



Karelia-ammattikorkeakoulu  
Insinööri (AMK), Talotekniikka

# RIVITALOYHTIÖN LÄMMITYS- SUUNNITELMAN PÄIVITYS

Tuure Klemetti

Opinnäytetyö, Toukokuu 2022

[www.karelia.fi](http://www.karelia.fi)



**OPINNÄYTETYÖ**  
**Toukokuu 2022**  
**Talotekniikan koulutus**

Tikkarinne 9  
80200 JOENSUU  
+358 13 260 600

Tekijä  
Tuure Klemetti

Nimeke  
Rivitaloyhtiön lämmityssuunnitelman päivitys

Toimeksiantaja  
Kirsi Mustonen

Tiivistelmä


Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä uusi lämmityssuunnitelma vuonna 1982 rakennettuihin neljään rivitaloon, joihin on tehty remontteja vuosien varrella. Rivitalojen lämmönlähde on kaukolämpö ja rivitaloissa on vesikiertoinen patterilämmitysjärjestelmä, joka mitoitettiin ja tasapainotettiin uudelleen. Työn toteutumisen kannalta tärkeimmät työvaiheet olivat kohteen kartoitus, lämmitysverkoston uudelleen mallintaminen ja tasapainotussuunnitelman tekeminen.

Työn tulokset osoittivat, että lämmityssuunnitelman päivitys oli aiheellinen, koska lämmitysenergian kulutus rivitaloissa pieneni, kun lämmitysverkosto tasapainotetaan uudelleen. Työ toteutui kokonaisuudessaan Cadmatic Hvac-sovelluksella, jonka avulla pystyttiin mitoittamaan ja tasapainottamaan lämmitysverkosto uudelleen.

Kieli  
suomi

Sivuja 44  
Liitteet 1  
Liitesivumäärä 1

Asiasanat  
lämmitys, tasapainotus, mitoitus

 <b>Karelia</b> UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES	<b>THESIS</b> <b>May 2022</b> <b>Degree Programme in Building Services Engineering</b>  Tikkarinne 9 80200 JOENSUU FINLAND + 358 13 260 600
<b>Author</b> Tuure Klemetti	
<b>Title</b> Update of the Heating Plan of a Terraced House Company  <b>Commissioned by</b> Kirsi Mustonen	
<b>Abstract</b>  <p>The aim of the thesis was to make a new heating plan for four terraced houses built in 1982, which have been renovated over the years. The heat source in the terraced houses is district heating and the terraced houses have a water circulating radiator heating system, which was dimensioned and rebalanced. The most important work steps for the implementation of the work were the mapping of the site, the re-modeling of the heating network and the drawing up of a balancing plan.</p> <p>The results of the work showed that the update of the heating plan was appropriate because the consumption of heating energy in terraced houses would decrease when the heating network is rebalanced. The work was carried out entirely with the Cadmatic Hvac application, which made it possible to re-dimension and rebalance the heating network.</p>	
<b>Language</b> Finnish	Pages 44 Appendices 1 Pages of Appendices 1
<b>Keywords</b> heating, stabilization, sizing	

# Sisältö

1	Johdanto .....	5
2	Vesikiertoinen patterilämmitys .....	5
2.1	Vesikiertoisen patterilämmityksen suunnittelu ja mitoitus .....	7
2.2	Lämmönlähteet .....	9
2.2.1	Puu- ja pellettilämmitys .....	9
2.2.2	Lämpöpumput .....	9
2.2.3	Sähkölämmitys .....	10
2.2.4	Öljylämmitys .....	10
2.2.5	Kaasulämmitys .....	10
2.2.6	Aurinkolämmitys .....	11
2.2.7	Kaukolämpö .....	11
2.3	Patterilämmitysverkoston osat .....	12
2.3.1	Vesikiertoiset lämpöpatterit .....	12
2.3.2	Patteriventtiilit .....	14
2.3.3	Linjasäätöventtiilit .....	15
2.3.4	Kiertovesipumput .....	15
2.3.5	Paisuntasäiliö .....	16
2.4	Vesikiertoisen patterilämmitysjärjestelmän ongelmat .....	17
2.4.1	Äänet .....	17
2.4.2	Ilma ja korroosio järjestelmässä .....	18
2.4.3	Putkien jäätyminen .....	18
3	Painovoimainen ilmanvaihto .....	19
4	Rakennuksien lämpöhäviöt .....	20
4.1	Energiatehokkuus eri aikakausina .....	20
4.2	U-arvot .....	22
4.3	Lämpöhäviöt .....	23
4.4	Suomen säävyöhykkeet .....	23
5	Lämmitysverkoston tasapainotus .....	24
6	Kohdetietoja .....	26
7	Työn toteutus .....	27
7.1	Kohteen kartoitus .....	28
7.2	Projektitietojen asettaminen Cadmatic-sovellukseen .....	30
7.2.1	Huonekohtaisten lämpöhäviötietojen lisäys .....	31
7.2.2	Patterit .....	32
7.2.3	Ikkunat ja ovet .....	33
7.2.4	Eristeet ja lisäeristys .....	35
7.2.5	Ilmatiedot .....	35
7.3	Lämmitysverkoston mallinnus .....	36
7.4	Lämpömitoitus ja tasapainotus .....	37
7.5	Tulosten tarkastelu .....	39
7.6	Kamera-ajo .....	39
8	Yhteenveto .....	41
	Lähteet .....	42

## Liitteet

Liite 1      Tekniset käyttöiät

## 1 Johdanto

Tämän työn tavoitteena oli tehdä vuonna 1982 rakennettuihin neljään rivitaloon uusi lämmityssuunnitelma, jota hyödyntäen lämmitysjärjestelmä voidaan säätää ja tasapainottaa uudelleen. Työssä käytettiin apuna Cadmatic-sovellusta, jonka avulla mitoitettiin ja tasapainotettiin lämmitysjärjestelmä. Tasapainotus tehtiin siksi, että saadaan lämmitys jakautumaan tasaisemmin rivitalojen jokaiseen asuntoon.

Rivitaloihin on tehty vuosien varrella remontteja, jotka vaikuttavat rivitalojen lämmitystehontarpeisiin ja niistä johtuen uusi lämmityssuunnitelma laadittiin. Rivitalojen lämmitysenergian kulutus laski saatujen tuloksien perusteella, kun tehtiin uusi mitoitus ja tasapainotus lämmitysverkostoon huomioon ottaen rivitaloihin tehdyt remontit.

Opinnäytetyön tavoitteena oli myös perehtyä 1980-luvun rakentamiseen ja sen ajan rakenteiden lämpöhäviöihin. Myös lämpöhäviötietojen laskemisessa käytettiin Cadmatic HVAC-sovellusta. Lisäksi vertailtiin kyseisen kohteen lämmitystehontarpeita ennen uusien ikkunoiden, ovien ja lisäeristeen lisäämistä. Vanha lämmityssuunnitelma oli tehty rakentamisvuoden aikana voimassa olleiden säännösten mukaisilla U-arvoilla ja lämpöhäviötiedoilla.

## 2 Vesikiertoinen patterilämmitys

Vesikiertoinen patterilämmitys on hyvin perinteinen ja yleinen tapa toteuttaa vesikiertoinen lämmitys. Yleensä patterilämmitys toteutetaan kaksiputkijärjestelmänä, jossa meno- ja paluuedellä on omat putkistonsa. Nykyään patterilämmityksessä putkitus toteutetaan alajakoisena, jolloin putket saadaan sijoitettua piiloon rakenteisiin. [34.]

Lämmitysverkoston putkien materiaalina on käytetty 1970–1990 välisenä aikana paljon hiiliterästä, joka oli tyypillinen sen rakennusaikakauden materiaali. Nor-

maalissa rasituksessa lämmitysvesiputkiston tekninen käyttöikä on 50–60 vuotta. [5, 20.]

Nykypäivänä yleisimmin käytetään kupari- tai PEX muoviputkia lämmitysjärjestelmän putkimateriaalina. Lämmitysverkostoon asennettavien muoviputkien pitää olla happidiffuusiosuojattuja. Veden laatu myös vaikuttaa putkimateriaalin valintaan. [6, 2.]

Vesikiertoisen patterilämmityksen lämmönlähde voi olla öljy-, maakaasu-, kauko- tai lämpöpumppulämmitys- tai lämmitys kiinteällä polttoaineella tai varaava tai osittain varaava sähkölämmitys. Jos vesikiertoisen patterilämmityksen lämmöntuottomuotoa tarvitsee muuttaa niin, se käy yleensä melko vaivattomasti. Vesikiertoisessa patterilämmityksessä käytetään matalia veden lämpötiloja, jolloin saadaan se hyöty, että energiahäviöt ovat pienet ja pattereiden pintalämpötila ei ole polttava. [10, 1.]

Vesikiertoinen patterilämmitys mitoitetaan ja suunnitellaan niin, että vaaditut sisäilmastovaatimuksen täytyvät. Vesikiertoisen patterilämmityksen onnistuneeseen suunnitteluun kuuluu myös yhtenä tärkeänä osiona äänitekniikka. Kun suunnitellaan vesikiertoista patterilämmitystä putket ja laitteet sijoitetaan siten, että ne on helppo tarkastaa, huoltaa ja korjata. Mahdolliset vesivuodot ovat näin ollen nopea havaita ja mahdolliset vesi- ja kosteusvahingot ovat estettävissä. [7, 2.]

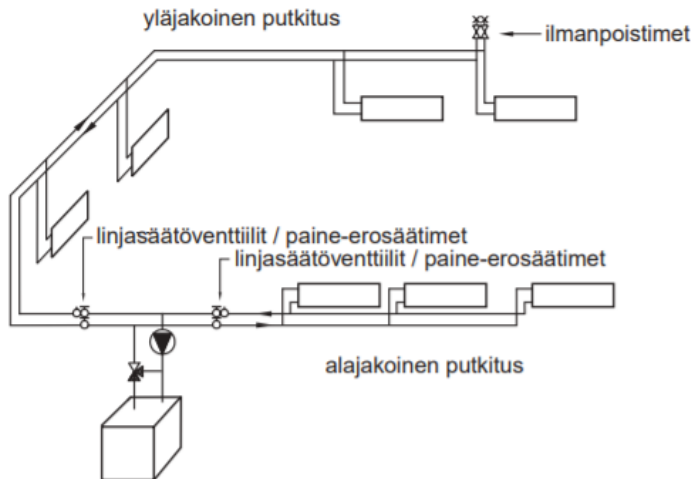
Kaukolämpöverkkoon liitetyissä lämmityskohteissa toisiopuolen menoveden korkeimpana lämpötilana käytetään lämmitysverkostossa maksimissaan 80°C. Kaukolämpöverkon toisiopuoli käsittää laajuudessaan putkiston ja siihen liitettyjen laitteiden osat, joihin lämmönsiirtimissä lämmitetty neste virtaa ja joihin toisiopuolen paine vaikuttaa. [16, 23.]

## 2.1 Vesikiertoisen patterilämmityksen suunnittelu ja mitoitus

Vesikiertoisen patterilämmitysjärjestelmän lämmönjakotavat ovat yksiputki-, kaksiputki- tai käännetty paluuputkijärjestelmä. Yksiputkijärjestelmässä kahdesta viiteen patteria kytketään sarjaan, josta putki kiertää patterien kautta takaisin jakotukkeihin. Vesi ei käy kierron aikana lämmönlähteellä, joten kiertoveden lämpötila alenee edetessään putkilenkin loppupäätä kohti. Yksiputkijärjestelmän patterikoot mitoitetaan kiertävän veden lämpötilan mukaan, ja jotta patterikoot pysyvät kohtuullisina meno- ja paluueden lämpötilaero olisi suosituksen mukaan oltava 10...15°C. [7, 2–4.]

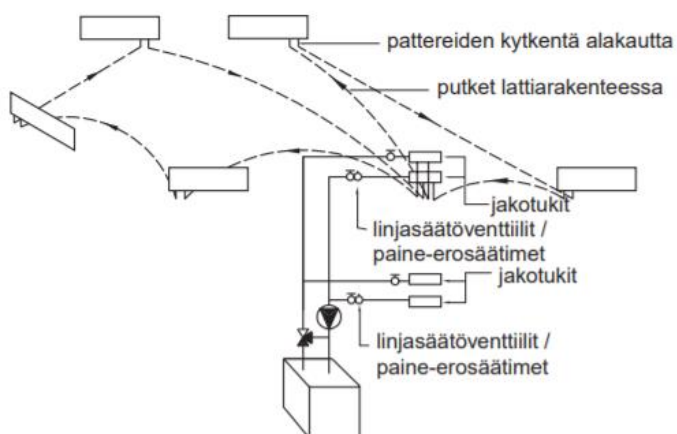
Kaksiputkijärjestelmässä kaikilla pattereilla on omat meno- ja paluuputket, jotka yhdistyvät runkolinjaputkiin ja jakotukkeihin, ja näin ollen jokaiselle patterille saadaan saman lämpöistä vettä. Käännetyssä paluuputkijärjestelmässä pattereiden paluuputket yhdistyvät runkolinjaputkiin kiertopiirin alkupäässä. [7, 2.]

Vesikiertoisen patterilämmityksen putkitustavat toteutetaan yleensä ylä- tai alajakoisena putkituksena (kuva 1), ja niitä voidaan käyttää samassa putkistossa yhdistettynä. Yläjakoisessa putkituksessa putkitus toteutetaan yleensä kaksiputkijärjestelmänä ja putkimateriaaleina käytetään yleisesti teräs-, kupari- tai monikerrosmuoviputkia. Vaakatasossa kulkevat runkolinjaputket sijoitetaan ikkunoiden ja pattereiden yläpuolelle yläpohjan alapintaan näkyville tai koteloon tai seinään. Yläjakoisen lämmitysverkoston ilmanpoistimet sijoitetaan verkoston ylimpään kohtaan, josta verkoston sisään kerääntyvä ilma saadaan poistettua. [10, 4.]

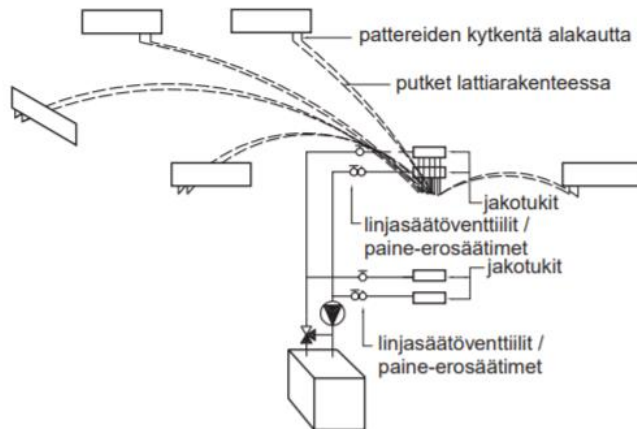


Kuva 1. Ylä-/alajakoinen kaksiputkijärjestelmä. [10, 4].

Alajakoisessa putkituksessa putkitus voidaan toteuttaa yksi- tai kaksiputkijärjestelmänä ja putkimateriaaleina käytetään yleisesti teräs-, kupari-, monikerrosmuovi- tai muovipinnoitettua kupariputkea. Alajakoisessa putkituksessa putket asennetaan yleensä patterin alapuolelle seinään, jalkalistaan, lattiakanaaliin tai välipohjan alapuolelle. Etuna alajakoisessa putkituksessa on se, että putket saadaan asennettua huomaamattomasti mutta putket ovat silti vaihdettavissa ja lattiarakenteeseen oikein asennetut putket estävät äänien kulkeutumista lämmitysputkiston välityksellä tehokkaasti (kuvat 2 ja 3). Alajakaisen lämmitysverkoston sisään kerääntyvä ilma poistetaan jakotukkien ja pattereiden ilmaruuvien avulla. [10, 4.]



Kuva 2. Alajakoinen yksiputkijärjestelmä. [10, 4].



Kuva 3. Alajakoinen kaksiputkijärjestelmä. [10, 4].

## 2.2 Lämmönlähteet

### 2.2.1 Puu- ja pellettilämmitys

Lämmitysjärjestelmien lämmönlähteitä on monia ja paras lämmönlähde rakennukseen pitää suunnitella huolella. Rakennusten lämmönlähteistä yleisin on puu- ja pellettilämmitys. Puupolttoaineet eivät lisää laskennallisesti rikki- ja kasvihuonepäästöjä, mutta polttimet pitää huoltaa ja lämmityskattilat puhdistaa säännöllisesti, ettei hiukkaspäästöjä pääse syntymään. [36, 14–15.]

### 2.2.2 Lämpöpumput

Lämpöpumppujärjestelmät ovat kehittyneet tehokkaiksi ja luotettaviksi, joten niiden suosio on kasvussa. Lämpöpumppujärjestelmiä ovat maalämpöpumppu, poistoilmalämpöpumppu ja ilma-vesilämpöpumppu, näistä maalämpöpumppu on suosituin. Lämpöpumppulämmitys on myös hyvin ympäristöystävällinen lämmitystapa. [36, 16–19.]

### 2.2.3 Sähkölämmitys

Sähkölämmitys on muita lämmitysmuotoja kalliimpi lämmitysratkaisu ja haittapuolena on myös sähkötuotannon aiheuttamat päästöt. Sähkölämmitys kannattaa valita silloin, jos tarvitsee vain vähän lämmitysenergiaa. Sähkölämmityksen rinnalla kannattaa käyttää myös esimerkiksi puulämmitystä, jota voidaan käyttää etenkin kovimpien pakkasien aikaan. Sähkölämmitysjärjestelmiä ovat lattialämmitys, sähköpatterilämmitys, kattolämmitys ja ilmalämmitys. Vesikeskuslämmityksen lämmönlähteenä voidaan käyttää myös sähköä, jolloin on käytössä sähkökattila tai sähkövastuksilla varustettu varaaja. [36, 22–23.]

### 2.2.4 Öljylämmitys

Uusimpien öljylämmitysjärjestelmien hyötysuhteet ovat hyviä ja polttoaine palaa puhtaasti. Öljylämmitysjärjestelmiin voidaan yhdistää aurinkolämpöä ja puulla tuotettua energiaa. Öljylämmitysjärjestelmä ei tarvitse erillistä lämminvesivaraajaa, koska öljykattilan teho on niin suuri, että öljykattilan oma vesitilavuus riittää myös käyttöveden lämmitykseen. Tyypillinen omakotitalo kuluttaa noin 2500 litraa polttoöljyä vuodessa. [36, 24–25.]

### 2.2.5 Kaasulämmitys

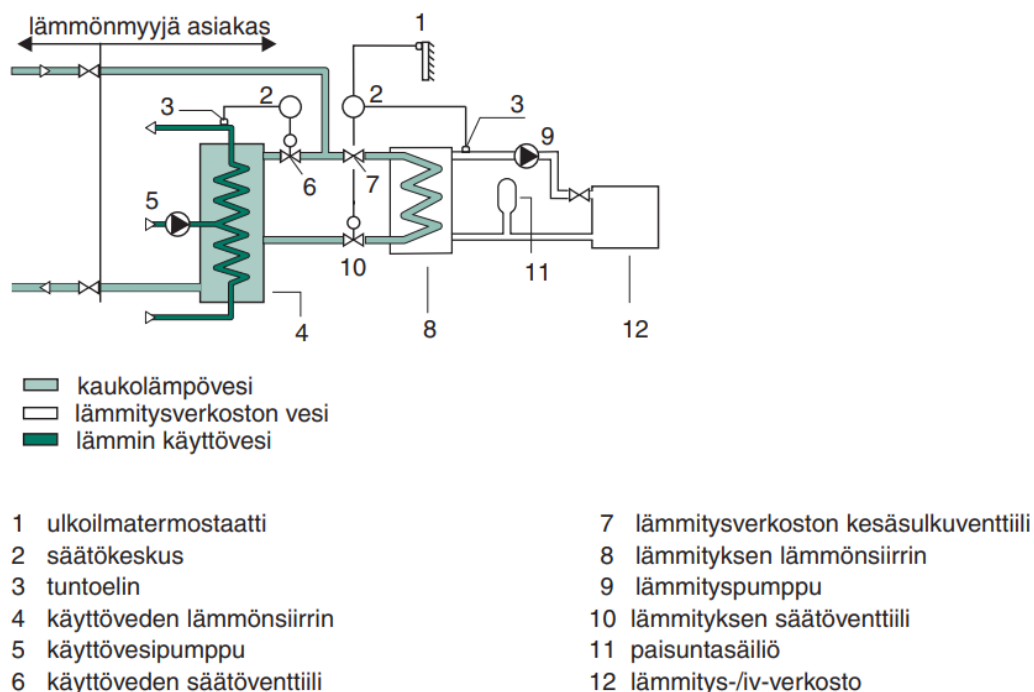
Kaasulämmitysjärjestelmä toimii maa- tai biokaasulla. Maakaasun saamisen edellytyksenä on liittyminen paikkakunnan jakeluverkkoon, minkä jälkeen voidaan liittää lämmityskohde talohaaralla jakeluputkistoon. Vanha kunnossa oleva öljykattila voidaan muuttaa kaasukäyttöiseksi vaihtamalla siihen kaasupoltin. Maakaasun käyttö ei likaa lämmityskattilaa ja savuhormia, näin ollen huoltotarve on varsin pieni. [36, 26–27.]

## 2.2.6 Aurinkolämmitys

Aurinkoenergiaa saadaan Suomessa sen verran paljon, että sitä kannattaa käyttää rakennuksen lämmitykseen. Aurinkolämpöä käytetään usein täydentämään peruslämmitystä ja tukemaan toista lämmitysmuotoa. Aurinkosähköjärjestelmissä auringon säteily muunnetaan aurinkopaneeleilla sähköksi ja tuotetulla sähköenergialla voidaan esilämmittää käyttövettä. Aurinkojärjestelmät eivät juuri kaipaa huoltoa. [36, 28–29.]

## 2.2.7 Kaukolämpö

Kaukolämmitys on taajama-alueilla hyvin yleisesti käytettävä lämmitystapa. Kaukolämmityksen lämpö tuotetaan lämpö- tai voimalaitoksissa, joista se johdetaan kaukolämpöverkoston. Kaukolämmityksen polttoaineena käytetään maakaasua, kivihiiltä, turvetta, puuta tai öljyä. Nykyään yhä useammin pientalojakin liitetään kaukolämpöverkoston. Kaukolämmitys on vaivaton lämmitystapa asiakkaalle eikä se juurikaan vaadi huoltoa. Kaukolämmitysjärjestelmä ei vaadi erillistä lämminvesivaraajaa, koska lämmitykseen ja lämpimään käyttöveteen tarvittava energia saadaan lämmönsiirtimen kautta. Lämpö- tai voimalaitoksesta asiakkaalle tuleva kaukolämpö otetaan vastaan lämmönjakokeskuksella. Lämmönjakokeskuksen varusteisiin kuuluu lämmönsiirrin, säätölaitteet, kiertovesipumppu, paisunta- ja varolaitteet, lämpö- ja painemittarit sekä sulkuventtiilit (kuva 4). Lämmönjakokeskuksen laitteet mitoitetaan vastaamaan lämmitykseen tarvittavaa tehoa niin, että lämpöä riittää lämmitykseen sekä lämpimään käyttöveteen. [36, 20–21.]



Kuva 4. Lämmönjakokeskuksen toimintaperiaate. [35, 5.]

## 2.3 Patterilämmitysverkoston osat

### 2.3.1 Vesikiertoiset lämpöpatterit

Vesikiertoisia lämpöpattereita ovat radiaattorit ja konvektorit. Radiaattorit ovat levyattereita, jotka luovuttavat lämpöä ulkopinnaltaan (kuva 5). Radiaattorin lämpöä luovuttava ulkopinta on suunnilleen samankokoinen, kuin sen sisäpuolinen vesipinta-ala. Konvektorit taas ovat pattereita, joihin on lisätty konvektiolamelleja, jotka lämmittävät niissä kiertävää ilmaa. Konvektoreiden lämpöä luovuttava ulkopinta on suurempi, kuin sisäpuolinen vesi pinta-ala (kuva 6). [7, 5.]



Kuva 5. Purmo Hygiene paneeliradiaattori. [17.]

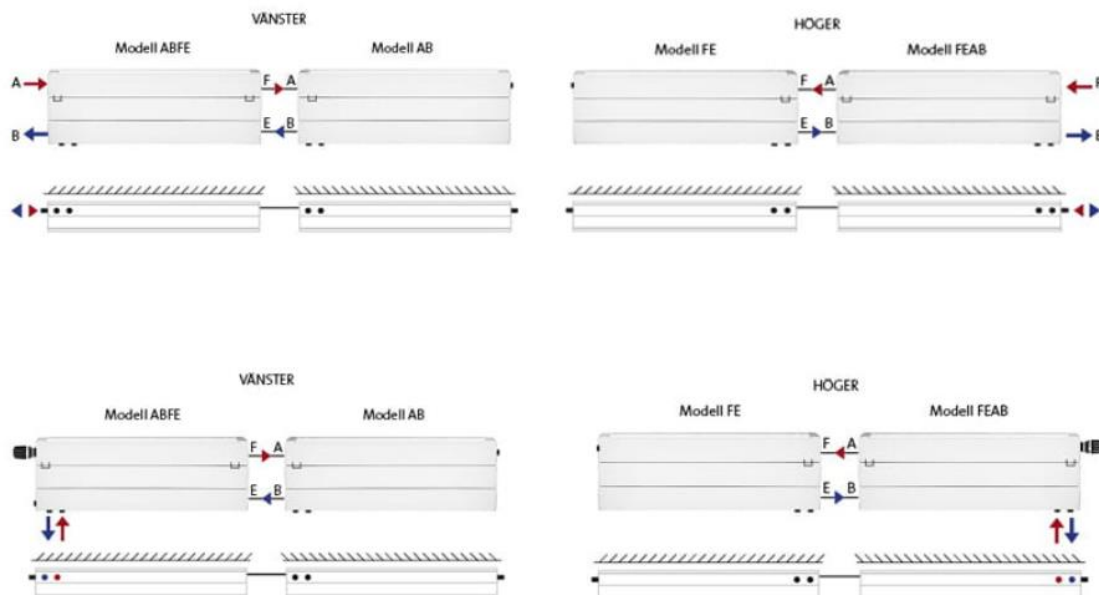


Kuva 6. Purmo Kon Ventil -konvektori. [17.]

Patterit asennetaan vähintään 100 mm korkeudelle lattiapinnasta mitattuna, jotta lattia voidaan siivota patterin alta. [7, 5.]

Patterit varustetaan ilmaruuveilla, joilla saadaan ilma poistettua patterista. [7, 6.]

Vesipatterit kytketään yleensä A-B päätykytkentä tavalla, jolloin tulo- ja menoputkiyhteet ovat samassa päädyssä (kuva 7). Patterit voidaan kytkeä myös alakautta, jolloin putkiyhteet sijaitsevat patterin pohjassa. Tätä kytkentä tapaa käytetään yleensä silloin, kun lämmitysverkosto kulkee lattiapinnan alapuolella patterilta patterille. [10, 4.]



Kuva 7. Vesikiertoisten lämmityspattereiden kytkentätapoja. [17.]

### 2.3.2 Patteriventtiilit

Lämmityspattereihin asennetaan esisäädettävät venttiilit menoputkeen, joita säätämällä saadaan patterille haluttu virtaama (kuva 8). Pattereissa käytetään termostaattisia patteriventtiileitä tai itsestään säätyviä sähköisiä toimilaitteita (kuvat 9 ja 10). Patteriventtiili asennetaan menoputkeen vaakatasoon niin, ettei patterin lämpövirtaus häiritse venttiilin toimintaa. [7, 6–7.]



Kuva 8. IMI TA, Eclipse termostaattinen patteriventtiili. [20].



Kuva 9. IMI TA, TRV 300 termostaattianturi. [20].



Kuva 10. IMI TA, EMO T, sähköinen toimilaite. [20].

### 2.3.3 Linjasäätöventtiilit

Linjasäätöventtiili asennetaan lämmitysjärjestelmän alkuun ennen lämmityslaitteita (kuva 11). Linjasäätöventtiilillä tasataan eri putkilinjojen painehäviötä niin, että patteriventtiileille ei tule liian suurta painehäviötä ja lämmitysjärjestelmä saadaan tasapainotettua. Linjasäätöventtiili lukitaan ja säädetään mitoituksen mukaiselle vesivirtaamalle. Vaikka linjasäätöventtiili lukitaan tiettyyn asentoon niin termostaattinen patteriventtiili pattereissa taas pitää huolen, että patterille virtaa oikea määrä vettä ja lämpö pysyy haluttuna, vaikka sisälämpötila muuttuu ulkoisten ja sisäisten olosuhteiden takia. [13, 4.]



Kuva 11. IMI STAD-R, Linjasäätöventtiili. [21].

### 2.3.4 Kiertovesipumput

Lämmitysverkostossa kiertovesipumpuilla kierrätetään lämmitysjärjestelmässä olevaa vettä (kuva 12). Pumput mitoitetaan vesivirran ja paine-erojen perusteella oikean kokoisiksi. Pumpujen tuottoa ja nostokorkeutta ei saa muuttaa ilman

hyväksyntää lämmönmyyjältä, koska se vaikuttaa kaukolämpöveden jäähtymiseen. Lämmitysverkostossa olevat pumput voidaan pysäyttää, jos ei ole lämmitystarvetta. Pumppuja täytyy kuitenkin käyttää muutama minuutti viikoittain, etteivät ne juutu kiinni. [18, 4.]



Kuva 12. Grundfos, kiertoovesipumppu. [19].

### 2.3.5 Paisuntasäiliö

Paisuntasäiliön tehtävä putkistossa on pitää putkiston paine tasaisena lämpötilan vaihdellessa ja nesteen tilavuuden muuttuessa. Paisunta-astiassa oleva kaasu puristuu kokoon, kun verkostossa oleva neste laajenee lämmitessään. [23, 2.]

Paisuntajärjestelmänä käytetään avointa ja suljettua järjestelmää. Avoin paisuntajärjestelmä on paineeton ja paisuntasäiliöstä on yleensä suora yhteys ulkoilmaa vasten, jolloin aiheutuu korroosiovaara. Avoimia paisuntajärjestelmiä ei enää ole käytössä uusissa järjestelmissä. Suljettu paisuntajärjestelmä tarkoittaa, että järjestelmä on paineellinen ja paisuntasäiliön vedenpinta ei ole kosketuksissa ilman kanssa. Suljetussa järjestelmässä nestetilavuuden muutokset tapahtuvat suoraan paisuntasäiliön yläosassa olevaa kalvoa tai kumipussia vasten. Suljetussa järjestelmässä on käytössä yleensä kalvopaisuntasäiliö (kuva 13). [23, 1–2.]



Kuva 13. Kalvopaisuntasäiliöitä ja säiliön läpileikkaus [22].

## 2.4 Vesikiertoisen patterilämmitysjärjestelmän ongelmat

### 2.4.1 Äänet

Patterilämmitysputkistossa ääniä aiheuttavat pääsyyt ovat pumput, venttiilit ja huoneilojen välinen ilmaäänieristävyys. Itse lämmityslaitteista johtuvat äänet kulkeutuvat putkistoon pumpuilta ja verkostossa virtaavasta nesteestä. Pumppuista aiheutuva ääni on mekaanisten osien aiheuttamaa tärinää tai painevaihteluista nestevirtauksessa. Pumpujen tärinä johtuu epätasapainossa olevasta pumpusta tai moottorista, mutta lähinnä tärinä syntyy laakereiden epätasaisuudesta tai kuluneisuudesta. Kannakkeiden välityksellä siirtyvä tärinä siirtyy putkistoa pitkin pattereille, josta tärinästä aiheutuva ääni säteilee huoneisiin ilma-ääneksi. [13,2.]

Nestevirtauksesta aiheutuva ääni johtuu venttiileistä, joissa nesteen virtausnopeus on suurimmillaan. Jos venttiileiden aiheuttamat äänet ovat liian suuret, on venttiili ja putkisto mitoitettu yleensä liian ahtaaksi tai verkostoon on mitoitettu liian suuri pumppu. Huoneiden välisessä ilmaäänieristyksessä ääni kulkeutuu tiivistämättömistä tai huonosti tiivistetyistä läpivientirenkaista huoneesta toiseen. [13,2.]

### 2.4.2 Ilma ja korroosio järjestelmässä

Lämmitysverkostosta ja pattereista poistetaan aina ilma asennuksen yhteydessä. Ajan myötä verkostoon voi päästä kuitenkin ilmaa ja ilma putkistossa ilmenee siten, että pattereista alkaa kuulua lorinaa, suhinaa tai ne eivät lämpene kunnolla. [24].

Ilmaa voi kerääntyä verkostoon lisättäessä uutta vettä järjestelmään, jolloin veden mukana tulee ilmaa. Ilmaa voi myös päästä verkostoon pahimmassa tapauksessa verkostossa olevasta vuodosta. Ilmaus suoritetaan ensin nostamalla lämmityskattilan tai muuntimen lämpö mahdollisimman korkeaksi muutaman tunnin ajaksi. Veteen sitoutunut ylimääräinen happi poistuu näin vedestä. Seuraavaksi suljetaan kiertovesipumppu ja voidaan alkaa ilmaamaan pattereita. Ilma poistetaan patterin päädyistä löytyvästä ilmausruuvista ilmaustyökälulla. [24.]

Ilman pääsy lämmitysverkostoon aiheuttaa järjestelmään korroosiota ja likaa. Korroosio lämmitysjärjestelmässä voi aiheuttaa vesikierron heikkenemistä, lämmityspattereiden lämpenemisen epätasaisuutta, toimilaitteiden jumiutumista, verkoston vuotovaurioita ja energiankulutus kustannuksien nousua. Lian kertymisen ehkäisemiseksi putkistoon on hyvä asentaa lianerotin, joka suodattaa suurimmat epäpuhtaudet. [25.]

### 2.4.3 Putkien jäätyminen

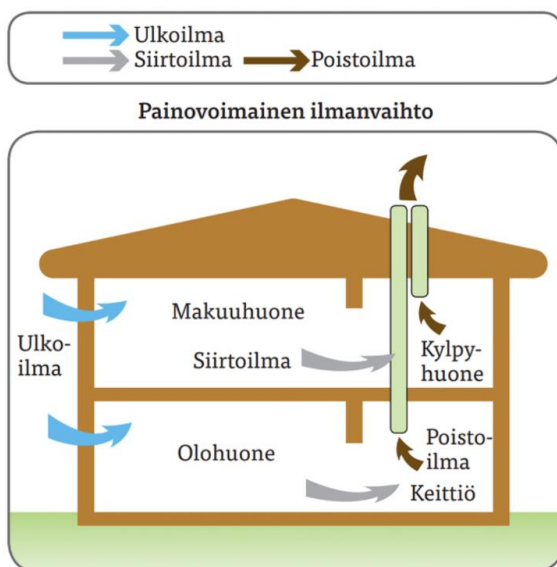
Vesikiertoisen lämmitysjärjestelmän vesi voi pakkasien kiristyessä päästä jäätymään. Patterin jäätymisestä aiheutuu patterin maalipinnan lohkeilemista ja hitsauskohtien repeytymistä. Vaikka patteri saadaan sulatettua, se todennäköisesti jää vuotamaan eikä ole enää käytettävissä. Tilat, joissa patteri voi päästä jäätymään, ovat esimerkiksi kellarit, autotallit ja tuulikaapit, joissa lämpötila saattaa laskea talvella alle 0°C. Kohteissa, joissa jäätymisvaara on todellinen, kannattaa lisätä lämmitysveteen jäätyminenkestäviä aineita. [37.]

### 3 Painovoimainen ilmanvaihto

Painovoimaisen ilmanvaihtojärjestelmän toiminta perustuu korkeus- ja lämpötilaeroihin ja tuulen aiheuttamiin ilman paine-eroihin. Rakennukseen raitisilmaventtiileistä ja rakenteiden ilmapuodoista tuleva viileä ulkoilma saa aikaan sen, että lämmin sisäilma kevyempänä virtaa poistoilmakanavassa ylöspäin ja pois rakennuksesta (kuva 14). Painovoimainen ilmanvaihtojärjestelmä kasvattaa huonekohtaisesti lämmitystehontarpeita suuresti, koska korvausilma tulee suoraan ulkoilmasta. [8, 3].

Korvausilmaventtiilit sijaitsevat ulkoseinissä, ikkunan yläosissa karmeissa ja tuuletusluukuissa. Poistoilmaventtiilit sijoitetaan niin sanottuihin likaisiin tiloihin, joita ovat WC-tilat, kylpyhuoneet ja vaatehuoneet. [14.]

Painovoimaisessa ilmanvaihdossa on ongelmana sääolosuhteiden vaihteluista johtuva ilmanvaihdon ilmavirtojen vaihtelu. Se ilmenee niin, että poistoilmahormissa ilma voi joskus virrata väärään suuntaan ja aiheuttaa sisätiloihin tunkkasta hajua ja pölyä. Painovoimainen ilmanvaihto toimii parhaiten kylmällä ja tuulisella säällä. Painovoimainen ilmanvaihto vaatii korkean poistoilmahormin toimiakseen kunnolla. [14.]



Kuva 14. Painovoimaisen ilmanvaihdon toimintaperiaate [14].

Painovoimainen ilmanvaihto kasvattaa lämmittämiseen tarvittavaa energiaa, koska poistoilman lämpöenergiaa ei saada talteen vaan se poistuu suoraan ulos. Ilmojen viilentyessä saattaa ilmanvaihto aiheuttaa vedon tunnetta ja patte- reita säädetään isommalle, joka aiheuttaa lämmitysenergian kulutuksen kasvua, kun viileää ilmaa virtaa asuntoon. [14.]

## **4 Rakennuksien lämpöhäviöt**

### **4.1 Energiatehokkuus eri aikakausina**

Energiatehokkuus ilmaistaan energiatodistuksessa energiatehokkuusluvulla ja - luokalla. Energiatehokkuusluvulla tarkoitetaan rakennuksen energiankulutuk- seen suhteutettua rakennuksen lämmitettyä pinta-alaa. Energiatehokkuusluvun yksikkö on kWh/m<sup>2</sup>. Energiankulutuksen yksikkönä käytetään kWh/m<sup>3</sup>, jossa energiankulutusta verrataan rakennuksen tilavuuteen. [29.]

Lämmöneristyksessä käytettävät materiaalit on muuttuneet paljon nykypäivään tultaessa. Hyvin yleisiä lämmöneristysmateriaaleja esimerkiksi 1950-luvulla oli- vat masuunikuona, turve, sammal, sahanpuru ja kutterinlastu, joita tuli teollisuu- den sivutuotteina (kuva 15). Mineraalivillat ja polystyreeni eli Styrox tulivat markkinoille 1950-luvulla, mutta vanhoja eristemateriaaleja löytyy vielä 1960- luvullakin rakennetuista taloista. Vanhanaikaisten materiaalien eristyskyky on vain noin puolet nykyaikaisista vastaavista eristeistä. Ongelmana vanhoissa eristysmateriaaleissa on myös se, että ne painuvat ajan saatossa. Usein seinien yläosista ja ikkunoiden alta löytyy sellaisia paikkoja, joissa ei ole enää lainkaan eristettä. Talvella rakenteissa oleviin tyhjiin eristyskohtiin voi tiivistyä kosteutta. [30.]

Materiaali	Kuiva-	Normaalinen
	tilavuuspaino kg/m <sup>3</sup>	lämmönjohtavuus W/(mK)
Sanomalehti tai jätöpaperikerros, 25 kpl/m <sup>2</sup> , purustuksessa	360	0,056
Puristettu okilevy	250	0,08
Turvelevy	275	0,07
Paisutettu korkkilevy	130-175	0,041-0,047
Ruisolkisilppu, pätkien pituus 5-10 cm, tiukkaan sullottuna seinässä	80	0,08
Ruokohake, pätkien pituus alle 3 cm, tiukkaan sullottuna seinässä	120	0,076
Turvepehku, tiukkaan sullottuna	120	0,08
Seinäsammal, tiukkaan sullottuna	120	0,08
Sahanpuru seinässä, löysänä	130-170	0,12
Sahanpuru seinässä, tiukkaan sullottuna	165-220	0,07
Kutterinlastu seinässä, löysänä	80	0,14
Kutterinlastu seinässä, tiukkaan sullottuna	150	0,08
Lasivillamatto, voimapaperipäällys, löysänä (nimellispaksuus)	70	0,043
Vuorivillalevy	55-60	0,038

Kuva 15. Eristeiden lämmönjohtavuuksia vuodelta 1955. [31.]

Rakennusten lämmöneristys on parantunut vähitellen ja ensimmäiset lämmöneristystä koskevat normit tulivat voimaan vuonna 1962. Verrattuna nykypäivän ohjeisiin ja määräyksiin, sen ajan vaatimukset ovat olleet melko vaatimattomat. Rakennuksen ulkovaipan eristysvaatimukset on muuttuneet melkein jokaisella vuosikymmenellä. Lämmitysenergiankulutuksien osalta 1960- ja 1970-lukujen kerrostaloissa on kaikista suurin ominaiskulutus, koska talojen rungot ovat massiivisia ja niissä ei ole ollut kunnollisia lämmöneristeitä. [29.]

Kiinteistöjen sähkönkulutus on noussut tasaisesti tultaessa 1980-luvulle ja siitä eteenpäin LVI-tekniikan, ulkovalaistuksen ja autolämmityksen yleistyessä. Nykyään voidaan vertailla 1980-luvulla rakennettuja rakennuksia ja uusia rakennuksia keskenään, koska peruskorjatun 1980-luvulla rakennetun rakennuksen energiankulutus vastaa melkein uuden rakennuksen tasoa. [29.]

Nykypäivään tultaessa energiatehokkuusvaatimukset ovat tiukentuneet ja talot rakennetaan usein suur- tai pienelementeistä. Uudet omakotitalot rakennetaan yhä useammin nollaenergiatasoon. Nollaenergiatalo on rakennus, joka tuottaa uusiutuvaa energiaa yhtä paljon mitä se kuluttaa. Nollaenergiatalon tuottama energia voidaan käyttää hyödyksi syöttämällä se sähköverkkoon, sähköauton lataamiseen tai vaikka aurinkolämmityksen käyttöön. [32.]

## 4.2 U-arvot

Lämmönläpäisykertoimella eli U-arvolla tarkoitetaan lämpövirran tiheyttä, joka jatkuvuustilassa läpäisee rakennusosan, kun lämpötilaero rakennusosan eri puolilla olevien tilojen välillä on yksikön suuruinen. U-arvon yksikkönä käytetään  $W/(m^2K)$ . [1.]

Mitä pienempi U-arvo on, sitä pienempi on myös lämpöhäviö. Rakenteiden U-arvoja tarvitaan lämpöhäviöiden laskennassa, joten ne täytyy selvittää ennen kuin lämpöhäviölaskennan voi tehdä. U-arvot ovat muuttuneet paljon vuosien aikana, koska taloista on alettu rakentamaan entistä enemmän energiatehokkaita. Esimerkiksi lämpimän tilan ikkunan U-arvo on ollut  $2,1 W/m^2K$  vuonna 1978, mutta vuodesta 2010 alkaen ikkunan U-arvo on  $1,0 W/m^2K$ . [28.]

U-arvo rakenteeseen voidaan laskea kaavalla 1.

$$U = \frac{1}{R_T} \quad (1)$$

missä  $U$  = lämmönläpäisykerroin,  $W/(m^2 \cdot K)$

$R_T$  = Rakennusosan kokonaislämmönvastus ympäristöstä ympäristöön

Rakennusosien ollessa tasapaksuja, kuten tässä tilanteessa, voidaan rakennusosan kokonaislämmönvastus  $R_T$  laskea kaavalla 2.

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_m + R_g + R_b + R_{q1} + R_{q2} + \dots + R_{qn} + R_{se} \quad (2)$$

$$R_1 = \frac{d_1}{\lambda_1}, R_2 = \frac{d_2}{\lambda_2} \dots R_m = \frac{d_m}{\lambda_m}$$

missä  $d_1, d_2, \dots, d_m$  = ainekerroksen 1, 2, ... m paksuus, m

$\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m$  = ainekerroksen 1, 2, ... m lämmönjohtavuuden arvo

$R_g$  = lämmönvastus rakennusosassa olevalle ilmakerrokselle

$R_b$  = maan lämmönvastus

$R_{q1}, R_{q2}, \dots, R_{qn}$  = ohuen ainekerroksen 1, 2, ... n lämmönvastus

$R_{si} + R_{se}$  = sisä- ja ulkopuolisen pintavastuksen summa

[3, 3–5.]

### 4.3 Lämpöhäviöt

Lämpöhäviöt rakennuksessa muodostuvat rakennuksen vaipan, vuotoilman ja ilmanvaihdon yhteenlasketusta lämpöhäviöstä. [4, 24§.]

Rakennuksen vaipan, vuotoilman ja ilmanvaihdon lämpöhäviöitä rajoitetaan, jotta saadaan toteutettua hyvä energiatehokkuus. Rakennuksen laskennallinen lämpöhäviö saa olla enintään samansuuruinen, kuin rakennukselle määritetty vertaislämpöhäviö. [27, 5.]

Rakennuksen vaipan lämpöhäviö voidaan laskea käyttämällä kaavaa 3.

$$\begin{aligned} \Sigma H_{joht} = & \Sigma(U_{ulkoseinä}A_{ulkoseinä}) + \Sigma(U_{yläpohja}A_{yläpohja}) + \\ & \Sigma(U_{alapohja}A_{alapohja}) + \Sigma(U_{ikkuna}A_{ikkuna}) + \Sigma(U_{ovi}A_{ovi}) \end{aligned} \quad (3)$$

missä  $\Sigma H_{joht}$  = rakennuksen vaipan lämpöhäviö, W/K

$A$  = rakennuksen pinta-ala, m<sup>2</sup>

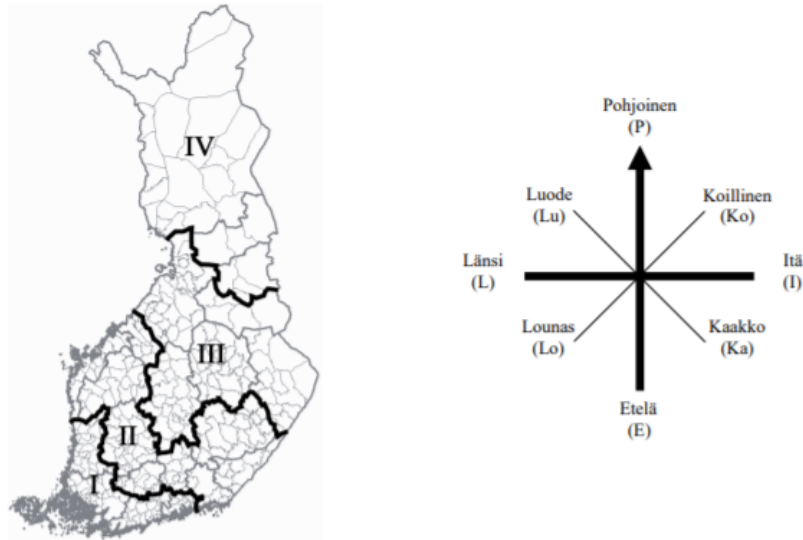
[4, 24§.]

### 4.4 Suomen säävyöhykkeet

Suomi on jaettu yhteensä neljään säävyöhykkeeseen (kuva 16). Suomen säävyöhykkeet vaikuttavat lämmitysenergian ja -tehon tarpeeseen. [9, 29.]

Lämpöhäviötietojen laskemiseksi tarkasti, on tiedettävä rakennuksen sijainti säävyöhykkeellä, jotta saadaan lämpöhäviölaskennassa mitoitettua tuloilman lämpötila. Esimerkiksi Joensuu sijaitsee säävyöhykkeellä 3, jossa mitoitettava ulkolämpötila on -32°C.

Suomen mitoittavat säävyöhyketiedot löytyvät Suomen rakentamismääräyskoelman D3-osasta. [9, 29.]



Kuva L2.1. Säävyöhykkeet.

<i>Taulukko L2.1. Mitoittavat ja keskimääräiset ulkoilman lämpötilat eri säävyöhykkeillä.</i>		
Säävyöhyke	Mitoittava ulkoilman lämpötila, °C	Vuoden keskimääräinen ulkoilman lämpötila, °C
I	-26	5,3
II	-29	4,6
III	-32	3,2
IV	-38	-0,4

Kuva 16. Suomen säävyöhykkeet. [9, 29].

## 5 Lämmitysverkoston tasapainotus

Lämmitysverkoston tasapainotus eli perussäätö tarkoittaa sitä, että lämmitysverkoston vesivirrat säädetään oikein jokaiselle patterille. Lämmityspattereille säädetään virtaamaan tarvittava vesimäärä vettä, jotta patterit lämpenisivät tasaisesti. Hyvin tasapainotetussa verkostossa jokaiselle patterille riittää sen lämmitystehon mukainen virtaama vettä ja lämmitysenergia jakautuu jokaiseen tilaan tasaisesti (kuva 17). Tasapainotus toteutetaan lämmitysverkostoon siten, että verkoston kaikille pattereille asetetaan lämmitystehon mukainen virtaama esisäätämällä patteriventtiilit sekä linjasäätöventtiilit. [15.]

Tasapainotuksen suunnittelutyö aloitetaan yleensä tekemällä selvitys lämmitysjärjestelmän laitteiden kunnosta ja mallintamalla lämpöjohtoverkosto tietoko-

neelle. Jotta mallintaminen voidaan tehdä, on suunnittelijan saatava käyttöön ajan tasalla olevat lämpöjohtopiirustukset. Tietokoneen laskentaohjelmaan syötetään lämmitysverkoston patteri- ja putkistotiedot, joiden avulla ohjelma pystyy mitoittamaan verkoston ja tekemään tasapainotuksen.

Suunnittelutyön tuotoksena saadaan piirustukset, joihin on merkitty kaikkien pattereiden ja linjasäätöventtiileiden esisäätöarvot ja tunnuksset. [12, 6.]

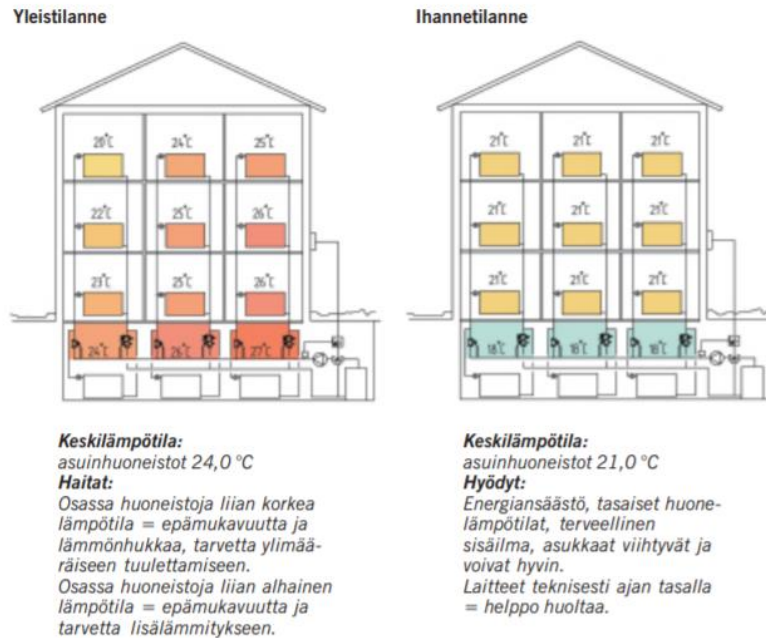
Ennen kuin lämmitysverkostoa päästään tasapainottamaan, täytyy putket olla mitoitettu ja painehäviöt laskettu putkistoon. Huomioitavaa tasapainotuksessa on se, että vaikeimpaan kiertopiiriin tulevalle linjasäätöventtiilille varataan 3...5 kPa painehäviötä, jotta tasapainotus onnistuu. Varmistettava on myös, että linjasäätöventtiili ei aiheuta ääntä. Pattereihin asennetaan termostaatit sitten vasta, kun verkosto on tasapainotettu ja säädetty. [10, 6–8.]

Verkoston tasapainottaminen tulee aiheelliseksi silloin, kun lämpötilaeroja on rakennuksen eri huoneistoissa. Ongelmat ilmenevät huonosti tasapainotetuissa kohteissa, kun viileimpien huoneistojen lämpötilaa lähdetään nostamaan, niin jo valmiiksi lämpimien huoneistojen lämpötilat nousevat samalla ja näin syntyy merkittäviä lämpötilaeroja. Lämmitysverkoston perussäätöä kannattaa miettiä jo silloin, jos eri huoneistojen lämpötilaerot ovat enemmän kuin 2°C.

Lämmitysjärjestelmän perussäädöllä voidaan vaikuttaa merkittävästi lämmitysenergian kulutukseen, jos rakennuksessa on useita huoneistoja. Energiankulutusta lämmitysjärjestelmän säädöllä voidaan vähentää jopa 10–15 prosenttia. [11.]

Tasapainoisella lämmitysjärjestelmällä pyritään vaikuttamaan asumisviihtyvyyteen ja asumisen terveellisyys. Yliämpöisissä tiloissa asukkaat saattavat saada allergiaoireita ja muita kuivasta ilmasta ja pölystä aiheutuneita ongelmia. Alilämpöisissä tiloissa taas ongelmana on kosteuden kertyminen, josta johtuvat bakteeri- ja homeongelmat. Lämmitysverkoston tasapainottamisella saadaan myös parannettua asukkaiden viihtyvyyttä, koska hyvin tasapainotettu verkosto vähentää pattereiden kohinaääniä. [12, 4.]

Lämmitysverkoston perussäätö tehdään lämmityskaudella, silloin kun vuorokauden keskilämpötila on tippunut alle  $-5^{\circ}\text{C}$ . Perussäätö tehdään kylmällä kelillä siksi, että saadaan luotettavat mittaustulokset. Perussäädön jälkeen samalla mitoituslämpötilalla mitoitettujen huoneiden lämpötilat eivät saa poiketa toisistaan  $3^{\circ}\text{C}$  enempää. [38, 6.]



Kuva 17. Tasapainotuksen havainnekuva [12, 4].

## 6 Kohdetietoja

Työn kohteena oli Joensuussa sijaitseva asunto-osakeyhtiö, jossa on neljä rivitaloa, (A-, B-, C- ja D-talot), joihin on vuosien saatossa tehty remonteja. Rivitaloissa on yhteensä 17 asuntoa ja rivitalojen rakennustilavuus on yhteensä  $4120\text{ m}^3$ . Lämmönjakohuone sijaitsee A-talon länsipäädyssä, josta lämmitysverkosto jakaantuu lämpökanaaleja pitkin B-, C- ja D-taloihin. Rivitalot ovat liitetty kaukolämpöverkkoon.

Rivitaloihin on vuonna 2010 vaihdettu uudet ikkunat ja ovet sekä yläpohjaan on lisätty 150 mm puhallusvillaa lisäeristeeksi. Uusien ikkunoiden ylälaitaan on myös lisätty säädettävät venttiilit korvausilmalle parantamaan ilmanvaihtoa. Ri-

vitalojen lämpökanaalit on uusittu vuonna 2010, ja rivitaloihin on tehty käyttövesiputkistosaneeraus vuonna 2017, jolloin on korjattu myös lämpökanaaleita.

Rakennuksissa on painovoimainen ilmanvaihto. Jokaisessa rivitalossa on omat jäteilman keruuputkistot, jotka on johdettu hormiin, josta jäteilma ohjautuu hormia pitkin ulos. Keittiöissä on liesituulettimet tehostamassa käytönaikaista ilmanvaihtoa.

Asunto-osakeyhtiön rivitalojen asunnoissa on käytössä vesikiertoinen patterilämmitys. Patterilämmitysjärjestelmä on toteutettu yläjakoisena eli jakelujohdot ovat pattereiden yläpuolella. Lämmitysverkoston alkuperäisen vuonna 1981 toteutetun lämmityssuunnitelman mukaan rakennuksen lämpöhäviöt olisi 93 kW, ja järjestelmä on mitoitettu 80/50 °C lämpötiloille. Rivitalojen asunnoissa on käytetty yksi- ja kaksirivisiä vanhoja Rettig -merkkisiä lämmitysradiaattoreita. Kaikkien pattereiden kytkentä on toteutettu A-B kytkentätavalla. Pattereihin on asennettu IMI TA-patteriventtiilit.

Lämmitysverkosto on tarkoitus mitoittaa edelleen 80/50°C lämpötiloille. Lämmitysverkoston on asennettu uudet lämmityskanaalit, mutta lämmitysverkosta ei ole sen jälkeen uudelleen tasapainotettu.

## **7 Työn toteutus**

Tässä opinnäytetyössä päivitettiin lämmityssuunnitelma Joensuussa sijaitseviin neljään kaukolämpöverkossa olevaan rivitaloon. Lämmitysverkoston mallinnus, mitoitus sekä tasapainotus tehtiin Cadmatic Hvac -sovelluksella. Valmis lämmityssuunnitelma ja siihen kuuluvat pohjakuvat tulostettiin pdf-muotoon.

Työ aloitettiin keräämällä ensin mahdollisimman paljon tietoa kyseisistä rivitaloista ja niihin tehdyistä remonteista vuosien varrelta. Vanhat lämmityssuunnitelmat ja pohjakuvat ovat tallessa ja niiden avulla voitiin aloittaa toteuttamaan uuden lämmityssuunnitelman tekoa. Kaikki vanhat pohjakuvat saatiin käyttöön pdf-muodossa, mikä helpotti lämmitysverkoston mallinnuksen tekemistä.

## 7.1 Kohteen kartoitus

Rivitalojen kartoituksessa kohde tarkasteltiin läpi ja tarvittavat tiedot pattereista, putkistoista sekä tehdyistä remonteista otettiin ylös. Tietojen avulla päästiin mallintamaan lämmitysverkostoa ja luomaan huoneistoihin oikeat lämpöhäviöarvot.

Kartoituksessa selvitettiin kohteen pattereiden sekä patteritermostaattien mallit ja tyypit. Lämmityspatterit ovat vanhoja Rettig-merkkisiä pattereita, joita on huoneistoissa yksi- kaksi- ja kolmilevyisiä (kuva 18). Lämpökanaaleihin on tehty korjaus vuonna 2017 ja myös lämmönjakuhuoneessa on tehty päivityksiä lämmönjakolaitteiston osalta.



Kuva 18. Rettig yksilevyinen paneeliradiaattori.

Lämmityspattereihin on vaihdettu noin 10 vuotta sitten IMI TA -merkkiset patteriventtiilit (kuva 19), joten patteriventtiileillä on vielä teknistä käyttöikää jäljellä noin 15 vuotta (liite1).



Kuva 19. IMI TA patteriventtiili.

Lämmönjakokeskukseen on asennettu uusi Danfoss XB 20-46 -lämmönsiirrin noin 10 vuotta sitten remontin yhteydessä (kuva 20). Uusi lämmönsiirrin on mitoitettu 93kW kokoiseksi.



Kuva 20. Lämmönjakokeskus.

Lämmönjakohuoneessa on linjasäätöventtiilit, jotka on asennettu rivitaloille menevään runkolinjaputkistoon (kuva 21). Näistä linjasäätöventtiileistä voidaan

säätää B-, C- ja D-rivitaloille menevän lämmitysverkoston virtausta. Lämmönjakuhuone sijaitsee A-talossa, joten runkolinjaputkistoon on tehty haara A-talolle ennen linjasäätöventtiileitä.



Kuva 21. Lämmönjakuhuoneessa sijaitsevat linjasäätöventtiilit.

## 7.2 Projektitietojen asettaminen Cadmatic-sovellukseen

Ensimmäisenä työvaiheena tuotiin pdf-pohjakuvat rivitaloista Cadmatic-sovellukseen ja luotiin yhteinen projektikansio kuville sekä skaalattiin pohjakuvat 1:50 mittakaavaan. Seuraavaksi voitiin asettaa projektitiedot, joissa määritettiin tiloille seinä-, ikkuna-, alapohja-, yläpohja- ja vuotoilmatiedot. Lisäksi asetettiin tuloilman lämpötila mitoittavan säävyöhykkeen mukaan (-32°C), ja lisättiin kuviin pohjoisnuoli, jonka avulla ilmansuunta asettuu pohjakuviin automaattisesti (kuva 22).

Rakenteet, oletusarvot	
Seinä:	US1 (Ulkoseinä ; 300 ; 0.17)
Ikkuna:	IKKUNA1 (1.0)
Ovi:	OVI1 (1.0)
Alapohja:	AP1 (Maanvarainen ; 0.16)
Yläpohja:	YLÄPOHJA UUSI (Ulkoilmaa vasten ; 450 ; 0.089)
Kattoikkuna:	KI1 (1.0)
Lämpöhäviölisätiedot	
Ulkolämpötila:	III Jyväskylä-Luonetjärvi, -32°C
	-32
Vuoden keskimääräinen ulkoilman lämpötila:	3.2
Vuotoilmakerroin:	VI1 (0.1)
Tuloilman lämpötila:	TI_ (-32)

Kuva 22. Projektiasetukset.

### 7.2.1 Huonekohtaisten lämpöhäviötietojen lisäys

Jokainen tila määritettiin ja nimettiin, jonka jälkeen lisättiin tiloille huonekorkeus (2,5 m), lämpöhäviölisätietoihin mitoittavan ulkoilman lämpötila (-32°C) sekä vuotoilmakerroin. Vuotoilmakerroin kohteeseen määritettiin tehtyjen remonttien perusteella ja kertoimen arvoksi saatiin Q50 (4m<sup>3</sup>/ (h m<sup>2</sup>)).

Rivitalojen nurkkahuoneisiin lisättiin lämpöhäviötietoihin lämpöhäviökerroin luku 1.2, ja muihin huoneisiin käytettiin lukua 1.1. Nurkkahuoneissa on suurempi lämpöhäviökerroin, koska nurkkahuoneiden seinärakenteissa on enemmän liitoksia, joista lämpö pääsee karkaamaan.

Kaikkien tilojen seinien tyypit määritettiin seuraavaksi ja niille asetettiin U-arvot. Ulkoseinien U-arvoksi asetettiin 0,17 ja väliseinien arvoksi 0.

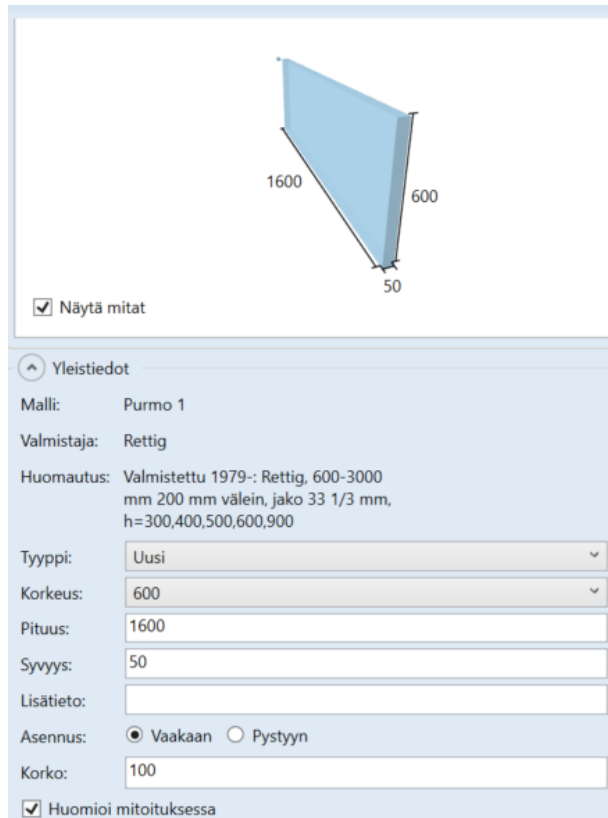
## 7.2.2 Patterit

Ennen pattereiden lisäästä luotiin lämmitysverkosto Cadmatic-sovellukseen ja määritettiin meno- ja paluuveden lämpötiloiksi 80/50 astetta ja valittiin nesteeksi vesi (kuva 23).

Yleistiedot			
Nimi:	<input type="text" value="Patteri"/>	Verkoston tyyppi (IFC-vientiä varten):	
Tunnus:	<input type="text" value="L"/>		<input type="text" value="Patteriverkosto"/>
Neste:	<input type="text" value="Vesi"/>	Nesteen tiheys:	<input type="text" value="981"/> kg/m <sup>3</sup>
Menonesteen lämpötila:	<input type="text" value="80"/> °C	Kinemaattinen viskositeetti:	<input type="text" value="0.00000043"/> m <sup>2</sup> /s
Paluunesteen lämpötila:	<input type="text" value="50"/> °C	Ominaislämpökapasiteetti:	<input type="text" value="4.187"/> kJ/kg K

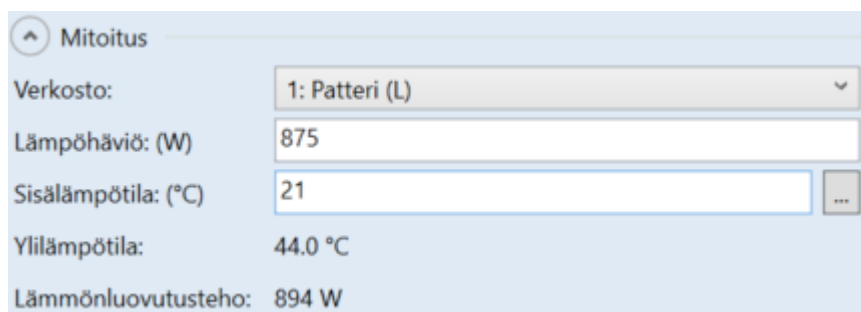
Kuva 23. Lämmitysverkoston nesteen tiedot.

Seuraavaksi lisättiin luotuihin tiloihin patterit pohjakuvan mukaisille paikoille ja lisättiin niihin venttiilit. Patterit ovat vanhoja Rettig -merkkisiä, mutta ne löytyivät Cadmatic-sovelluksen valikosta (kuva 24). Patterit asetettiin viitekuvaksi luotujen pdf-pohjakuvien avulla oikeille paikoille ikkunoiden alapuolelle, lukuun ottamatta muutamia pattereita, jotka olivat asennettu väliseiniin, varastoihin ja tuulikaappeihin.



Kuva 24. Rettig patteri sovelluksessa.

Lämmityspattereiden lämmönluovutusteho mitoitettiin suuremmaksi, kuin mitä huoneen lämpöhäviö on, jotta saadaan patterin lämmitystehoa hyödynnettyä enemmän (kuva 25).



Kuva 25. Lämmityspatterin mitoitus tiedot.

### 7.2.3 Ikkunat ja ovet

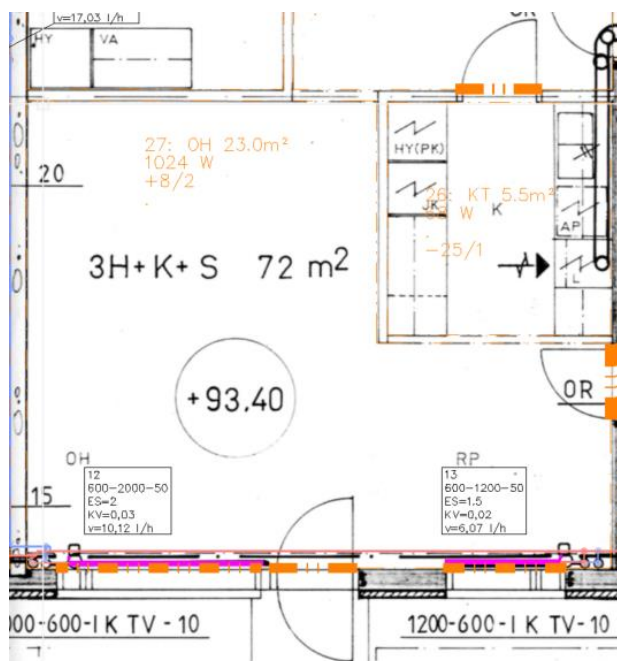
Rivitalojen kaikki ikkunat ja ovet on vaihdettu vuonna 2010 uusiin, jolloin myös ikkunoihin on lisätty korvausilmaventtiilit ikkunoiden ylälaitaan korvausilman

saannin parantamiseksi (kuva 26). Ikkunat ja ovet ovat Fenestra -merkkisiä ja ne on valmistettu vuonna 2009. Ikkunat ovat malliltaan kaksipuitteisia MSE mallisia ikkunoita. Ikkunoiden U-arvoksi saatiin  $1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , joka vastaa nykymääräyksiä ikkunoiden tiiveydestä. Ulko-ovien U-arvoksi saatiin myös  $1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  ja välioville U-arvo oli 0.



Kuva 26. Fenestra -merkkisen ikkunan korvausilmaventtiili.

Kun ikkunoiden ja ovien lämpöhäviötiedot saatiin määritettyä, lisättiin ne pohjakuvan mukaisille paikoille huoneisiin. Ikkunoiden ja ovien lisääminen nosti huoneiden lämpöhäviötä (kuva 27).



Kuva 27. Esimerkkihuone A-talosta.

## 7.2.4 Eristeet ja lisäeristys

Rivitaloihin on lisätty yläpohjaan 150 mm puhallusvillaa lisäeristeeksi vuonna 2010 kattoremontin yhteydessä. Yläpohjan eristekerroksen paksuus on nykyään lisäeristysten jälkeen 450 mm ja sen U-arvoksi saatiin Cadmatic-sovelluksen laskimella  $0.089 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Eristeiden lisäyksellä on pyritty parantamaan rivitalojen lämmöneristävyyttä.

## 7.2.5 Ilmatiedot

Tulo- ja poistoilmatiedot lisättiin kaikkiin huoneisiin, joihin tulo- ja poistoilma vaikuttaa. Esimerkiksi  $16 \text{ m}^2$  kokoiseen olohuoneeseen lisättiin  $8 \text{ l/s}$   $-32^\circ\text{C}$  tuloilmaa, jolla saatiin nostettua huoneen lämpöhäviötä ja huoneolosuhteita realistisemmiksi. Poistoilman lisäyksellä huoneisiin ei ollut vaikutusta lämpöhäviön suuruuteen (kuva 28).

Tilan ilmamäärät ja verkostot

Rakennustyyppi  
Asunnot

Huone / käyttö  
Muut asuinhuoneet >22m2

Ulkoilma voidaan osittain korvata siirtoilmalla makuuhuoneesta.

Äänitasotiedot

Äänitasovaatimus	Tilan kovuus	Jälkikaiunta-aika	Absorptio pinta-ala	Toteutunut äänitaso
28/33 dB			10 m <sup>2</sup>	- dB

Tuloilma

l/s

l/s

l/s, m<sup>2</sup> 0.35

1/h

Verkosto  
2: Tuloilma (Tulo, Tuloilma)

Ilmamäärä: 8 l/s  
Ilmanvaihtokerroin 1/h:

Poistoilma

l/s 0

l/s

l/s, m<sup>2</sup>

1/h

Verkosto  
1: Poistoilma (Poisto, Yleispoisto)

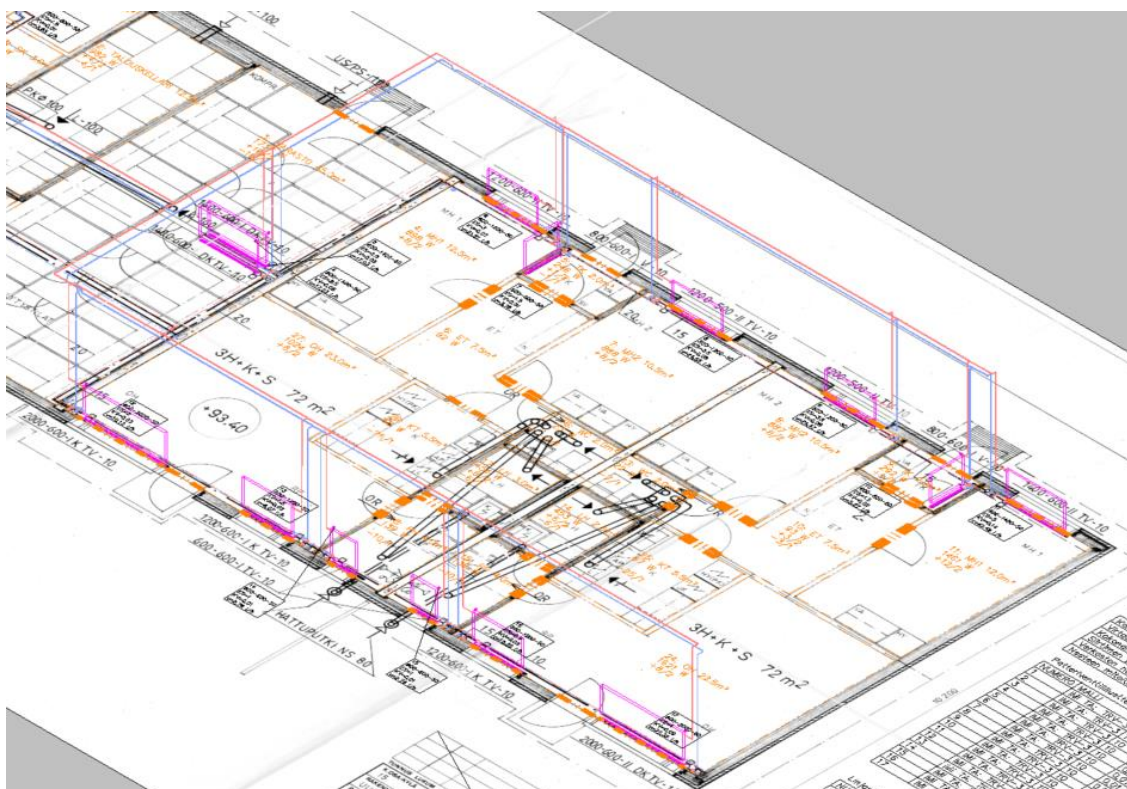
Ilmamäärä: 0 l/s  
Ilmanvaihtokerroin 1/h:

OK Poista Peruuta Ohje

Kuva 28. A-talon 23m<sup>2</sup> kokoisen olohuoneen ilmatiedot.

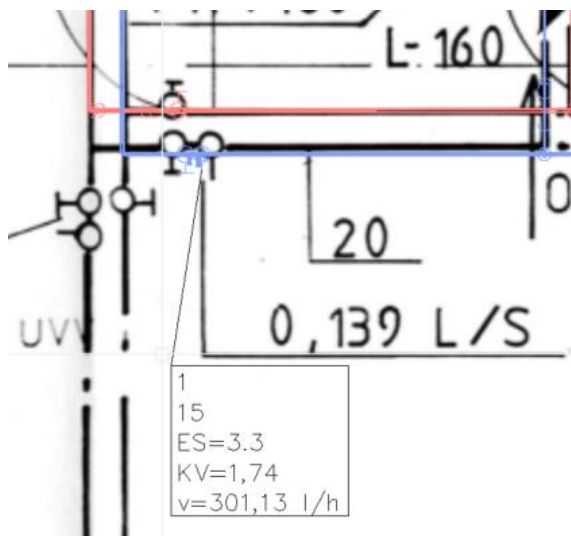
### 7.3 Lämmitysverkoston mallinnus

Lämmitysverkoston mallinnus aloitettiin piirtämällä ensin runkolinjat rivitaloihin, joista piirrettiin pattereille putkihaarat. Putkireitit pysyivät pohjakuvien mukaisina, koska niitä ei ole muokattu. Pattereihin lisättiin putkiyhteet, jonka jälkeen pystyttiin liittämään putkihaarat patteriin. Putkitustapa kohteessa on yläjakoinen kaksiputkijärjestelmä, joten runkolinja muodostuu meno- ja paluuputkesta sekä myös patterien liitännä tapahtuu niin, että patterin meno- ja paluuputki liitetään omalla putkella runkolinjaan (kuva 29).



Kuva 29. A-talon mallinnettu lämmitysverkosto.

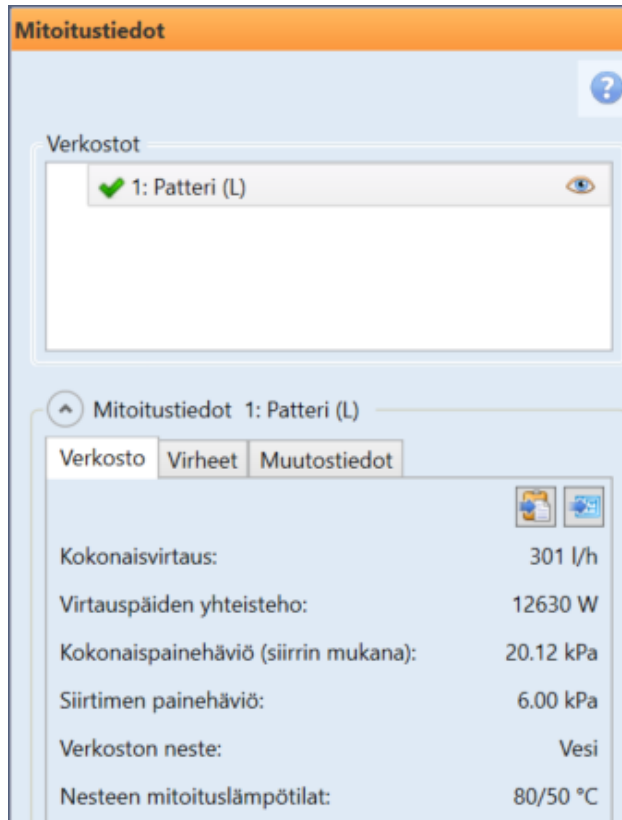
Seuraavaksi, kun lämmitysverkosto on lähes valmis, lisättiin vielä linjasäätöventtiilit runkolinjaan. Linjasäätöventtiilit määritettiin kokoa pienemmiksi kuin putken paksuus, jotta säätövaraa olisi enemmän. Esimerkiksi, jos putki on nimellishalkaisijaltaan DN20, niin siihen putkeen lisättiin DN15 linjasäätöventtiili (kuva 30).



Kuva 30. A-talon linjasäätöventtiili paluuputkessa.

#### 7.4 Lämpömitoitus ja tasapainotus

Kun saatiin mallinnettua lämmitysverkosto ja linjasäätöventtiilit lisättyä verkostoon voitiin aloittaa lämpömitoitus ja samalla tasapainotus. Cadmatic-sovelluksella mitoitus ja tasapainotus onnistui hyvin helposti, koska sovellus tekee kummankin toiminnon samaan aikaan. Mitoituksessa nähdään heti esimerkiksi, jos jonnekin on jäänyt avonainen putken pää, tai patteri on jäänyt kytkemättä putkistoon. Mitoitustietojen perusteella ohjelma tasapainottaa lämmityspatterit ja antaa kaikille patteriventtiileille ja linjasäätöventtiileille esisäätöarvot, joiden mukaan venttiilit voidaan säätää (kuva 31).



Kuva 31. A-talon mitoitustiedot.

Lämpömitoituksen ja tasapainituksen jälkeen voitiin merkata pohjakuviin jokaisen lämmityspatterin viereen taulukko, josta nähdään esisäätöarvo ja virtausmäärä. Pohjakuvien sivuun lisättiin myös taulukot, joista nähdään patteriverkoston kokonaisvirtaus, virtauspäiden yhteisteho, verkoston painehäviö, patteriventtiileiden esisäätöarvot, linjasäätöventtiileiden esisäätöarvot ja verkoston tilavuus. Jokainen rivitalo oli liitetty samaan lämpökanaaliin, joten rivitalot täytyi tasapainottaa ”yhteen” asemakuvan avulla, jotta saatiin rivitalojen kokonaisvirtaus, yhteisteho ja kokonaispainehäviö lämmönsiirtimen kanssa mitoitettua (kuva 32).

1: Patteri (L)

Kokonaisvirtaus:	2016 l/h
Virtauspäiden yhteisteho:	67765 W
Kokonaispainehäviö (siirrin mukana):	25.37 kPa
Siirtimen painehäviö:	6.00 kPa
Verkoston neste:	Vesi
Nesteen mitoituslämpötilat:	80/50 °C

Kuva 32. Rivitalojen kokonaismitoitusarvot.

A-talolle ohjelma laski virtauspäille yhteistehoksi 12,6 kW, B-talolle 20,3 kW, C-talolle 14,5 kW ja D-talolle 20,2 kW. Rivitalojen yhteistehoksi näin ollen laskennallisesti saadaan noin 68 kW.

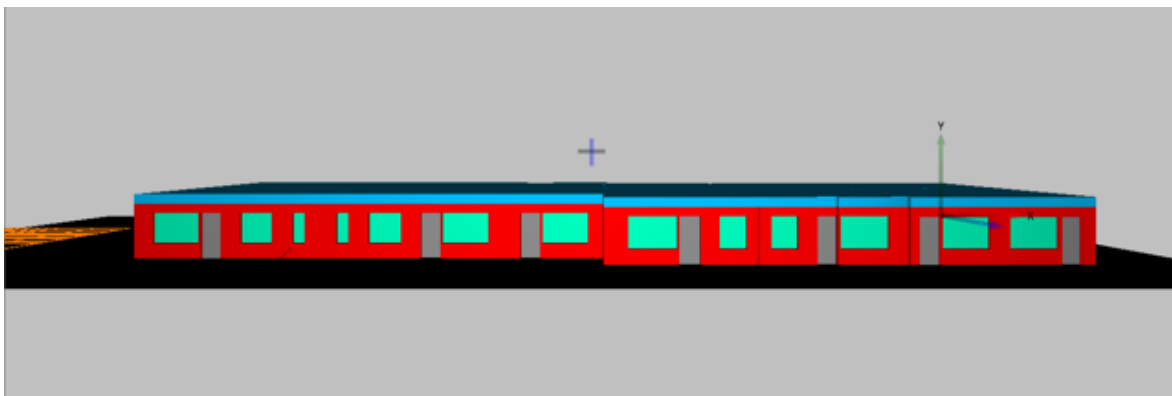
## 7.5 Tulosten tarkastelu

Vuonna 1981 tehdyn lämmityssuunnitelman mukaan rakennuksien lämpöhäviöksi on saatu 93 kW ja näin ollen lämmönsiirrin on mitoitettu 93 kW:n kokoiseksi. Uuden lämmityssuunnitelman mukaan rivitalot tarvitsevat lämmitysenergiaa noin 68 kW, joten lämmönsiirrin on ylimitoitettu. Lämmitystehontarve rivitaloissa on pienentynyt huomattavasti vuosien varrella tehtyjen remonttien takia, joissa on pyritty parantamaan rivitalojen lämmöneristävyyttä.

Valmiille mallinnetulle lämmitysverkostolle tehtiin kamera-ajo toiminto ja sen avulla päästiin tarkastelemaan 3-ulotteisesti pattereiden ja putkien sijainteja. Kamera-ajon avulla selvisi, ettei putkistossa ollut törmäyksiä eikä rakenteet olleet minkään patterin tai putken päällä.

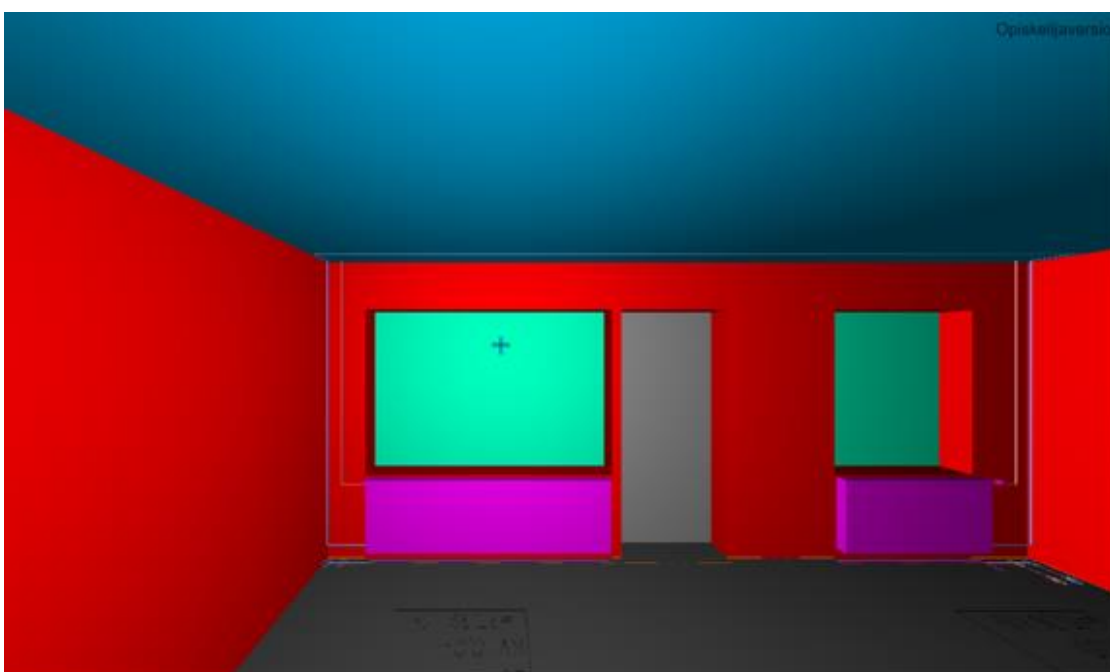
## 7.6 Kamera-ajo

Lämmityssuunnitelman ollessa valmis testattiin Cadmatic-sovelluksella vielä kamera-ajo läpi rakennuksen, jonka avulla päästiin näkemään rakennuksen sisälle ja tarkastelemaan mahdollisia törmäyksiä putkistoissa. Kamera-ajo on etenkin hyödyllinen, jos samassa suunnitelmassa esiintyy ilmanvaihtokanavistoa. Näin kamera-ajo toiminnolla voidaan paikantaa mahdollisia törmäyskohtia. Ennen, kuin kamera-ajo voitiin tehdä, piti 3D-generoida kaikki tilat ja tilojen kaikki rakenteet, jotta saatiin luotua 3D-luonnos rivitaloista (kuva 33).



Kuva 33. 3D-generoitu B-rivitalo.

Generointi tapahtui siten, että lisättiin seinille, ikkunoille, alas lasketuille kat-  
topinnoille, alapohjille, yläpohjille ja lattioille värit. Sen jälkeen, kun sovellus on  
generoinut tilat, voitiin aloittaa 3D-reitin määrittely halutulle reitille rakennuksen  
sisällä kamera-ajoa varten (kuva 34).



Kuva 34. Kamera-ajo rakennuksen sisällä.

## 8 Yhteenveto

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda asunto-osakeyhtiön omistuksessa oleville rivitaloille uusi päivitetty lämmityssuunnitelma. Uuden lämmityssuunnitelman tekemiseen kuului paljon suunnittelutyötä, koska lämmitysverkosto piti ensin mallintaa, jonka jälkeen päästiin tekemään mitoitus- ja tasapainotussuunnitelma. Rivitaloihin oli tehty vuosien saatossa remontteja, joten tehtyjen remonttien vaikutus lämpöhäviöihin täytyi ottaa huomioon lämmitysverkoston tasapainotuksessa.

Lämmitysverkoston mallintaminen onnistui hyvin, koska käyttöön saatiin vanhat lämmitysverkostosuunnitelmat. Eniten haasteita suunnitelmia luodessa tuotti Cadmatic-sovelluksen käyttö, joka oli aluksi haastavaa, koska sovellus on lähi-vuosina päivittynyt. Vanhojen suunnitelmien pohjalle pystyttiin mallintamaan uusi lämmitysverkosto rivitaloihin suhteellisen helposti, koska lämmitysverkosto on alkuperäinen ja putkilinjat ovat pysyneet ennallaan. Rivitalojen lämmityssuunnitelmien tulostus onnistui hyvin pdf-tiedostoiksi, ja tulosteet ovat tallennettu A1 -arkkikokoon kuvien lukemisen helpottamiseksi. Opinnäytetyö toimii tulevaisuudessa toteutuvalle tasapainotustyölle työohjeena kaikkine kuvineen ja materiaaleineen.

## Lähteet

1. C3 Rakennusten lämmöneristys. 2010.  
<https://ymparisto.fi/download/noname/%7B7BF051A7-6436-4724-A1FD-7688A56FB09B%7D/102966>. 17.2.2022.
2. C4 Lämmöneristys. 1978.  
<https://ymparisto.fi/download/noname/%7B8FF807FC-D3B0-43E4-8072-7BBEB223CFD1%7D/100671>. 17.2.2022.
3. C4 Lämmöneristys. 2003. <https://www.finlex.fi/data/normit/1931-C4s.pdf>. 17.2.2022.
4. Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta. 1010/2017. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171010>. 17.2.2022.
5. RT 1810922. 2008. Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapito. Rakennustieto.
6. LVI 2010348. 2004. Putkistojen asennus. Rakennustieto.
7. RT 5210797. 2003. Vesikiertoinen patterilämmitys. Rakennustieto.
8. D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. 2003.  
<https://ymparisto.fi/download/noname/%7BCE4601D6-732C-4C9A-BC82-AA16C7EF4D29%7D/101112>. 17.2.2022.
9. D3 Rakennuksen energiatehokkuus. 2012.  
[https://ym.fi/documents/1410903/0/37188-D3-2012\\_Suomi.pdf/3072837e-928a-424c-f7dc-b6b61f7b8da6/37188-D3-2012\\_Suomi.pdf?t=1622704540584](https://ym.fi/documents/1410903/0/37188-D3-2012_Suomi.pdf/3072837e-928a-424c-f7dc-b6b61f7b8da6/37188-D3-2012_Suomi.pdf?t=1622704540584). 21.2.2022.
10. LVI 1210343. 2002. Vesikiertoinen patterilämmitys. Rakennustieto.
11. Ympäristö.fi. 2016. Lämmitysverkoston tasapainotus optimoi energiankäytön. [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Korjaustieto/Taloyhtiot/Korjaushankkeet/Talotekniikka/Lammitysverkoston\\_tasapainotus](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Korjaustieto/Taloyhtiot/Korjaushankkeet/Talotekniikka/Lammitysverkoston_tasapainotus). 21.2.2022.
12. Motiva Oy. 2002. Lämmitysverkoston perussäätö säästää rahaa ja luo terveellisen sisäilmaston. <https://www.motiva.fi/files/781/perussaato-esite.pdf>. 21.2.2022.
13. LVI 1210327. 2001. Vesikeskuslämmityksen äänitekniinen suunnittelu ja äänenvaimennus. Rakennustieto.

14. Hengitysliitto.fi. Painovoimainen ilmanvaihto.  
<https://www.hengitysliitto.fi/kodin-sisailma-ja-kunnossapito/ilmanvaihto/ilmanvaihtojarjestelmat/>. 23.2.2022.
15. Lämmönhuolto PRO Oy. Tasapainotus.  
<http://www.lammonhuolto.fi/tasapainotus.html>. 23.2.2022.
16. Rakennusten kaukolämmitys. K1/2021.  
[https://energia.fi/files/6412/Julkaistu\\_K1\\_2021\\_Rakennusten\\_kaukolammitys\\_Maaraykset\\_ja\\_ohjeet\\_%28pdf%29.pdf](https://energia.fi/files/6412/Julkaistu_K1_2021_Rakennusten_kaukolammitys_Maaraykset_ja_ohjeet_%28pdf%29.pdf). 23.2.2022.
17. Purmo Group Finland Oy. 2021. Konvektorien kytkentä sarjaan.  
<https://www.purmo.com/fi-fi/the-indoors/tuotetiedot/konvektorien-kytkenta-sarjaan>. 24.2.2022.
18. LVI 1910400. 2006. Kaukolämpölaitteiden hoito ja huolto. Rakennustieto.
19. Grundfos Oy. Kiertovesipumput. <https://product-selection.grundfos.com/fi/products/up-ups-series-100?tab=products>.  
24.2.2022.
20. IMI Hydronic Engineering. Huonelämpötilan säätö. <https://www.imi-hydronic.com/fi/huonelampotilan-saato>
21. IMI Hydronic Engineering. Virtauksen säätö- ja maksimirajoitusventtiilit.  
<https://www2.imi-hydronic.com/fi/tuotteet-ja-ratkaisut/ta-balancing-and-control/linjasaatoventtiilit/linjasaatoventtiilit/STAD-R/>. 24.2.2022.
22. Ahlsell.fi. kalvopaisunta-astiat.  
<https://www.ahlsell.fi/34/lv/lammitys/kalvopaisunta-astiat/3410007/>.  
10.3.2022.
23. LVI 1110472. 2011. Paisuntajärjestelmän valinta ja mitoitus. Rakennustieto.
24. Talokuntoon.fi. Pattereiden ilmaaminen. <https://www.talokuntoon.fi/tee-se-itse/Pattereiden-ilmaaminen>. 10.3.2022.
25. Lämmönhuolto Pro Oy. Ruostuminen.  
<http://www.lammonhuolto.fi/korroosio.html>. 10.3.2022.
26. Radiaattorikeskus.fi. Hyvä tietää. <https://radiaattorikeskus.ee/hyva-tietaa/>.  
10.3.2022.
27. D3 Rakennuksen energiatehokkuus. 2010.  
<https://ymparisto.fi/download/noname/%7B3D198069-F0E1-4371-94AF-85639FA83AEE%7D/102970>. 14.3.2022.

28. Taloon.com. U-arvo. <https://www.taloon.com/u-arvo>. 14.3.2022.
29. Ympäristö.fi. 2016. Talon iän vaikutus. [https://www.ymparisto.fi/fi-fi/rakentaminen/korjaustieto/Taloyhtiöt/Energiatohokkuus/Energiankulutus/Talon\\_ian\\_vaikutus](https://www.ymparisto.fi/fi-fi/rakentaminen/korjaustieto/Taloyhtiöt/Energiatohokkuus/Energiankulutus/Talon_ian_vaikutus). 14.3.2022.
30. Suomirakentaa.fi. Lämmöneristys. <https://www.suomirakentaa.fi/korjaaja/3-korjaaja/korjausrakentaminen/19-laemmoeneristys>. 14.3.2022.
31. Rakennustarkkailija.com. 2021. Vanhoja lämmöneristeitä. <https://rakennustarkkailija.com/2021/01/10/vanhoja-lammoneristeita/>. 14.3.2022.
32. Rakentaja.fi. Mitä nollaenergiatalo tarkoittaa. 2013. [https://www.rakentaja.fi/artikkelit/9986/mita\\_nollaenergiatalo\\_tarκοittaa.htm](https://www.rakentaja.fi/artikkelit/9986/mita_nollaenergiatalo_tarκοittaa.htm). 15.3.2022.
33. Purmo Group Finland Oy. Compact, C. <https://www.purmo.com/fi-fi/tuotteet/lammitys/radiaattorit/paneeliradiaattorit/vaakasuuntaiset-radiaattorit/compact,-c>. 15.3.2022.
34. Motiva Oy. 2022. Vesikeskuslämmitys. [https://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelmien\\_valinta/lammonjaon\\_vaihtoehdot/vesikeskuslammitys](https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelmien_valinta/lammonjaon_vaihtoehdot/vesikeskuslammitys). 4.4.2022.
35. LVI 1010398. 2006. Kaukolämmitys. Rakennustieto.
36. Motiva Oy. 2011. Pientalonlämmitysjärjestelmät. <http://www.motiva.fi/files/4970/PientalonLammitysjarjestelmat.pdf>. 4.4.2022.
37. Radiaattorikeskus. Hyvä tietää. <https://radiaattorikeskus.ee/hyva-tietaa/>. 4.4.2022.
38. LVI 4110230. 1994. Lämmitysverkoston säätö. Rakennustieto.

## Tekniset käyttöiät. [5, 18].

Tunnus	Nimikkeen otsikko, määrittelmä	Tyypillinen rakentamisaika ja muu tarkempi määrittely	Keskimääräinen tekninen käyttöikä			Suunnitelmallisen ylläpidon toimenpiteet		Huomautuksia
			vuotta (R = rakennuksen ikä, J = järjestelmän ikä)			Tarkastusväli	Huoltoväli / kunnossapitojakso	
			1 vaikea	2 normaali	3 kevyt	vuotta	vuotta	
	- PEX-putket, enimmäiskäyttölämpötila 90 °C	Paljaana asennettuina, eristys-elementissä, mineraalivillalla tai umpisolumuovilla eristettyinä		50		12 kk		Ei vielä pitkäaikaisia kokemuksia.
	- Lattialämmitysputket, enimmäiskäyttölämpötila 60 °C	Eristämättömät putket betonivalussa		50				Ei vielä pitkäaikaisia kokemuksia.
	Komposiittiputket	2000...		50		12 kk		Ei vielä pitkäaikaisia kokemuksia.
G1220	Pumput			20...25		12 kk	12 kk laakeriäänet, kuumeneminen, tiiviys, taajuusmuuttajakäyttö ja vuorottelukäynti tarkastetaan	
G1230	Venttiilit (sulkuventtiilit, linjasäätöventtiilit, yksisuuntaventtiilit, säätöventtiilit, magneettiventtiilit, patteriventtiilit, täyttöventtiilit, tyhjennysventtiilit)			20...25		12 kk	12 kk suljetaan ja avataan. Sulkeutuvuus testataan. Tiiviys tarkastetaan.	
	Sulkuventtiilit			30		12 kk		
	- Messinkiset karaventtiilit	...1990		20...30				
	Linjasäätöventtiilit			30		12 kk		Vesivirtojen mittausmahdollisuuden puuttuminen aiheuttaa uusimistarpeen, jos verkostoa on tarpeen säätää.
	Patteriventtiilit	Venttiilirunko		15...20		12 kk		Esisäätömahdollisuuden puuttuminen aiheuttaa uusimistarpeen, jos verkoston vesivirtoja on tarpeen säätää.
		Termostaattiosat		15...20			12 kk termostaattiosan mekaaninen kunto ja toiminta tarkastetaan ennen lämmityskauden alkua.	Termostaattiosan irtoa rungosta, mekaaninen vaurio. Rasitukselle alttiissa paikassa termostaattiosan irtoanturin kapillaari-putki vaurioille alttiina.
	Mootoriventtiilit	Venttiilirunko		20				
		Toimilaite		10...15		12 kk		
G1240	Putkistovarusteet (lämpömittarit, painemittarit, ilmanpoistimet, joustavat liittimet, lianerottimet)					12 kk		Uusitaan tarvittaessa säännöllisen hoitotarkastustoiminnan yhteydessä.

