | Jani Leppiniemi Desing manual for underfloor heating |
| Number of Pages Date | 32 pages + 4 appendices 18 November 2012 |
| Degree | Bachelor of Engineering |
| Degree Programme | Building Services Engineering |
| Specialisation option | HVAC Engineering, Production Orioentation |
| Instructor(s) | Markku Tanhola, Design Manager Hanna Sulamäki, Senior Lecturer |
| <p>The purpose of this final year project was to develop guidelines to help the design of underfloor heating. This included the development of spreadsheet calculation models as well as an upgrading the models that support design.</p> <p>The design guidelines were based on relevant literature and electronic sources. To get approval of the design solutions interviews with staff who work in the field took place.</p> <p>The result of this final year project was a floor heating design guide which explains the floor heating solutions. The guide provides specifications for the initial selection of design data. To speed up the design a spreadsheet was created. The spreadsheet also operates as a documentation for the underfloor design values.</p> <p>Based on both the initial values and selections of an HVAC designer the spreadsheet calculation gives results for the design. The results can be used for the calculation of contracts and for the design of heat system piping and heating equipment. The guidelines speed up and standardize underfloor heating design.</p> <p>In the future the guidelines will be developed further on the basis of experience.</p> | |
| Keywords | underfloor heating, manual for design, heating design |

Sisällys

| | | |
|------|---|----|
| 1 | Johdanto | 1 |
| 2 | Lattialämmitys | 2 |
| 2.1 | Lämmitysmuotona lattialämmitys | 2 |
| 2.2 | Lattialämmityksen toimintaperiaate | 3 |
| 3 | Lattialämmityksen suunnittelu | 5 |
| 3.1 | Lämmitysverkoston lämpötilat | 6 |
| 3.2 | Putkitus | 7 |
| 3.3 | Kylmät pinnat | 8 |
| 3.4 | Laitteistosijoittelu | 12 |
| 4 | Lämmitystarpeen laskenta | 12 |
| 5 | Lattialämmityksen mitoitus | 14 |
| 5.1 | Asennusvälit ja pintalämpötila | 15 |
| 5.2 | Korjauskertoimet | 16 |
| 5.3 | Vesivirrat ja piirit | 17 |
| 6 | Lattiarakenteet ja -materiaalit | 18 |
| 7 | Säätöjärjestelmät | 19 |
| 7.1 | Menoveden lämpötilan säätö | 20 |
| 7.2 | Lattialämmityspiirin säätö | 20 |
| 8 | LVIA-asiakirjat | 21 |
| 8.1 | Tasokuvat | 21 |
| 8.2 | Toimintakaavio, laiteluettelo ja toimintaselostus | 23 |
| 9 | Urakkarajat | 24 |
| 10 | Lattialämmityspiirin laskenta Excel | 25 |
| 10.1 | Putkisto | 26 |
| 10.2 | Virtaama | 28 |

| | | |
|------|------------------------------|----|
| 10.3 | Nopeus | 28 |
| 10.4 | Painehäviö | 29 |
| 10.5 | Laskentaohjelman täyttäminen | 30 |
| 11 | Yhteenveto | 32 |
| | Lähteet | 33 |

Liitteet

Liite 1. Tasokuva lattialämmityksestä täydellä mitoituksella

Liite 2. Tasokuva lattialämmityksestä

Liite 3. Tasokuva jakotukista

Liite 4. Laskenta, excel

1 Johdanto

Työn tarkoituksena on kehittää lattialämmityssuunnittelun avuksi suunnitteluohjeistusta. Tähän liittyy käytössä olevien laskentamallien kehitystä ja suunnittelua tukevien mallien kuten tasokuvien päivitys.

Yritys, jolle ohjeistus tehdään, on pääkaupunkiseudulla toimiva LVI-insinööritoimisto. Wise Group Finland Oy on suomalainen yritys, joka tarjoaa talonrakennusalan konsultointi-, suunnittelu- ja rakennuttamispalveluja uudis- ja korjauskohteisiin Suomessa, Venäjällä ja Baltian maissa. Yritys on yksi alan johtavista toimijoista, mistä kertovat pitkäaikaiset uudistuvat asiakassuhteet sekä yli 7 000 toteutettua uudis- ja korjauskohdetta 30 vuoden aikana. Yrityksessä työskentelee yli 170 talonrakennusalan suunnittelun, rakennuttamisen ja konsultoinnin ammattilaista.

Suunnitteluohjeelle on tullut tarvetta yrityksen voimakkaan kasvun myötä. Uusia suunnittelijoita pitäisi saada nopeammin ja tehokkaammin perehdytettyä yrityksen toimintatapoihin. Suunnitteluohjeistuksessa esitellään ne asiat, jotka suunnittelijan on tehtävä ja dokumentoitava jokaisen suunnitteluvaiheen aikana. Suunnitteluohjeessa esitellään myös käytettävät laskentamallit.

Suunnitteluohjeen ensisijainen tarkoitus on perehdyttää juuri yritykseen tulleet aloittelevat ja kokeneet insinöörit yrityksen toimintatapoihin. Sen avulla myös pidempään yrityksessä olleet suunnittelijat voivat tarkistaa ja kehittää toimintatapojaan. Tässä ohjeistuksessa pyritään tehostamaan lämpösuunnittelijan itse tekemää laadunvarmistusta. Suunnittelumenetelmät pyritään standardisoimaan siten, että jokaisen suunnitteluvaiheen aikana tehdyt ratkaisut olisivat harkittuja, perusteltuja ja dokumentoituja.

2 Lattialämmitys

Ensimmäiset lattialämmitysjärjestelmän yksinkertaiset muodot on uskottu olevan olemassa noin 6000 vuotta sitten. Roomalaiset olivat ensimmäisiä, joilla oli keskuslämmiteinen lattialämmitysjärjestelmä. Lämmitys pohjautua tulisijojen polttokaasuihin jotka kulkivat lattian alla sijaitsevilla hormeissa. Lattialämmityksen läpimurto tapahtui 1920-luvulla jolloin britit ja ranskalaiset kehittivät nykyistä järjestelmää muistuttavaa järjestelmää. Suomessa läpimurto tapahtui 1980-luvun puolivälissä. [Lattialämmityksen historia 2012.]

Nykyään ihmiset viettävät suurimman osan ajastaan sisätiloissa. Tämän takia sisäilmaston laadulla on tärkeä merkitys. Sisäilmastoon vaikuttavista laatutekijöistä lämpötila on kaikkein tärkein. Ihminen aistii herkästi lämpötilapoikkeamat ja mahdolliset kylmät pinnat. Asuintilojen ohjelämpötilaksi suositellaan +21 °C, jota yleisesti käytetään lämmityskaudella suunnittelun sisälämpötila-arvona. Kaikkia tyydyttävää sisäilmasto-olosuhdetta ei ole olemassa, sillä ihmisten mieltymykset ja aktiviteetit ovat erilaisia. [Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto 2010.]

2.1 Lämmitysmuotona lattialämmitys

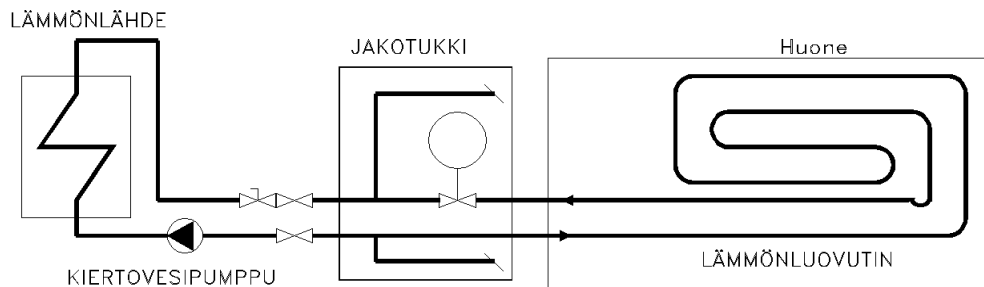
Lattialämmitys on lähes ihanteellinen lämmitysmuoto, sillä lämpö jakautuu lattiapinta-alalla tasaisesti ja nousee ylöspäin vedottomasti. Perinteiseen patterilämmitykseen verrattuna lattialämmityksellä on lukuisia etuja mutta myös heikkouksia. Arkkitehtuurillisesti lattialämmitys antaa vapauden toteuttaa suunnitteluratkaisuja joustavasti. Esimerkiksi ikkunat voidaan toteuttaa lattiarajasta asti, eikä kalusteiden huonejärjestyksessä tarvitse miettiä lämmityslaitteiston sijoittelua. Termisen hitauden myötä lattialämmitys on haavoittuvainen ulkopuolisille lämmönlähteille, kuten auringon tuottamalle lämpösäteilylle. Termisen hitaus kasvaa suhteessa lämmittimen massaansa, joten lattialämmityksellä huoneen termisen mukavuuden ylläpitäminen on haastavampaa. Lattialämmitys ei ole paras lämmitysmuoto, jos huonetilassa esiintyy suuria kylmäpintoja kuten ikkunoita. Kylmän pinnan aiheuttamaa vedontunne voidaan eliminoida asentamalla ikkunan alle lämmityspatteri tai lattialämmityspotkujen asennusvälin pienentäminen.

Lattialämmitys sopii myös saneerauskohteisiin pienen lämpötilaeron ansiosta ja lämmönlähteenä voidaan käyttää lähes kaikkia järjestelmiä. Lämmitysmuoto sopii betoni-,

parketti-, ja puulattiarakenteisiin. Lattialämmitystä ei saa asentaa samaan lämmitysverkostoon käyttövesijärjestelmän kanssa. [LVI 13-10261 1996.]

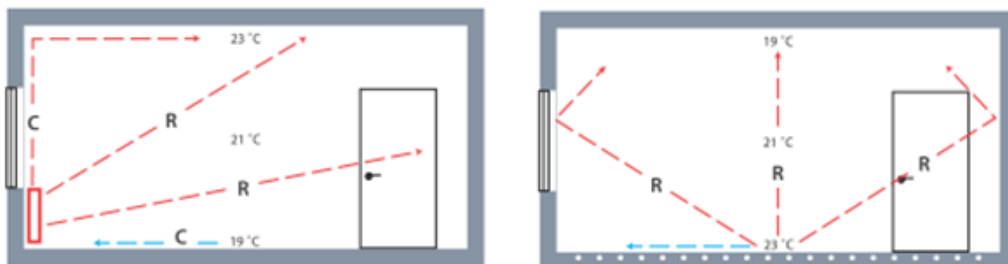
2.2 Lattialämmityksen toimintaperiaate

Lämmitysverkostossa kiertävä vesi kuljetetaan lämmönlähteestä huoneeseen, jossa lämpö siirtyy huoneilmaan lämmönlähteen kautta (kuvio 1). Veden kierto toteutetaan kiertovesipumpun avulla. Pääsääntöisesti lattialämmitysverkostot rakennetaan jakotukijärjestelmällä. Huoneiston lattiassa kiertävät putket liitetään keskitetysti pääverkostoon jakotukin kautta. Jakotukin yhteyteen asennetaan sulku- ja säätöventtiili. [Seppänen 1995: 123.]



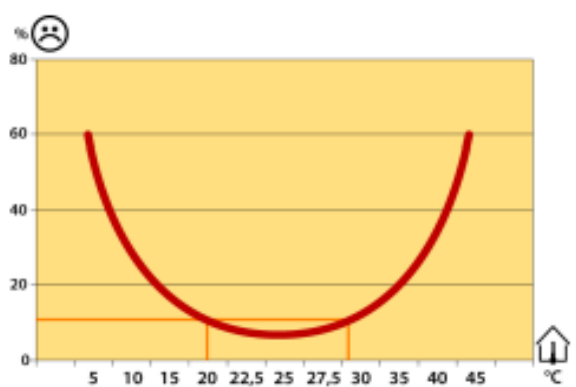
Kuvio 1. Vesikiertoisen lattialämmityksen periaate

Lämmönlähtimestä lämpö siirtyy huoneeseen (kuvio 2) konvektion tai lämpösäteilyn avulla. Lattialämmityksessä säteilylämmityksen osuus on 50...60 % kokonaislämmönsiirrosta. Vastaavasti patterilämmityksessä säteilylämmityksen osuus on 30 % [Vesikiertoisen lattialämmityksen perusteet. 2011: 5]. Lattialämmitys saa aikaan tasaisen lämpötilajakauman pystysuunnassa ja poistaa kylmän lattian aiheuttamat ongelmat. [Seppänen 1995: 182.]



Kuvio 2. Lämmityspatterin ja lattialämmityksen lämmönsiirtyminen [Vesikiertoisen lattialämmityksen perusteet 2011: 5]

Lattialämmityksessä lämmönsiirtopinta-ala on suuri, koska lämmitysputket kiertävät huoneiston kauttaaltaan. Suuren lämmönluovutuspinna-alan ansiosta lämpö jakautuu tasaisesti ja pinnan lämpötila ei tarvitse olla suuri, joten lattialämmityksessä voidaan hyödyntää matalalämpöisiä lämmönlähteitä. Matalalämpöverkkoa käytetään myös viihtyvyyssyistä, koska lattian pintalämpötila ei saisi nousta yli 30 °C:n (kuvio 3). Rakennusten lämpötalouden paranemisen myötä lattian pintalämpötila ei nykyään nouse liian korkeaksi. [Seppänen 1995: 182.]



Kuvio 3. Lattialämpötila-alueen miellyttävyys [Vesikiertoisen lattialämmityksen perusteet 2011: 5]

Lattialämmityksen saatava teho määräytyy lattian pintalämpötilan ja sen materiaalin mukaan. Pintalämpötila on korkeimmillaan menoputken kohdalla ja kylmintä putkien välissä, siksi on edullisinta asentaa lattialämmityksen meno- ja paluuputket rinnan. Tällöin lattian pintalämpötila on mahdollisimman tasainen. Lämmitysputket lämmittävät koko lattiarakenteen, siksi lattia luovuttaa lämpöä ylös- ja alaspäin. Eristämättömissä välipohjissa on vaarana lämpövirran siirtyminen alaspäin.

3 Lattialämmityksen suunnittelu

Suunnittelussa pyritään pääsemään hyvään sisäilmanlaatuun kokonaisuudessaan. Hyvä lämmitysjärjestelmä ei vaikuta haitallisesti sisäilmaston laatuun, eikä luovuta epäpuhtauksia ilmaan. Lämmitysjärjestelmän ei tulisi aiheuttaa pölyä nostattavia pyörteitä, sen takia Lattialämmitys on hyvä lämmitysmuoto allergikoille pienen konvektion ansiosta. Lämmittimet tulee asentaa niin, etteivät ne estä puhtaanapitoa. Tämä tarkoittaa lämmityspattereiden vähimmäis-asennusetäisyyttä lattiasta. [Lämmitysjärjestelmä ja hyvä sisäilma 2012.]

Eri laitevalmistajien lattialämmitysjärjestelmien suunnittelu ja asennusohjeet eroavat toisistaan. LVI-suunnittelija suunnittelee ja mitoittaa alustavasti lattialämmitysverkoston.

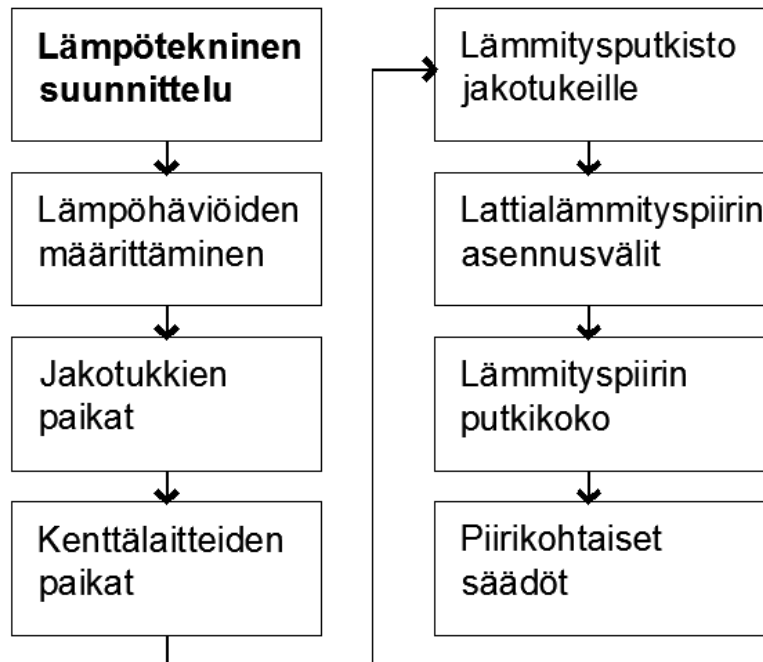
LVI-suunnittelijan tehtäviin kuuluu

- laskea huonekohtaiset lämpöhäviöt
- merkitä tasopiirustuksiin jakotukkien paikat
- rajata lattialämmityspiirin vaikutusalue
- sijoittaa kenttälaitteet
- suunnitella lämmitysverkosto lämmönjakolähteestä lattialämmityksen jakotukille asti.

Lattialämmitysverkoston putkikoot ja asennusvälit suunnitellaan alustavasti mitoitusvirtaamia ja painehäviöitä varten. Alustavien virtaamien ja painehäviöiden avulla mitoitetaan lämmitysrunkoputket. Lattialämmitystoimittajat tekevät kohteeseen tarkemmat suunnitelmat, kuten asennusvälit, piirien putkikoot sekä piirikohtaiset säädöt ja virtaamat. Alustavat LVI-suunnittelijan mitoitusarvot tarkistetaan ja korjataan tarvittaessa tarkempien lattialämmityssuunnitelmien pohjalta. [LVI 13-10261 1996: 4; Elers 2005: 28; Holmström 2012.]

Lattialämmityksen suunnittelu (kuvio 4) vaatii LVI-suunnittelijalta enemmän perehtymistä järjestelmän toimintaan verrattuna perinteiseen patterilämmitykseen. Lattialämmityssuunnittelussa ilmanvaihdon jälkilämmitykseen ja tilojen kylmäpintoihin tulee kiinnittää huomiota. Lattialämmitys on hidas lämmitysmuoto eikä reagoi ympäristön muutoksiin yhtä nopeasti kuin perinteiset lämmityspatterit. Mitä enemmän lämmittimellä on mas-

saa, sitä suurempi on terminen hitaus. Lattialämmityksessä lämpö varautuu lattiaan, joka tarkoittaa suurta termistä hitautta ja aiheuttaa epätarkkuutta lämmönsäädössä. [Lämmitysjärjestelmä ja hyvä sisäilma 2012.]



Kuvio 4. Lattialämmityssuunnittelun kulku

Suunnitteluajana LVI-suunnittelija tekee yhteistyötä sähkö- ja rakennesuunnittelijan kanssa lattialämmitykseen mahdollisesti liittyvistä rakennetoista ja automaatio- tai sähkökomponenteista. Termostaattien ja toimilaitteiden sijaintitiedot on toimitettava sähkösuunnittelijalle. Rakennesuunnittelijalle ilmoitetaan alueet, jotka varustetaan lattialämmityksellä. Erityisesti saneerauskohteissa lattialämmitysjärjestelmä aiheuttaa suuria rakennusteknisiä töitä.

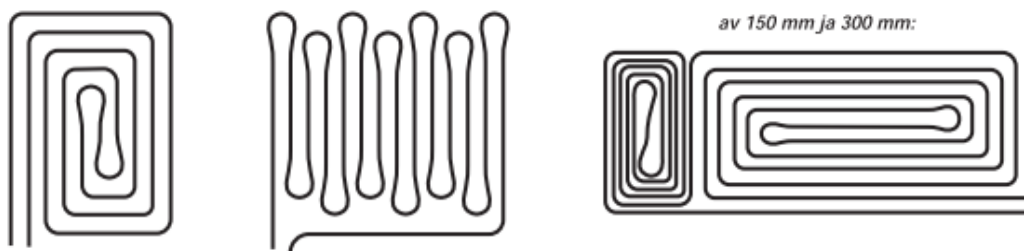
3.1 Lämmitysverkoston lämpötilat

Lattialämmityksessä lämpötilat ovat alhaisia verrattuna perinteiseen patterilämmitykseen. Suositeltava menoveden enimmäisarvo lattialämmityksellä on 50 °C riippuen lattian rakenteesta. Lattialämmitysverkosto voidaan alustavasti suunnitella mitoituslämpötiloilla 35-30 °C. Normaalin patterilämmityksessä menoveden lämpötila on keskimää-

rin 70 °C. Alhaisien lämpötilojen ansiosta lattialämmitys on joustava lämmöntuotantojärjestelmän suhteen kaukolämmityksestä pellettilämmitykseen. Alhaisien lämpötilatasojen ansiosta maalämmitys toimii paremmilla hyötysuhteilla.

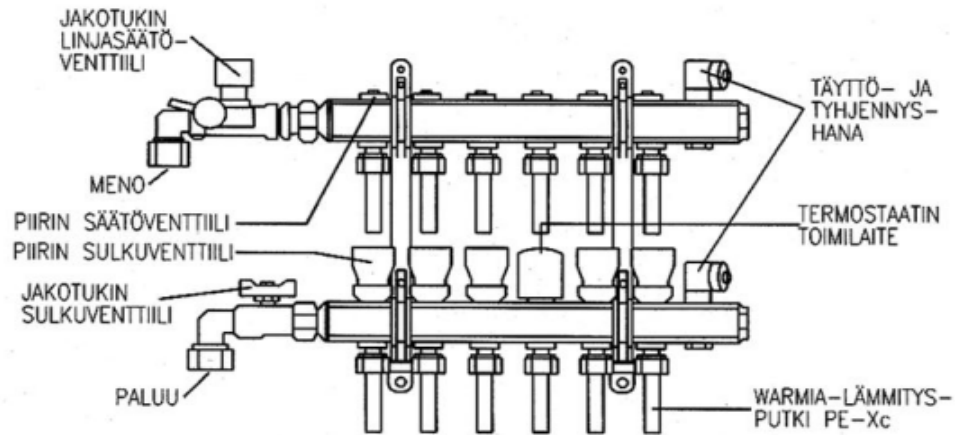
3.2 Putkitus

Perusedellytykset laadukkaalle lattialämmitykselle on oikeanlainen putkitus sekä virtausteknillisesti kohteeseen sopiva putkikoko. Lämmönluovutusta voidaan tehostaa tihentämällä asennusväliä esimerkiksi ulkoseinien ja ikkunoiden läheisyydessä. Putket voidaan asentaa lattiaan spiraali-, rivi- tai kaksoispiraali asennuksella (kuvio 5). Spiraaliputkituksella saadaan putket asennettua tiheästi jopa 75 millimetrin välein kohteisiin, joissa on suuret ikkunat ja oviaukot. Paras putkiväli on 150 millimetriä, joka on helppo asentaa. [Warmialattialämmitys 2010, Lattialämmityksen putkitukset; Lattialämmitysjärjestelmän asennus-, käyttö- ja mitoitusohjeet 10/2009: 7.]



Kuvio 5. Lattialämmityksen putkitukset [Lattialämmitysjärjestelmän asennus-, käyttö- ja mitoitusohjeet 10/2009: 7]

Normaalissa kohteen nurkka- ja ulkolinjahuoneistoissa sekä kosteissa tiloissa voidaan käyttää 17 mm:n putkea 150 mm:n asennusvälillä. Tällöin taataan mahdollisimmin tasainen lattialämpötila. Keskihuoneistoissa voidaan käyttää 300 mm:n asennusväliä. 20 mm:n putkea voidaan käyttää isoissa tiloissa tai halleissa 300 mm:n asennusvälillä. [Lattialämmitysjärjestelmän asennus-, käyttö- ja mitoitusohjeet 2009: 4.]

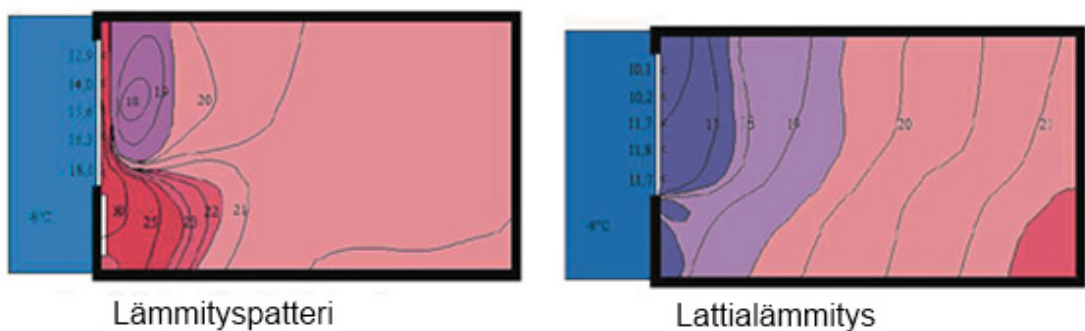


Kuvio 6. Lattialämmityksen jakotukki [Warmialattialämmitys 2010: 12]

Lattialämmityksen jakotukille (kuvio 6) tuodaan runkoputket lämmönlähteestä. Jakotukilta syötetään huoneeseen piirikohtaiset meno- ja paluulämmityspotket. Jakotukki sijoitetaan jakotukkikaappiin tai vastaavaan suojakaappiin.

3.3 Kylmät pinnat

Kylmät pinnat kuten ikkunat voivat aiheuttaa vetoa ja kylmyyden tunnetta, jota ei latta-
lämmityksellä pystytä poistamaan yhtä tehokkaasti kuin patterilämmityksellä (kuvio 7).
Lämmityspatterit sijoitetaan aina ikkunoiden alle estääkseen ikkunasta syntyvän epä-
miellyttävän kylmyyden tunteen. Suurien ikkunapinta-alojen esiintyessä tulee lämmi-
tysmuotoon kiinnittää huomiota. Ikkunoiden lämmönläpäisykertoimeksi suositellaan
korkeintaan $1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$. [Lämmitysjärjestelmä ja hyvä sisäilma 2012; LVI 13-10261
1996: 1.]



Kuvio 7. Huoneen lämpöjakauma lämmityspatterilla ja lattialämmityksellä [Lämmitysjärjestelmä ja hyvä sisäilma 2012]

Rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, etteivät ilman liike, lämpösäily ja pintalämpötilat aiheuta epäviihtyisyyttä oleskeluvyöhykkeellä käyttöaikana [Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. 2010].

Viihtyvyyden kannalta päiväkodit ja märkätilat on yleisesti varustettu lattialämmityksellä tai sitä vastaavilla järjestelyillä. Suurien ikkunapinta-alojen esiintyessä pintalämpötilat ja kylmän pinnan vedon aiheuttamat kylmävirrat on tarkasteltava oleskeluvyöhykkeiltä. Tilan kylmäpintojen aiheuttama vedontunne voidaan hoitaa esimerkiksi perinteisellä patterilämmityksellä.

Kylmästä ikkunasta syntyvä vedon tunne voidaan estää sijoittamalla ikkunan alle lämmityskonvektori, jonka lämpöteho on suurempi kuin ikkunasta syntyvä kylmäteho. Tarvittava lämpöteho ikkunan alle sijoitettavalle lämmityspatterille voidaan laskea kaavalla 1 [Emchoterm convectors. Planning manual part 2.1.0. 2012: 18].

$$\Phi_{\text{kylmä}} = \frac{q_v * b * c_l * \Delta T_L * \rho}{3600} \quad (1)$$

$\Phi_{\text{kylmä}}$ on ikkunan säteilyteho (kW)

q_v on ilman virtaama metriä kohden kuviosta 7 ([m³/h]/m)

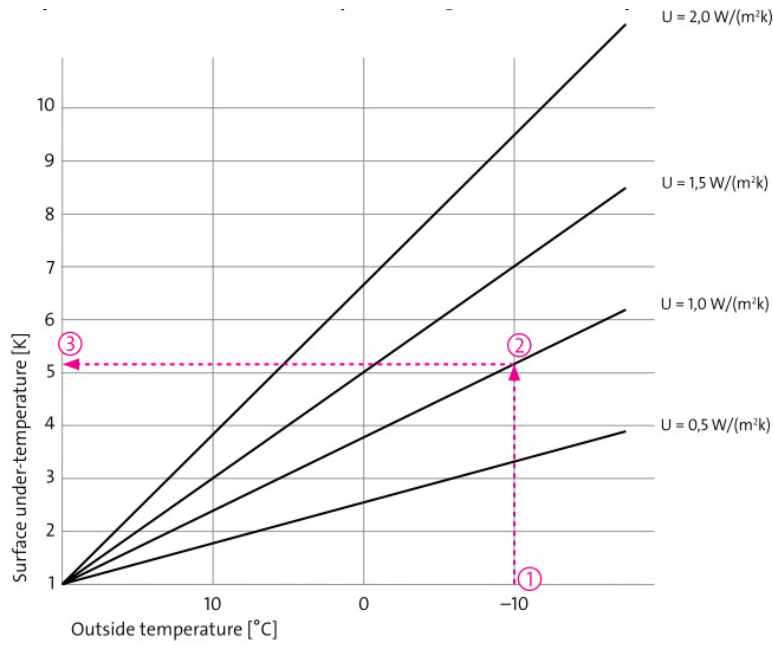
b on ikkunan leveys (m)

c_l on ilman ominaislämpökapasiteetti 1,0 (kJ/kgK)

ΔT_L on pinnan alilämpö kuviosta 5 (K)

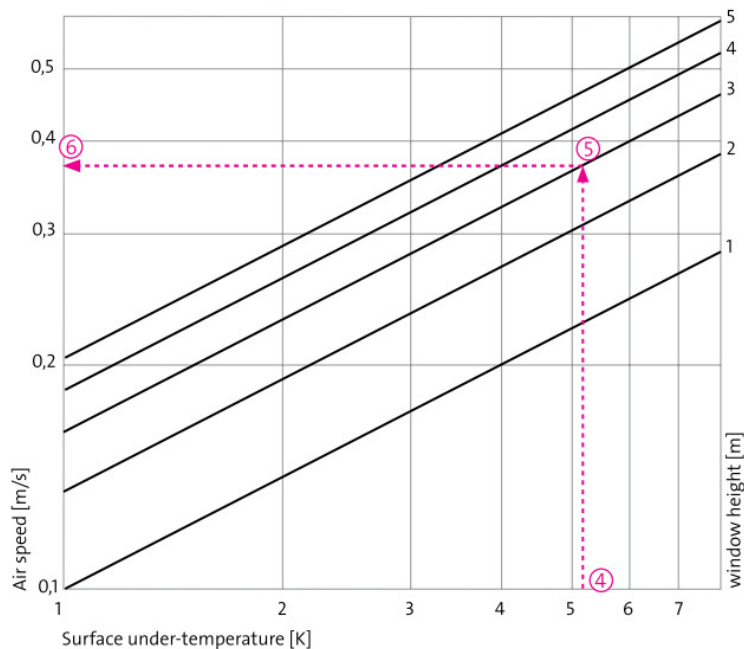
ρ on ilman tiheys 1,2 (kg/m³)

3600 on sekuntien määrä tunnissa (kJ/h => W/3600).



Kuvio 8. Ikkunan alilämpödiagrammi [Emchoterm convectors. Planning manual part 2.1.0. 2012: 18]

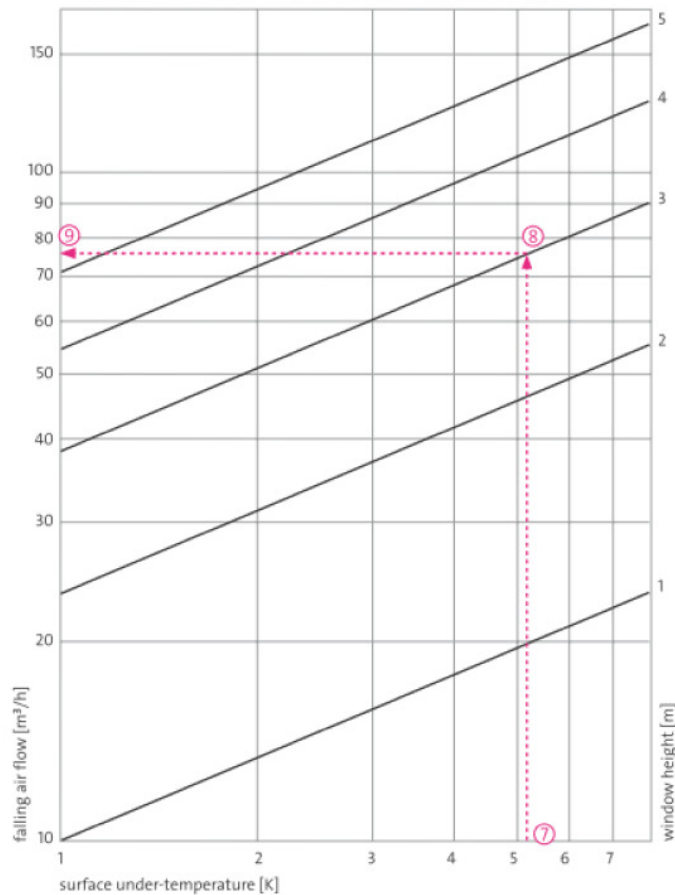
Ulkolämpötilalla -10 °C ja ikkunan U arvo ollessa $1,0\text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ saadaan kuvion 8 mukaan ikkunan pinnan alilämmöksi 5 K .



Kuvio 9. Kylmän ilman nopeusdiagrammi [Emchoterm convectors. Planning manual part 2.1.0. 2012: 18]

Kuviosta 9 saadaan pinnan alilämpötilan ja ikkunan korkeuden mukaan kylmän ilmavirran nopeus. Alilämmöllä 5 K ja ikkunakorkeudella 3 m tippuvan ilmavirran nopeus on 0,4 m/s.

Graph 3: Determining the falling air flow in m³/h per metre of window front depending on the surface under-temperature and the window height.



Kuvio 10. Kylmän ilman virtaamadiagrammi metriä kohden [Emchoterm convectors. Planning manual part 2.1.0. 2012: 19]

Pinnan alilämmön ollessa 5 K ja ikkunan korkeus 3 metriä saadaan kuviosta 10 ilmavirraksi 75 m³/h metrille.

Sijoittamalla diagrammeista saadut arvot kaavaan 1 saadaan ikkunaleveydellä 2 m lämpötehoksi 300 W.

$$\Phi_{\text{kylmä}} = \frac{75 * 2 * 1,0 * 5 * 1,2}{3600} = 0,24 \text{ kW} = 240 \text{ W} \quad (1)$$

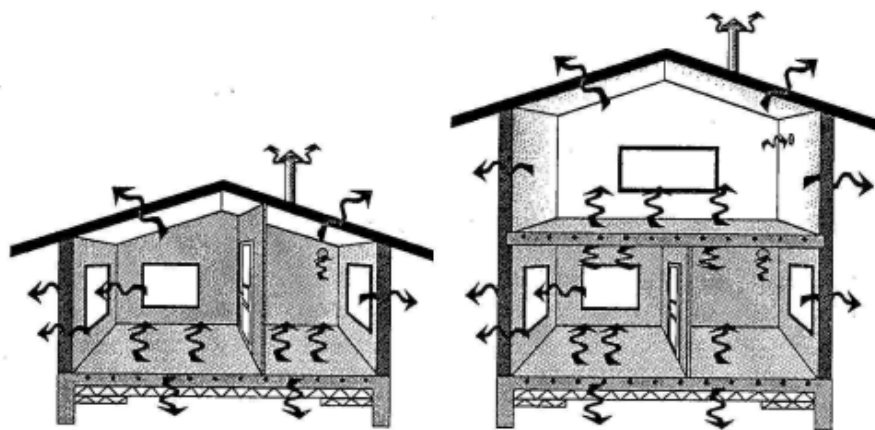
3.4 Laitteistosijoittelu

Suunnittelussa on myös huomioitava mahdolliset laitteistoviat ja toimilaitteiden huoltomahdollisuudet. Vuotovesi on havaittava mahdollisimman ajoissa ja sen tulee ohjautua helposti havaittavaan paikkaan kuten käytävälle. Laitteistojen sijoituksessa on otettava huomioon vuosittaisen huoltotarkastukset. Rikkoutuneen toimilaitteen tarvittava vaihto sekä huolto on onnistuttava ilman suuria rakenteellisia toimenpiteitä. [LVI 03-10242 1995, TATE 95 1995: 59.]

Seinien alapäiden kiinnitystapa tai märkätilojen vesi-yhteiden kuten WC-istuimen viemä-röinti ei saa vahingoittaa lattialämmityspotkia [LVI 03-10242; TATE 95. 1995]. Esimerkiksi kynnyksien kiinnittäminen pultilla tai ruuvilla on kiellettyä.

4 Lämmitystarpeen laskenta

Lämpöhäviötä tapahtuu ulkoilmaan seinän, ikkunan, lattian, katon tai ulko-oven kautta johtamalla vaipan läpi ja rakenteiden ilmaväleissä tapahtuvista ilmavuodoista. (kuvio 11). Ilmanvaihdon lämpöhäviö syntyy puhallettaessa huoneeseen alilämpöistä ilmaa, jolla tehostetaan ilman liikkuvuutta konvektion avulla. Rakennuksen yhteenlaskettujen lämpöhäviöiden suuruuden tulee vastata lämpötehon tuottoa. Lämpöteho voidaan tuottaa rakennukseen erilaisilla menetelmillä.



Kuvio 11. Lämpöhäviöt ja lämpötehot [Tirkkonen 1995: 35]

Lämpöhäviölaskelmat tehdään toimiston sisäisellä Excel-taulukkolaskennalla. Lämpöhäviölaskelmia tehtäessä mitoitus pyritään tekemään huonekohtaisesti tarkemman lopputuloksen saamiseksi. Kuitenkin nopeuttaakseen ja yksinkertaistamalla laskutoimituksia voidaan huoneistot jakaa samanarvoisiin moduuleihin. Tällöin yksinkertaistamalla lasketaan alimmasta kerroksesta, välikerroksesta ja ylemmistä kerroksista kustakin tavallinen moduuli ja nurkkahuonemuoduli. Lisäksi mahdolliset käyttötarkoitukseltaan tai erilaisen ilmanvaihdon omaavat huoneistot lasketaan erillään. Myöskin erilaisilla rakenteilla, ikkunoilla tms. varustetut huoneet tarkastellaan erillään. Lämmöntarvelaskennassa ei ole syytä päästä suurempaan tarkkuuteen kuin $\pm 5\%$. Huonekohtainen lämmöntarve on hyvä määrittää sopivasti ylöspäin. [Tirkkonen 1995: 35; LVI 13-10261 1996: 4.]

Huoneen lämmityksen tehontarve koostuu rakenteiden lämmönjohtumisesta, vuotoilman aiheuttamasta häviöstä ja ilmastoinnin jälkilämmityksestä. Nämä arvot saadaan laskettua kaavalla 2. Suomi on jaettu neljään eri säävyöhykkeeseen, joilla on eri mitoitusulkolämpötilat. Mitoitusulkolämpötila valitaan kohteen sijainnin mukaan. Etelä-Suomen mitoittavana ulkolämpötilana käytetään -26 °C säävyöhykkeen 1 mukaisesti. Suuret tai jatkuvat sisäiset lämmönlähteet otetaan laskennassa huomioon. [Rakennuksen energiakulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta 2007]

$$\phi_{\text{lämmitys}} = \phi_{\text{joht}} + \phi_{\text{vuotoilma}} + \phi_{\text{iv}} \quad (2)$$

$\phi_{\text{lämmitys}}$ on rakennuksen lämmitystehon tarve, W

ϕ_{joht} on tilojen johtumisteho, W

$\phi_{\text{vuotoilma}}$ on vuotoilman lämmitysteho tilassa, W

ϕ_{iv} on ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema teho, W.

Suunnittelutoimiston sisäiseen lämpölaskenta Excelin rakennevälilehteen täytetään kohteen rakennetiedot. Huonekohtaiset lämpöhäviöt lasketaan täyttämällä suunnittelu-toimistossa käytettävää lämpölaskentataulukko ohjelmaa. Taulukkoon täytetään huoneen rakennetiedot ja ilmanvaihdon mitoitusilmavirrat. Laskelmia käytetään kohteen lämmitysteknisten tietojen yhteenvetoon ja tässä opinnäytetyössä kehitettyyn lattia-lämmityslaskentataulukkoon.

5 Lattialämmityksen mitoitus

Lattialämmitystä mitoittaessa kohteesta tehdään huonekohtainen lämmitystarvelaskenta noudattaen Suomen rakentamismääräyskokoelman D5 annettuja ohjeita. Taulukossa 1 on esitetty lattialämmityksen suositusarvot. [Tirkkonen 1995: 35; LVI 13-10261 1996: 4]

Taulukko 1. Lattialämmityksen ohjeellisia suositus-, vähimmäis- ja enimmäisarvoja [LVI 13-10261 1996: 4]

| | Suositusarvo | Vähimmäisarvo | Enimmäisarvo |
|---|-----------------------|-----------------------|------------------|
| Menoveden lämpötila, °C | 35...50 ¹⁾ | 25...30 ¹⁾ | 50 ¹⁾ |
| Meno/paluuveden lämpötilaero, °C | 5...10 ¹⁾ | | |
| Lattian pintalämpötila, °C | 25...27 ²⁾ | 23 ²⁾ | 30 ²⁾ |
| Putkien asennusväli, mm | 150...200 | 50 | 300 |
| Yhden lattialämmityspiirin painehäviö, kPa | 15...20 | | |
| Asennussyvyys, mm | 40 | 30 | 70 |
| Kiertoveden virtausnopeus | | | |
| • muoviputki, m/s | 0,3 | 0,1 | 1,0 |
| • kupariputki, m/s | 0,3 | 0,1 | 0,8 |
| Maanvaraisen betonilaatan eristyspaksuus (polystyreeni), mm | 100 ³⁾ | | |

¹⁾ Riippuu lattiarakenteesta.

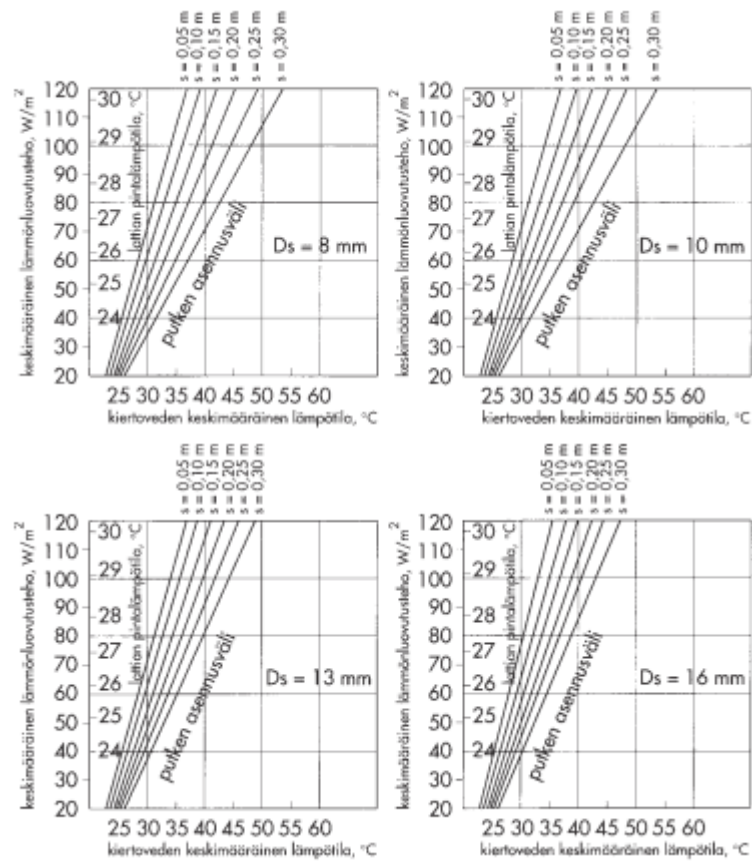
²⁾ Laskennallinen raja-arvo, riippuu lattianpäällysteestä, huonetilan käyttötarkoituksesta ja keskimääräisistä lämpöhäviöistä.

- tiloissa, joissa säännöllisesti työskennellään seisten, lattian pintalämpötila on $\leq +25$ °C
- asuinhuoneiden lattian pintalämpötila on $\leq +26...+27$ °C
- kylpyhuoneissa, WC:ssä, uimahalleissa ja tiloissa, joita käytetään harvoin, lattian pintalämpötila on $\leq +30$ °C
- varastoissa, autotalleissa yms. tiloissa lattian pintalämpötilana voidaan käyttää vähimmäisarvoa $+23$ °C, jos lämpötehotarve sen sallii.

³⁾ Ulomalla reuna-alueella eristyspaksuus on 150 mm, muualla 100 mm.

5.1 Asennusvälit ja pintalämpötila

Kiertoveden keskimääräisen lämpötilan, putkikoon ja asennusvälin mukaan voidaan kuviosta 12 tarkastella lattian pintalämpötilaa ja keskimääräinen lämmönluovutusteho.



Kuvio 12. Muoviputken asennusvälit [LVI 13-10261 1996: 4]

5.2 Korjauskertoimet

Jos lattialämmitys asennetaan normaalista poikkeavalla tavalla tai lattiapäällyste vaikuttaa lämpötehoon, voidaan lämmöntarvelaskennasta saatu teho korjata kaavalla 3.

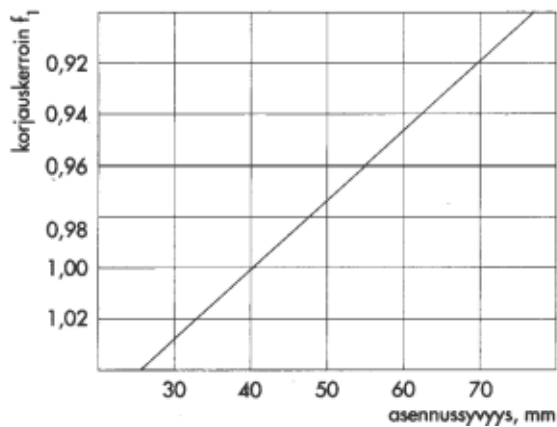
$$\phi_v = \frac{\phi}{f_1 * f_2} \quad (3)$$

ϕ_v on korjattu lämmöntarve (W/m²)

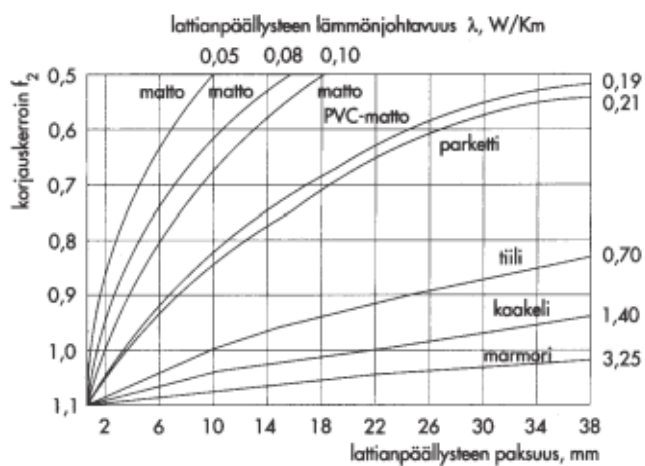
ϕ on lämmöntarve (W/m²)

f_1 on asennussyvyyden korjauskerroin kuviosta 13

f_2 on lattiapäällysteen korjauskerroin kuviosta 14.



Kuvio 13. Asennussyvyyden korjauskerroin [LVI 13-10261 1996: 5]



Kuvio 14. Lattianpäällysteen korjauskerroin [LVI 13-10261 1996: 5]

5.3 Vesivirrat ja piirit

Kun huonekohtainen lämpöhäviölaskelma on suoritettu, saadaan lattialämmityksen piirikohtainen vesivirtaama laskettua kaavalla 4. Huone varustetaan useammalla piirillä tarvittaessa, jotta piirikohtaiset painehäviöt eivät nouse yli suositusrajojen. Laskennan avulla voidaan määrittellä putken virtaama painehäviön tarkastelua varten. [Seppänen 1995: 119.]

$$q_v = \frac{\phi}{\rho * C_p * \Delta T * n} \quad (4)$$

q_v on veden tilavuusvirtaama (dm^3/s)

ϕ on huoneen lämpöteho (W),

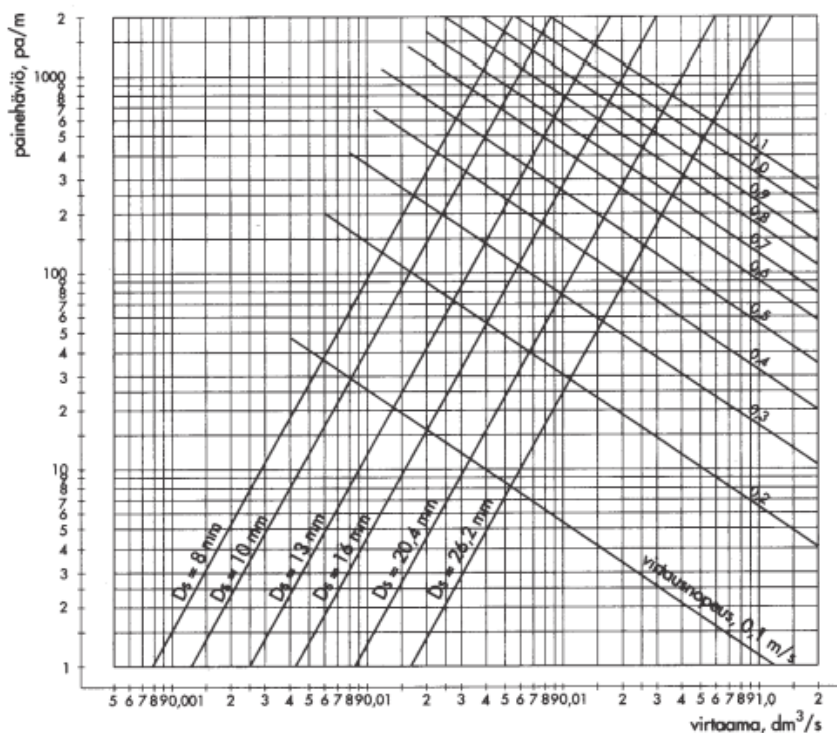
ρ on veden tiheys 1000 (kg/m^3)

C_p on veden ominaislämpökapasiteetti 4,2 (kJ/kgK),

ΔT on piirin meno- ja paluueden lämpötilaero ($^{\circ}\text{C}$),

n on huoneen piirien lukumäärä.

Muoviputken painehäviö voidaan katsoa kuviosta 15 virtausnopeuden ja putken sisähalkaisijan mukaan.

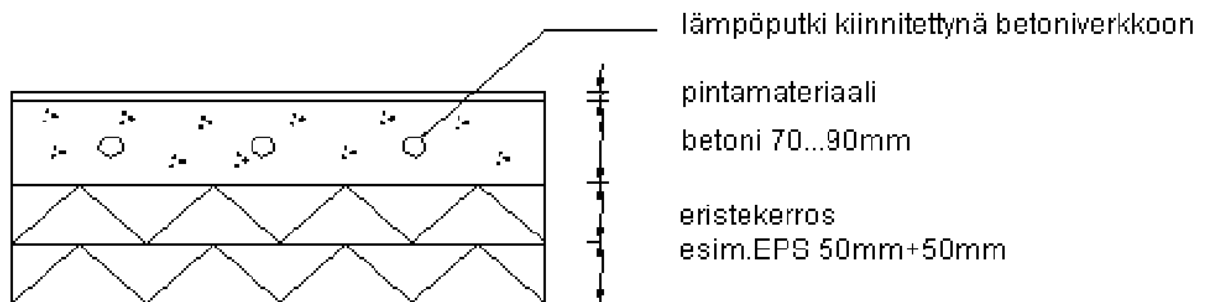


Kuvio 15. Muoviputken painehäviödiagrammi [LVI 13-10261 1996: 6]

6 Lattiarakenteet ja -materiaalit

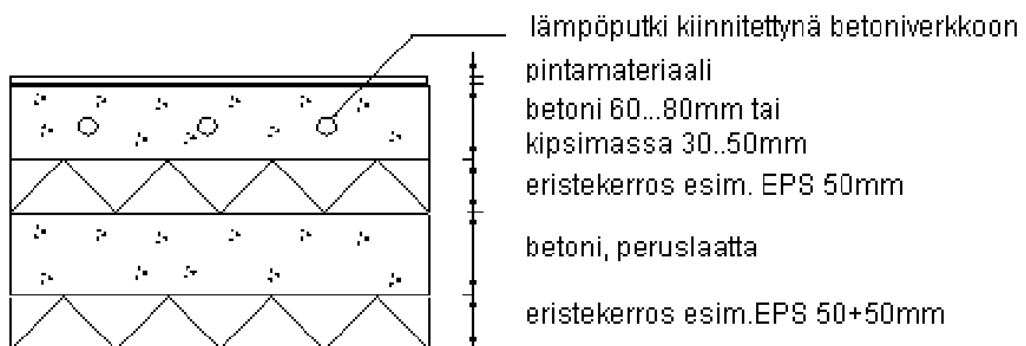
Teoriassa lattialämmitys voidaan asentaa kaikkiin lattiarakenteisiin (kuviot 16, 17 ja 18). Kohteen lattiarakennetiedot ja tyypit pyydetään rakennesuunnittelijalta. Erikoisimmissä rakenneratkaisuissa on pyydettävä konsultaatioapua lattialämmitystoimittajalta. Lattialämmitys toimii parhaiten kivipintaisissa pintamateriaaleissa, koska lämpö johtuu silloin parhaiten ylöspäin. Materiaalitoimittajalta on kuitenkin varmistettava materiaalin soveltuvuus lattialämmitykseen. Laatan mahdollisten lämpöliikkeen takia lattialämmityspotket on liikuntasaumojen kohdalla asennettava suojaputkiin. Liikuntasaumat määrittelee rakennesuunnittelija. [Warmialattialämmitys 2010; Lattialämmitysjärjestelmän asennus-, käyttö- ja mitoitusohjeet 10/2009.]

ALAPOHJA MAAVARAINEN



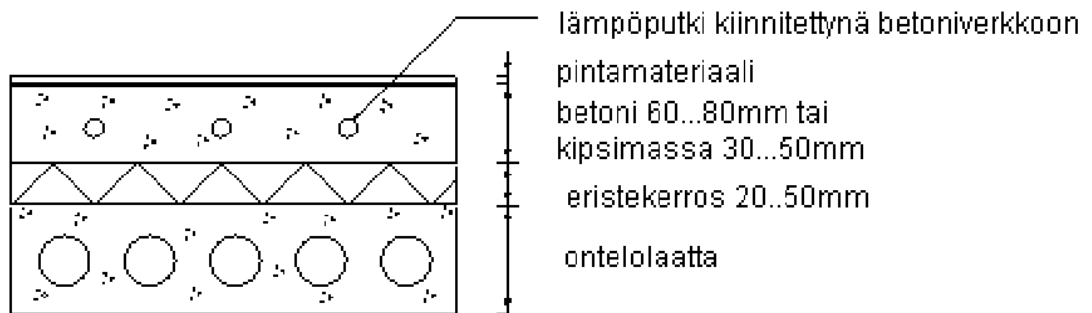
Kuvio 16. Maavarainen alapohja [Warmialattialämmitys 2010]

ALAPOHJA PERUSLAATTA



Kuvio 17. Alapohja peruslaatalla [Warmialattialämmitys 2010]

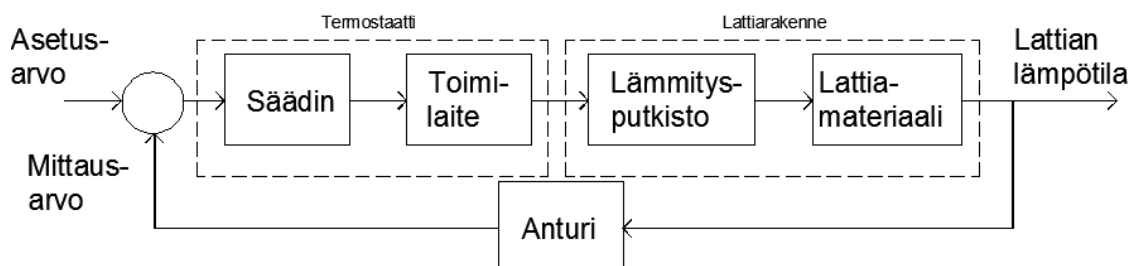
VÄLIPOHJA ONTELOLAATTA



Kuvio 18. Välipohja ontelolaatalla [Warmialattialämmitys 2010]

7 Säätöjärjestelmät

Huonesäädöksi kutsutaan prosessia, jolla pyritään automaattisesti ohjaamaan huonetilaan tuotua lämpötehoa vastaamaan huoneen lämmöntarvetta. Säätö toimii parhaiten, kun lämmitysjärjestelmä pystyy tarkasti säätämään huoneen hetkellisen tehontarpeen vaihtelun. Yksinkertainen säätöohjelma pitää huonetilan lämpötilan asetusarvossaan ohjaamalla suhteellisesti huonetilaan vaikuttavaa termostaattia. Säädön toteuttamiseksi vaaditaan anturi, joka tunnistelee lattian tai huoneiston lämpötilaa. Anturi lähettää mittausarvon säätimelle, joka vertailee suuretta prosessin asetusarvoon. Jos näiden tietojen suureessa ilmenee poikkeama, aloittaa säädin ohjaamaan toimilaitetta joka puolestaan pyrkii säilyttämään säätöpiirin tasapainon. (Kuvio 19) [Tirkkonen 1995.]

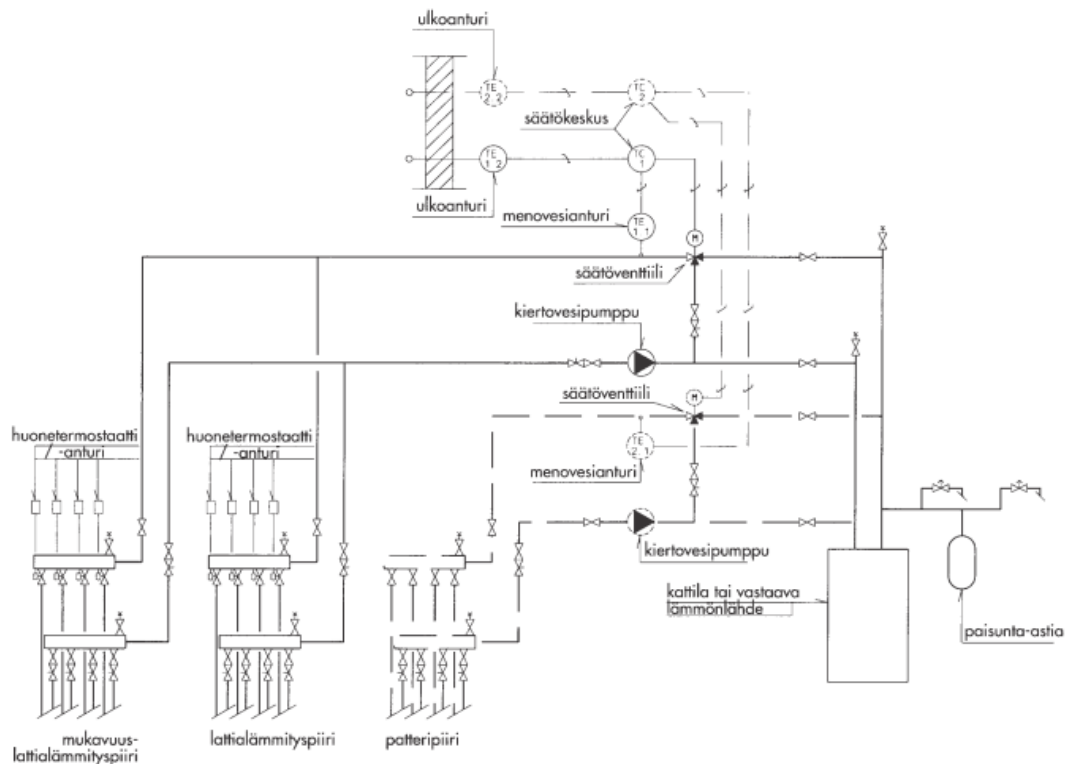


Kuvio 19. Periaatteellinen säätökaavio

7.1 Menoveden lämpötilan säätö

Lämmitysjärjestelmän toiminnan kannalta sen olennaisia tekijöitä on verkoston lämpötilan säätö. Verkoston lämpötilaan vaikuttavat lämmönlähteen ominaisuudet. Kaukolämpö lämmönlähteenä takaa korkeat lämpötilat ja maalämmöstä on saatavilla matalia lämpötiloja. Korkean lämpötilan omaavaan menoveteen sekoitetaan tarvittaessa verkostosta palaavaa vettä, jotta lämpötilatasot asettuvat halutuille arvoille. Sekoitus voidaan toteuttaa 2- tai 3-tiesäätöventtiilillä. Säätokekeskus ohjaa suhteellisesti säätöventtiiliä menoveden lämpötilan perusteella. [Seppänen 1995: 187.]

Menoveden lämpötilaa säädetään yleensä ulkolämpötilan perusteella (kuvio 20).



Kuvio 20. Periaatteellinen säätökaavio [LVI 13-10261 1996: 7]

7.2 Lattia-ämmityspiirin säätö

Lattia-ämmityksen suuren termisen hitauden takia huoneen lämpötilaolosuhteita on haastavampaa ylläpitää. Ulkoisten lämmönlähteiden kuten auringon, sähkölaitteiden tai ihmisten hyödyntäminen on hitaampaa.

Lattialämmityspiiriä voidaan säätää ulkolämpötilan tai huonelämpötilan mukaisesti. Ulkolämpötilaan pohjautuvassa säädössä lattialämmityspiiriin asetetaan vakiovirtaama ja verkoston lämpötila ohjautuu säätökeskuksen antaman tiedon mukaisesti.

Huonelämpötilansäätö voidaan toteuttaa huonetermostaatin ja toimilaitteen avulla. Säätökeskus säätää suhteellisesti piirin toimilaitetta lämpötila-anturin ja säätökäyrän mukaisesti. Lämpötila-anturi voidaan toteuttaa mittaamalla huoneen tai lattialaatan lämpötilaa.

8 LVIA-asiakirjat

LVI-suunnitteluasiakirjoissa määritellään asennettavien laitteistojen tekniset ominaisuudet ja asennustavat. Urakoitsijan tulee rakentaa järjestelmät hyvän ja kunnollisen asennustavan mukaisesti ja noudattaa TalotekniikkaRYL 2002-asiakirjassa määriteltyjä vaatimuksia. Rakennustarvikkeiden tulee olla asiakirjojen sekä voimassaolevien normien ja määräysten mukaisia.

Suunnitteluasiakirjojen teknisissä erittelyissä määritellään lattialämmityslaitteistojen teknisiä ominaisuuksia, kuten laitteistojen materiaalit, liitostavat, raja-arvot ja yleiset vaatimukset [TalotekniikkaRYL 2002, s. 93].

Kohteeseen laaditaan myös työselostus, joka määrittelee LVIA-urakan laajuuden ja työmenetelmät [TalotekniikkaRYL 2002, s. 93]. Asiakirjat määritellään tapauskohtaisesti asiakkaan mukaan. Jotkin asiakkaat edellyttävät teknisien erittelyiden sisältyvän työselostukseen.

8.1 Tasokuvat

LVI-suunnittelija esittää huonekohtaisesti lämmitystarpeen ja huoneen tekniset tiedot lattialämmityspiirin osalta. Lattialämmityksen vaikutusalue merkitään ja jakotukki sijoitetaan arkkitehdin kanssa sovittuun paikkaan.

Lämpörunkoputkisto varustetaan tarvittavin putkistolaitteistoin ja piirretään lämmönlähteestä lattialämmityksen jakotukeille. KytKentäputket jakotukkikaapille varustetaan aina linjasäätöventtiilillä ja sulkuventtiilillä. Jakotukit numeroidaan juoksevassa järjestyksessä. (Liite 3.)

LVI-suunnittelija piirtää lattialämmityksen suppeammassa laajuudessa. Näillä tiedoilla saadaan urakkalaskennassa hinta määriteltyä [Holmström 2012]. Lattialämmitystoimitaja tekee tarkemmat suunnitelmat lattialämmityspiireistä.

Lämmitysjärjestelmän tasokuvassa voidaan vaihtoehtoisesti esittää lattialämmitysalue suppeana tietona, josta ilmenevät kuvion 21 mukaiset asiat. [Liite 2]

| |
|-------------|
| JT6 |
| 1000 W |
| 2 kpl TV |
| Qv = 96 l/h |
| p = 20 kPa |

- = Jakotukki johon lattialämmitys liittyy
- = Lattialämmityksen teho
- = Lämmitettävän alueen lattialämmityspiirien (=toimilaitteiden) lukumäärä
- = Yhden lattialämmityspiirin virtaama
- = Yhden lattialämmityspiirin painehäviö

Kuvio 21. Suppea lattialämmityksen piirrosmerkkiselitys.

Merkintätapa on tarkistettava aina tapauskohtaisesti kuinka suuressa laajuudessa lattialämmityspiirin tiedot halutaan esitettävän. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää laajempaa lattialämmityksen piirrosmerkkiselitystä. (Kuvio 22) [Liite 3.]

| |
|-------------------------|
| JT6 |
| 1000 W |
| 2 kpl TV |
| P = 50 W/m ² |
| 20 x 2,0 mm |
| AV = 16 cm |
| PP = 70 m |
| Qv = 96 l/h |
| p = 20 kPa |

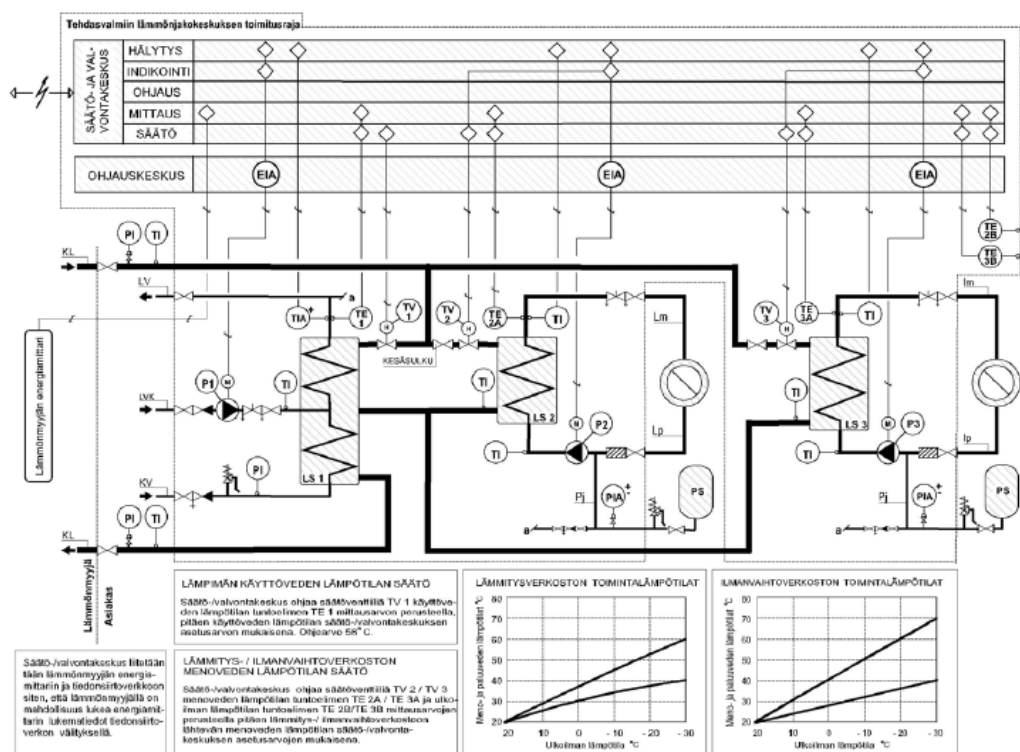
- = Jakotukki johon lattialämmitys liittyy
- = Lattialämmityksen teho
- = Lämmitettävän alueen lattialämmityspiirien (=toimilaitteiden) lukumäärä
- = Lattialämmityksen lämmönluovutus
- = Lattialämmityspotken koko
- = Lattialämmityspotken asennusväli
- = Yhden lattialämmityspiirin putkipituus
- = Yhden lattialämmityspiirin virtaama
- = Yhden lattialämmityspiirin painehäviö

Kuvio 22. Laaja lattialämmityksen piirrosmerkkiselitys.

Lämmitysjärjestelmän tasokuvaan lisätään huonetermostaatit huoneistokohtaisesti, siten että automaatiotasokuvien koonti onnistuu vaivattomasti. Tämä tarkoittaa kenttäyksikön lisäämistä automaatiotasolle, jotka tullaan liittämään automaatiotasokuviin. Kenttäyksiköiksi luokitellaan huonetermostaatit ja jakotukkien toimilaitteet tai muu kenttälaitte joka liittyy talon automaatiojärjestelmään. Kenttälaitemerkinnässä ilmoitetaan kojeistonumero, toimilaite ja huonenumero tai tunnus. Automaatiotasokuvat lähetetään sähkösuunnittelijalle viimeistään sovittuna ajankohtana. (Liitteet 1, 2 ja 3)

8.2 Toimintakaavio, laiteluettelo ja toimintaselostus

Toimintakaaviossa esitetään laitteiston kokonaiskuva selkeytettyssä muodossa. Toimintakaaviossa (kuvio 23) ilmoitetaan kentälaitteiden mahdolliset liittynät ja johdotukset kohteen automaatiojärjestelmään. Automaatiojärjestelmä voi olla toteutettuna monella eri tavalla esimerkiksi pohjautuen kenttäväylään, jolloin kentälaitteet ovat digitaalisia. Yleisempää on kuitenkin yhdistää kentälaitteet omalla kaapelilla alakeskukseen. Tällöin viestit ovat jännitteitä tai virtaviestejä. Rakennusautomaatiojärjestelmä koostuu 3 hierarkiatasosta, joihin kuuluvat kentälaitteet, jotka ovat kytkettyinä alakeskukseen ja alakeskukset linkitettyinä rakennuksen valvomoon. [Sähkötieto ry. 1998: 27.]



Kuvio 23. Esimerkki toimintakaaviosta ja toimintaselostuksesta. [Rakennusten kaukolämmitys, määräykset ja ohjeet. 2007: 85]

Toimintaselostuksessa (kuvio 23) selostetaan prosessiin liittyvät säätö-, ohjaus- ja valvontaoperaatiot. toimintaselostuksen perusteella luodaan käyttöjärjestelmän säätöohjelmat. Säätöohjelmat kertovat kentälaitteille, mitä ne ovat ja kuinka niiden kuuluu toimia.

Laiteluettelossa ilmoitetaan toimintakaaviossa esitettyjen laitteiden tekniset toimintarvot, kuten virtaamat ja painehäviöt. Laiteluettelossa otetaan myös kantaa siihen kuka

kenttälaitteet toimittaa esimerkiksi huoneen lämpötila-anturi ilmoitetaan kuuluvan kohteen automaatiourakoitsijalle. Tällöin automaatiourakoitsija ostaa ja asentaa anturin.

9 Urakkarajat

Lattialämmitys sisällytetään yleensä putkiurakkaan (PU). Putkiurakoitsija hoitaa yleisesti itse aliurakkana lattialämmityksen rakentamisen. Lattialämmitysurakoitsija sopii edustajan kanssa urakan tapauskohtaisesti. Yleensä lattialämmitysurakka sisältää suunnittelun, lattialämmityspotkiston ja jakotukin asennuksen sekä loppusäädön. [Warmialattialämmitys 2010.]

Rakennusurakkaan (RU) kuuluvat asennusten valmistelu ja rakennustekniset työt kuten lämpöeristeiden, reunanauhan ja betoniverkon asennus. Urakkaan kuuluvat myös jakotukkikaapin liittyvät valmistelut ja asennus, kuten jakotukin rakennusaikainen kiinnitysteline jos lopullista seinää ei ole asennettu. [Warmialattialämmitys 2010.]

Putkiurakkaan (PU) kuuluvat putkikytkennät lämmönjakohuoneessa ja runkolinjojen sekä kytkentäputkien asennus jakotukeille. Putkiurakkaan kuuluvat myös järjestelmän ilmaus, täytöt, tyhjennykset ja säätöyksikön asennus sekä säätötyön jakotukille. Lattialämmitystoimittaja vastaa lattialämmityspiirin tasapainotussäädöstä. [Warmialattialämmitys 2010.]

Sähköurakkaan kuuluvat huonetermostaattien ja toimilaitteiden johdotus, kytkentä sekä automatiikan sähköistäminen. Toimilaite voidaan liittää putki- tai automaatiourakkaan kohteen mukaan. Isoissa automaatiojärjestelmissä yleensä selvyuden takia automaatiourakoitsija ostaa toimilaitteet. Huonekohtaisessa automatiikassa lattialämmitystoimittaja hoitaa itse lattialämmitysjärjestelmään kuuluvat automaatiolaitteet.

Hyvän suunnittelutavan mukaisesti lattialämmitystoimittajan suunnitelma asiakirjoissa määrätään seuraavat tiedot:

- putkimateriaali ja rakennepaine
- putken liitostavat
- putken asennussyvyys
- putkijako ja -pituus (sijoituspiirustus)
- putken nimelliskoko
- putken kiinnitystapa
- varusteet (venttiilit yms.)
- virtaama ja veden lämpötila
- lattian suurin sallittu pintalämpötila

[Talotekniikka RYL 2002: 93].

10 Lattialämmityspiirin laskenta Excel

Osana suunnitteluohjeistuksen tekoa varten kehitetään yrityksen sisällä käytettävää mitoituslaskentataulukkoa lattialämmityksen osalta. Mitoituslaskentataulukon laskennat pohjautuvat LVI-ohjekorttiin 13-10261 Vesikiertoinen lattialämmitys. Taulukkolaskennan ei tarvitse olla matemaattisen tarkka, joten lukujen tarkkuudet on pyöristetty vastaamaan päivittäisen käytön arvoja. Lattialämmityksen suunnittelussa käytetään taulukon 1 suositusarvoja. LVI-suunnittelija valitsee arvot tapauskohtaisesti.

LVI-kortin laskentatavasta poiketen oletetaan lattialämmityspotkien asennuksen tapahtuvan siten, että korjauskertoimia ei käytetä ja lämmityspotkien välit sekä koot on asetettu yksinkertaisten ehtojen mukaisesti.

LVI-suunnittelija täyttää mitoituslaskentataulukon lähtötietoarvot, jotka ovat selkeyden vuoksi merkitty värikoodiohjeistuksen mukaisesti vaaleanvihreällä. Suunnitteluohjelmaan lisättävät arvot ovat merkitty vaaleankeltaisella. LVI-suunnittelija tarkistaa saadut arvot ja muuttaa tietoja tarvittaessa. Laskentataulukon on lisätty huomiosarake mahdollisten painehäviöiden tai nopeuksien ylittämisestä yli suositusrajojen. Huomautuksen ilmetessä on tarkasteltava lähtöarvot ja laskenta suoritettava uudestaan.

10.1 Putkisto

Laskentataulukossa on rajattu käytettäväksi putkikoolla 17 mm:n asennusväliksi 150 mm:n putken menekki $6,6 \text{ m/m}^2$. Vastaavasti 20 mm:n putkikoolla asennusväli on 300 mm:n ja putkimenekki lattiapinta-alaa kohden $4,5 \text{ m/m}^2$. Lämmityspiirien lukumäärät lasketaan lattiapinta-alan mukaisesti. 150 mm:n asennusvälillä yhden piirin suurimpana mahdollisena mitoituspinta-alana on käytetty 15 m^2 . Taulukko laskee tämän kerannaisena huoneeseen tarvittavat piirimäärät. Vastaavasti 300 mm:n asennusvälillä ehtona on käytetty 25 m^2 :n mitoituspinta-alaa. (Taulukko 2.) [Lattialämmitysjärjestelmän asennus-, käyttö- ja mitoitusohjeet 10/2009: 4.]

Taulukko 2. Lattialämmityspotkiston mitoituskriteerit

| Putkikoko (mm) | Asennusväli (mm) | Putkimäärä (m/m^2) | Lenkin mitoituspinta-ala (m^2) |
|----------------|------------------|-------------------------------|---|
| 17 | 150 | 6,6 | 15 |
| 20 | 300 | 4,5 | 25 |

Piirien lukumäärä saadaan laskettua kaavalla 5.

$$n_{\text{piiri}} = \frac{A}{A_n} \quad (5)$$

n_{piiri} on piirien lukumäärä (kpl)

A on huonepinta-ala (m^2)

A_n on lenkin mitoituspinta-ala taulukosta 2 (m^2).

Lattialämmityspotkien menekki huoneistoon saadaan laskettua kaavalla 6.

$$l_{\text{putki}} = l_{\text{menekki}} * A \quad (6)$$

l_{putki} on huoneen lattialämmityspotkien menekki (m)

l_{menekki} on piirin putkimäärä neliölle taulukosta 2 (m/m^2)

A on huonepinta-ala (m^2).

Piirin putkipituus saadaan laskettua kaavalla 7. Pituudessa otetaan huomioon mahdollinen siirtymä jakotukilta huoneistoon esimerkiksi käytävän läpi.

$$l_{\text{piiri}} = \frac{l_{\text{putki}}}{n_{\text{piiri}}} + l_{\text{siirtymä}} \quad (7)$$

l_{piiri} on piirin putkipituus (m)

n_{piiri} on piirien lukumäärä (kpl)

$l_{\text{siirtymä}}$ on mahdollinen putkisiirtymä huoneen ja jakotukin välillä (m).

Yhden piirin kokonaispainehäviö saadaan laskettua kaavalla 8.

$$P_{\text{piiri}} = R * l_{\text{piiri}} + P_{\text{muut}} \quad (8)$$

R on painehäviö pituusyksikköä kohden (Pa/m)

l_{piiri} on piirin putkipituus (m)

P_{muut} on mahdolliset toimilaitteet (Pa).

10.2 Virtaama

Lattialämmityspiirin vesivirtaama saadaan lämpötehon avulla kaavalla 9 [Seppänen 1995: 119] ja jakamalla se piirien lukumäärällä.

$$q_v = \frac{\phi}{\rho * C_p * \Delta T} \quad (9)$$

q_v on veden tilavuusvirtaama (dm^3/s)

ϕ on piirin lämpöteho (W)

ρ on veden tiheys 1000 (kg/m^3)

C_p on veden ominaislämpökapasiteetti 4,2 (kJ/kgK)

ΔT on piirin meno- ja paluuveden lämpötilaero ($^{\circ}\text{C}$).

10.3 Nopeus

Aineen nopeus lattialämmitysputkessa saadaan tilavuusvirtaaman ja putken virtauspinta-alan mukaan kaavasta 10 [Seppänen 1995: 143; MAOL 2001: 29].

$$v = \frac{q_v}{\pi * r^2} \quad (10)$$

v on virtausnopeus putkessa (m/s)

q_v on veden tilavuusvirtaama (dm^3/s)

r on lattialämmitysputken säde (m).

10.4 Painehäviö

Lattialämmitysputken painehäviö pituusyksikköä kohden saadaan laskettua kaavalla 11 [Seppänen 1995: 137] olettaen, että putkissa esiintyvä virtaama on pyörteistä. Kitkakerroinena λ voidaan PEX-putkilla käyttää arvoa 0,041 [Sipola 2012: 20].

$$R = \frac{\Delta p}{L} = \frac{\lambda}{d} * \frac{1}{2} \rho v^2 \quad (11)$$

R on painehäviö pituusyksikköä kohden (Pa/m)

Δp on putken painehäviö (Pa)

L on putken pituus (m)

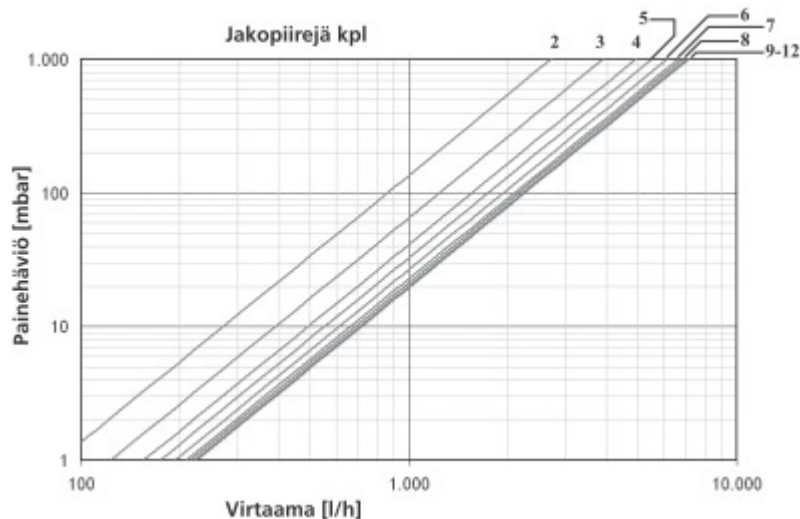
λ kitkakerroin turbulentsissa virtauksessa 0,041

d on putken sisähalkaisija (m)

ρ on veden tiheys 1 (kg/m³)

v on virtausnopeus putkessa (m/s).

Piirikohtaiseen painehäviöön lisätään toimilaitteen painehäviö. Taulukosta saadut arvot syötetään suunnitteluohjelmaan runkoputkiston mitoitusta varten. Jos suunnitteluohjelmaan ei mallinneta jakotukkia, voidaan kokonaispainehäviö lisätä piirien lukumäärän mukaisesti kuviosta 24.



Kuvio 24. Wehofloor-jakotukin kokonaispainehäviödiagrammi [Lattialämmitysjärjestelmän asennus-, käyttö- ja mitoitusohjeet 10/2009: 15]

10.5 Laskentaohjelman täyttäminen

Laskentataulukon toiminnan varmistamiseksi tehdään esimerkkilaskenta huonetilalle, jonka pinta-ala on 53,5 m² ja lämpöhäviö 2790 W. Lähtötiedoiksi asetetaan taulukon 3 arvot. Menoveden lämpötilana käytetään 35 °C:ta ja paluuveden 30 °C:ta. (Liite 4)

Taulukko 3. Lattialämmitysputkiston mitoituskriteerit

| Putkikoko (mm) | Asennusväli (mm) | Lämpötilaero (°C) | Huoneen pinta-ala (m ²) |
|----------------|------------------|-------------------|-------------------------------------|
| 17 | 300 | 5 | 53,5 |

$$n_{\text{piiri}} = \frac{53,5}{25} = 2,14 \Rightarrow 3 \quad (5)$$

Huoneelle saadaan määriteltyä 3 lattialämmityspiiriä. Yhden piirin lämmitysteho on siten 930 W.

$$l_{\text{putki}} = 4,5 * 53,5 = 241\text{m} \quad (6)$$

Asennusvälillä 300 lattialämmitysputken menekki neliometriä kohden on 4,5 m/m² (taulukko 2). Lattialämmitysputkea kuluu huoneistoon 241 m.

$$l_{\text{piiri}} = \frac{241}{3} + 1 = 81,3\text{m} \quad (7)$$

Huoneistoon menee 3 piiriä, joten yhden piirin putkipituus on 81,3 m metrin siirtymällä jakotukilta huoneistoon.

$$q_v = \frac{930}{1000 * 4,2 * 5} = 0,044 \text{ dm}^3 / \text{s} \quad (9)$$

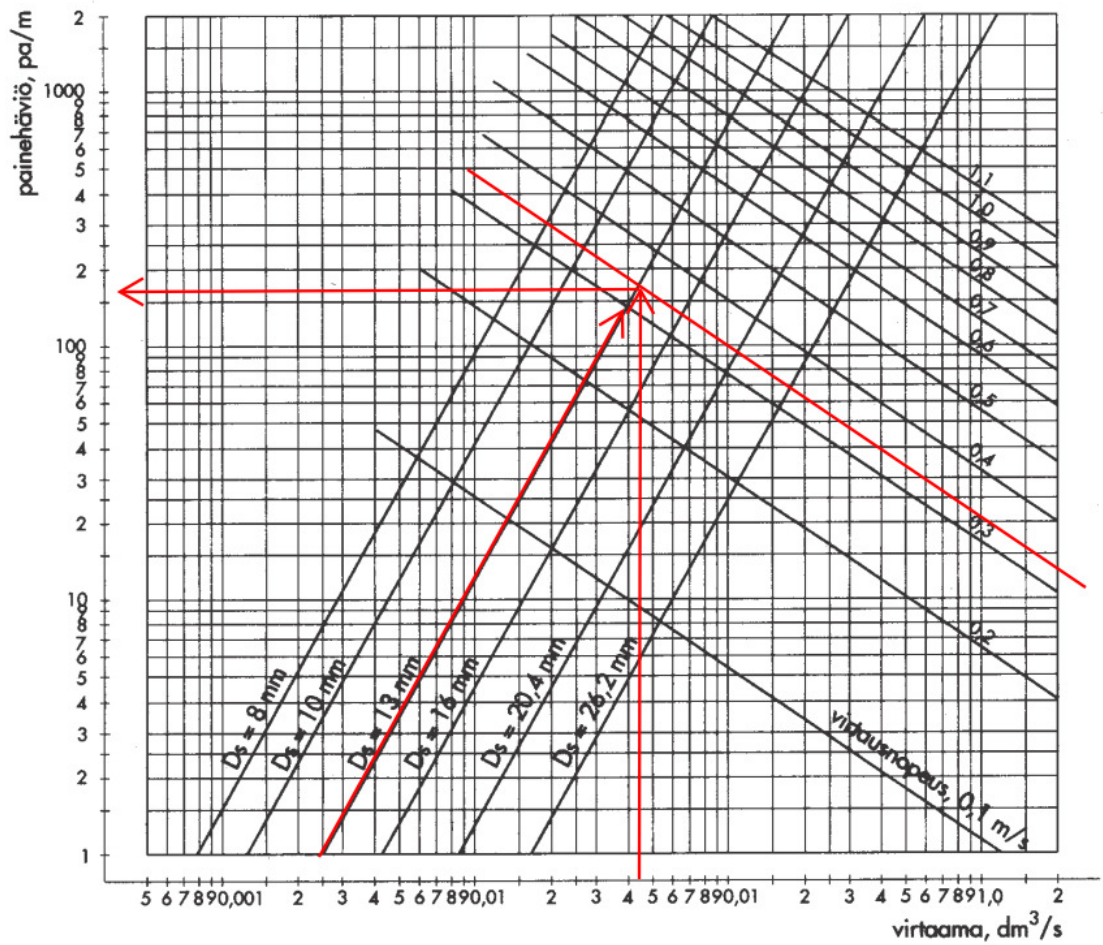
$$v = \frac{0,044 * 10^{-3}}{\pi * \left[\left(\frac{17-4}{2}\right) * 10^{-3}\right]^2} = 0,33 \text{ m/s} \quad (10)$$

Putken seinämävahvuus on 2 mm. Virtaamalla 0,044 dm³/s saadaan nopeudeksi 0,33 m/s.

$$R = \frac{0,041}{0,013} * \frac{1}{2} * 1 * 0,33^2 = 170 \text{ Pa/m} \quad (11)$$

Nopeudella 0,33 m/s saadaan painehäviöksi 173 Pa/m.

Kuviosta 25 nähdään laskennan antavan painehäviöksi saman tuloksen kuin diagrammista katsottuna.



Kuvio 25. Muoviputken painehäviödiagrammi[LVI 13-10261 1996: 6]

$$P_{\text{piiri}} = 173 * 81,3 + 3000 = 17064 \text{ Pa} = 17,1 \text{ kPa} \quad (8)$$

Suunnitteluohjelmaan laitettava arvo saadaan lisäämällä lenkin painehäviöön toimilaite, jonka painehäviön oletetaan olevan 3 kPa. yhden piirin kokonaispainehäviöksi saadaan 17,1 kPa.

11 Yhteenveto

Insinööriyön tekeminen alkoi tutustuen suunnittelutoimistossa aikaisemmin toteutettuihin lattialämmityssuunnitelmiin ja materiaalin keräämiseen. Etsin tietoa alan kirjallisuudesta, verkkojulkaisuista, suunnitteluohjekansioista ja käytetyistä LVI-ohjekorteista. Järjestelmään perehtymisen jälkeen kävin urakkalaskennan toimihenkilöiden ja lattialämmitystoimittajien kanssa keskusteluja minkälaisella laajuudella lattialämmityssuunnitelmat tulisi toteuttaa.

Lopputulokseksi sain luotua taulukkolaskentaohjelman, jolla pystytään suunnittelutoiminnassa vähentämään laskenta prosessiin kuluva aikaa. Laskenta vaatii vielä käyttökokemusten mukana tuomaa kehitystyötä, mutta koelaskentojen perusteella saadut tulokset antavat olettaa arvojen olevan tarpeeksi tarkkoja urakkalaskennan lattialämmityssuunnitelmiin. Taulukon täydellistä kokonaisuutta ei tässä työssä esitetä kopioinnin estämiseksi.

Mielestäni insinööriyö on lopputulokseltaan kohtalainen. Työssä olisi voinut paremmin ottaa kantaa lattialämmitysjärjestelmän hyötyihin ja haittoihin. Eniten tuotoksesta on hyötyä aloittelevalle LVI-suunnittelijalle, joka pääsee dokumentoinnin myötä sisälle yrityksen toimintatapoihin ja tiedostaa suunnittelussa huomioonotettavat asiat. Itse opin insinööriyön teon aikana paljon ja sain tietoutta lattialämmityssuunnitelmiin liittyvistä laitteistoista, suunnittelun kulusta sekä huomioonotettavista asioista.

Lähteet

- Elers, Sauli. 2005. Lämpöviihtyvyys lattialämmitettyssä asuinrakennuksessa. Insinööri-työ. EVTEK Ammattikorkeakoulu.
- Emchoterm convectors. Planning manual part 2.1.0. 2012. Verkkodokumentti. Emco Oy.
<http://www.emcoklima.com/fileadmin/user_upload/emcoklima/EN/210_Bodenkonvektoren_GB/210PU_basicprinciples_gb_id8555289_120920.pdf>. Luettu 3.11.2012
- Holmström, Ulf. 2012. LVI-insinööri, Vesijohtoliike Halmesvaara Oy, Espoo. Keskustelu 30.10.2012.
- Lattialämmityksen historia. 2012. Verkkodokumentti. Thermotech Scandinavia Finland Oy.
<www.thermotech.se/thermofloorlattialammitys/lattialammityksesta/lattialammityksen_historia.4.73b132e011db37f35688000475.html>. Luettu 3.11.2012.
- Lattialämmitysjärjestelmän asennus-, käyttö- ja mitoitusohjeet 10/2009. 2009 Verkkodokumentti. WehoFloor Oy
<<http://www.wehofloor.fi/Link.aspx?id=1117286>>. Luettu 2.11.2012.
- LVI 03-10242, TATE 95. 1995. Ohjetiedosto. Talotekniikan suunnittelun tehtävälueetelo. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- LVI 13-10261. 1996. Ohjetiedosto. Vesikiertoinen lattialämmitys. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- LVI 41-10230. 1994. Ohjetiedosto. Lämmitysverkoston säätö. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- Lämmitysjärjestelmä ja hyvä sisäilma. 2012. Verkkodokumentti. Suomen Asuntoke-
skus/Image Builder OY.
<http://www.asuntotieto.com/20000i_RAKENNUS_JA_REMONTTITieto/22000i/22800i_lammitysjarjestelma.html>. Luettu 24.7.2012.
- MAOL. 2001. MAOL-taulukot Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy
- Rakennuksen energiakulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. 2007. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D5. Helsinki: ympäristöministeriö.
- Rakennusten kaukolämmitys, määräykset ja ohjeet. 2007. Verkkodokumentti. Energia-
teollisuus ry, Helsinki.
<http://energia.fi/sites/default/files/julkaisuk1_2003_04072007.pdf>. Luettu 18.11.2012
- Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. 2010. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D2. Helsinki: ympäristöministeriö.
- Seppänen, Olli. 1995. Rakennusten lämmitys. Jyväskylä: Suomen LVI-
yhdistysten liitto Ry

Sipola, Ville. 2012. LVI-suunnittelun mitoituskäytäntöjen yhtenäistäminen ja kohdennettujen apuvälineiden kehittäminen. Insinööriyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu.

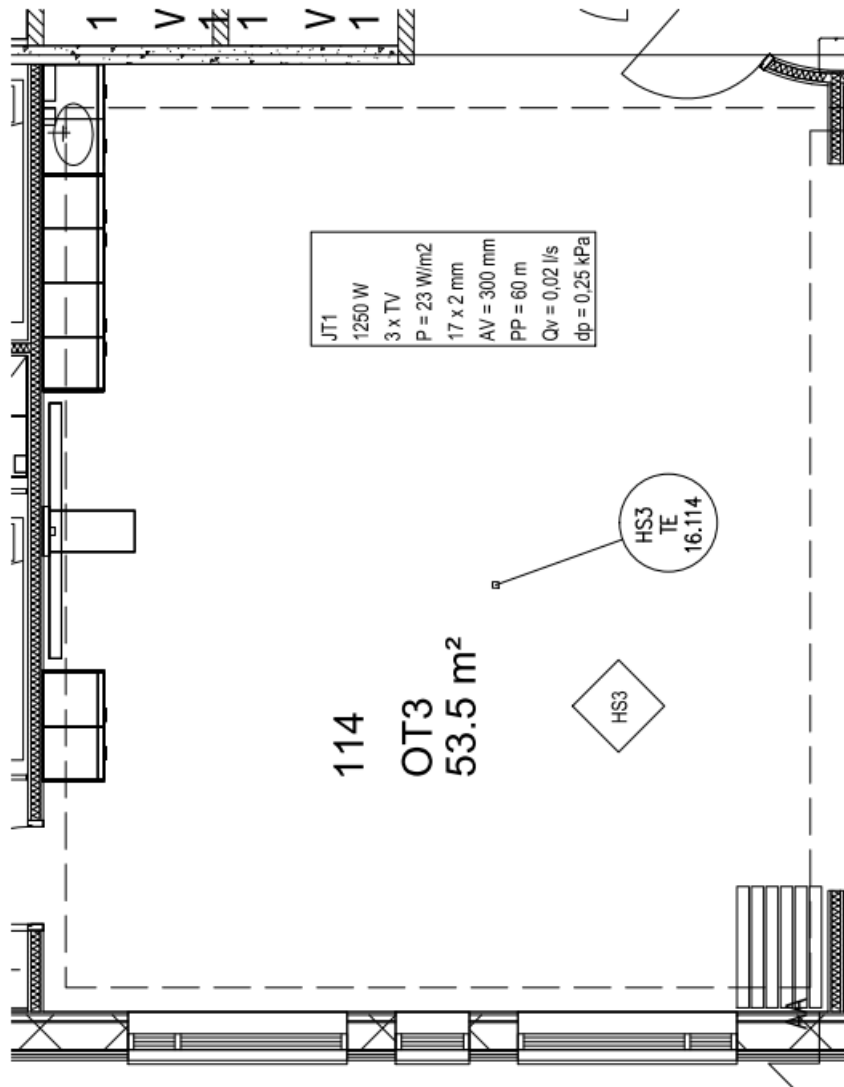
Sähkötieto ry. 1998. Avoimet rakennusautomaatiojärjestelmät . Espoo: Sähköinfo Oy. Talotekniikka RYL 2002. 2003. Talotekniikan rakentamisen yleiset laatuvaatimukset 2002, osa 1. LVI 01-10355. Hämeenlinna: Rakennustieto Oy.

Tirkkonen, Pekka. 1995. Lattialämmityksen suunnittelu ja asennus. Vantaa: Imatran voima OY.

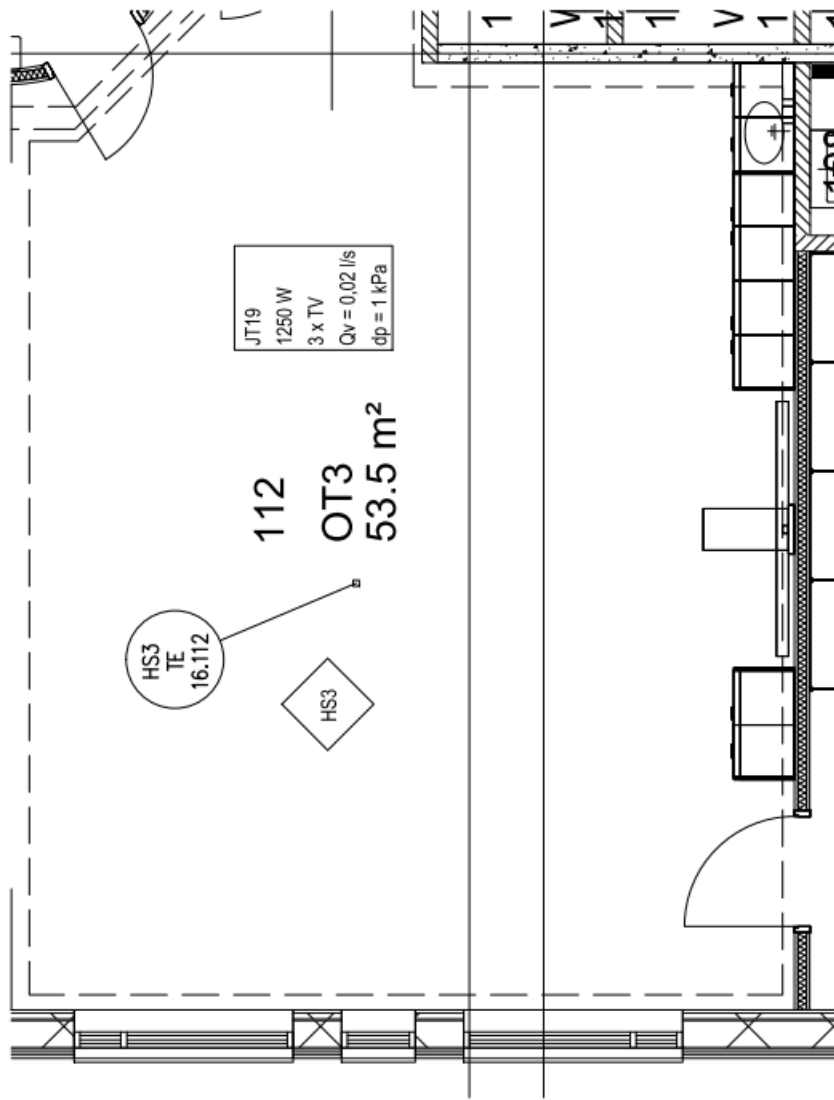
Vesikiertoisen lattialämmityksen perusteet. 2011. Verkkodokumentti. Danfoss Oy, Espoo.
<http://kuluttaja.lampo.danfoss.com/PCMPDF/Handbook_Introduction_VGDYA220_high-res.pdf>. Luettu 18.11.2012

Warmialattialämmitys. 2010. Verkkodokumentti. Warmia Oy, Kaarina.
<http://www.warmia.fi/media/uploads/esitteet/warmia_tekninen_ohje_2011.pdf>. Luettu 29.12.2011.

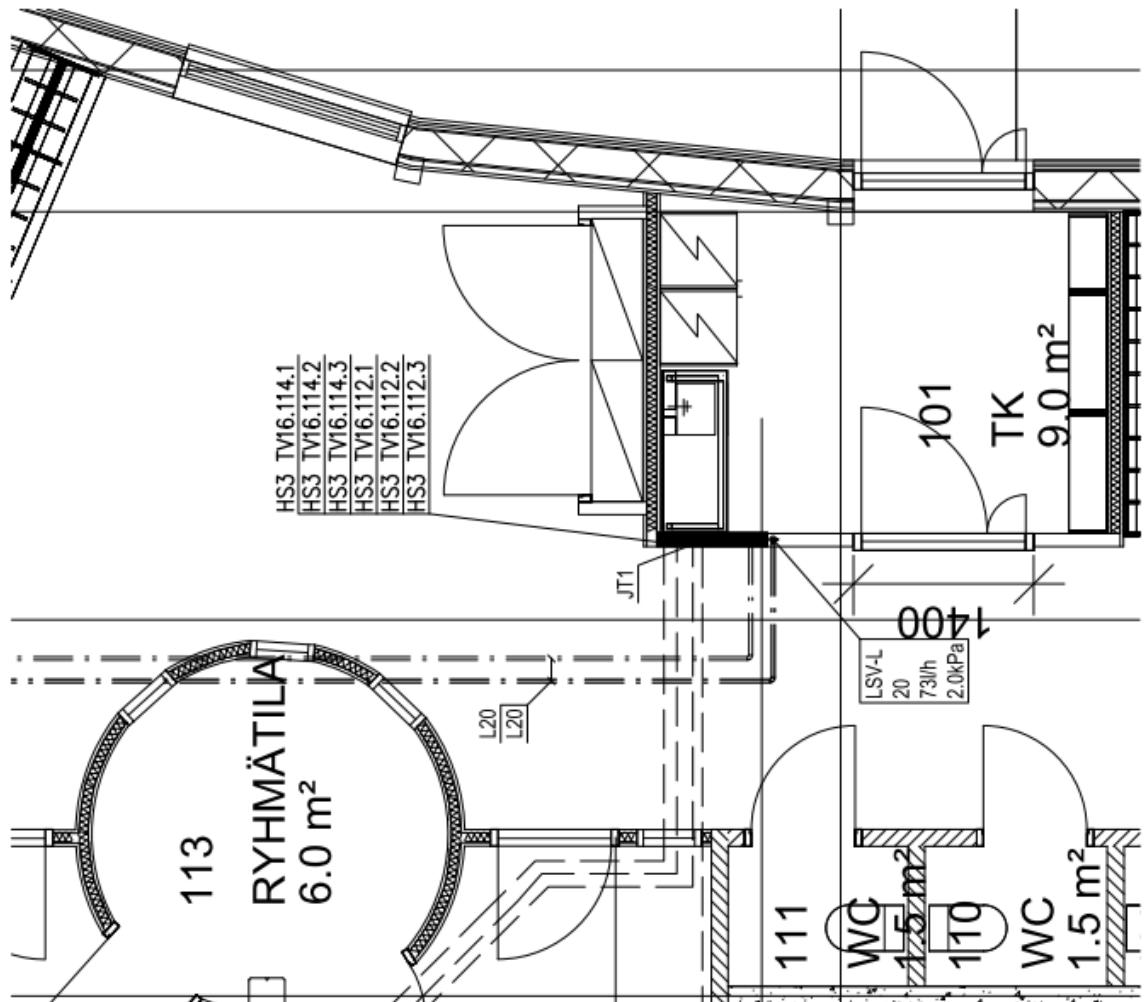
Tasokuva lattialämmityksestä täydellä mitoituksella



Tasokuva lattialämmityksestä



Tasokuva jakotukista



Laskenta, excel

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | R | S | T | U | V | Z | AA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | R | S | T | U | V | Z | AA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |