

Juho Hesso

Vesikiertoisen lämmitysjärjestelmän ongelmat ja optimointi

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutusohjelma

2017



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

VESIKIERTOISEN LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN ONGELMAT JA OPTIMOINTI

Hesso, Juho
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutusohjelma
Kevät 2017
Sivumäärä: 52
Liitteitä: 0

Asiasanat: perussäätö, lämmitysverkosto, säätökäyrä, radiaattori, patteriventtiili

Opinnäytetyön aiheena oli käydä läpi vesikiertoisen lämmitysjärjestelmän toiminta ja perussäätöön liittyvät periaatteet sekä niistä löytyvät ongelmat. Käytännön osuuteen kuuluivat kerrostalokohteen verkoston säädöllisten ongelmien läpikäyminen sekä perehtyminen kohteen mahdolliseen perussäädön suorittamiseen.

Kohteeseen tullaan lähitulevaisuudessa tekemään ikkunasaneeraus, minkä takia työhön sisältyi uusien lämpökuvien piirtäminen MagiCAD ohjelmalla. Kuvien perusteella selvitetään yhteneväisyyksiä vanhojen ja uusien suunnitelmien välillä.

Opinnäytetyön yhteistyökumppanina ja kohteena toimi Nurmiohovin taloyhtiö Nokialla. Taloyhtiön asukkaille tehtiin asukaskysely, jonka vastausten perusteella lähdettiin purkamaan talon perussäädön tarpeellisuutta.

Opinnäytetyö selvittää taloyhtiölle perussäädön merkityksen rakennuksessa sekä lämmitysjärjestelmän toiminnan kokonaisvaltaisesti. Opinnäytetyö toimii myös opinnäytetyöntekijän sekä muille vesikiertoisten lämmitysjärjestelmien kanssa työskentelevien opiskelumateriaalina.

PROBLEMS AND OPTIMIZING IN WATER CIRCULATED HEATING SYSTEM

Hesso, Juho
Satakunta University of Applied Sciences
Construction and civil engineering
Spring 2017
Number of pages: 52
Appendices: 0

Key words: basic adjustment, heating system, heating curve, radiator, radiator valve

The purpose for this thesis was to explain principles of water circulated heating system and basic adjustments and also explain problems that occurs in them. In practice I took a look around an apartment house and searched its problems in heating systems and its need to perform basic adjustments in the system. There will be a window renovation coming soon, so part of the thesis was also to draw new pictures with MagiCAD program of the heating system with new radiators.

Co-operation partner of this thesis was housing association Nurmiohovi which is located in city of Nokia. Base for my research was a resident survey which I gave to the residents.

Thesis explains housing associations need for a basic adjustments and the overall function of the heating system. Thesis will be studying material for the writer and other people working with water circulated heating systems.

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	6
2 KOHTEEN ESITTELY JA ALKUSELVITYS.....	7
2.1 Kohteen esittely.....	7
2.2 Alkuselvitys	7
3 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄ	7
3.1 Kaukolämpö	7
3.1.1 Kaukolämpö lämmitysmuotona	7
3.2 Lämmönjako järjestelmä.....	10
3.2.1 Vesikiertoinen patteriverkosto	10
3.2.2 Kaksiputkijärjestelmä.....	11
3.2.3 Radiaattorit.....	11
3.3 Verkoston toimintaan vaikuttavat osat.....	14
3.3.1 Linjasäätöventtiilit.....	14
3.3.2 Patteriventtiilit.....	16
3.3.3 Patteritermostaatit	18
3.3.4 Kiertovesipumppu	19
3.3.5 Paisuntajärjestelmä.....	21
3.3.6 Säätekäyrä	24
4 PERUSSÄÄTÖ	25
4.1 Rakennuksen käyttöönotto	25
4.2 Perussäädön suoritus uudisrakennuksessa	25
4.3 Perussäätö korjauskohteessa	26
4.4 Käyttöviritteily	27
5 VERKOSTOJEN YLEISET ONGELMAT	27
5.1 Väärin tehty perussäätö	27
5.2 Viat vesivirroissa.....	28
5.3 Säätekäyrän ongelmat	28
5.4 Putkiston sisäiset ongelmat	30
5.4.1 Korroosio	30
5.4.2 Typpi ja happi	30
5.4.3 Sinkkikato	30
6 ASUKASKYSELY	32
6.1 Asukaskyselyn tehtävä.....	32
6.2 Asukaskyselyn vastaukset.....	32
6.3 Asukaskyselyn analysointi	34

7 KOHTEEN VERKOSTON TUTKIMINEN.....	35
7.1 Kaukolämpöpaketti	35
7.2 Säätkäyrä.....	39
7.3 Patteriventtiilit.....	40
8 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN MALLINTAMINEN	41
8.1 MagiCAD-ohjelma ja sen hyödyntäminen.....	41
8.2 Kohteen mallintaminen	42
8.3 Vertailu nykyisiin kuviin	44
8.4 Solibri Model Checker	49
9 YHTEENVETO	52
LÄHTEET.....	53
LIITTEET	

1 JOHDANTO

Tällä hetkellä puhutaan paljon energian säästämisestä. Energiaa säästämällä saadaan aikaan paljon hyviä vaikutuksia. Vaikutukset kohdistuvat niin rahan kuin luonnon säästymiseen. Samaan aikaan kun vanhoissa kiinteistöissä pitäisi tehdä uusia energiaa säästäviä toimenpiteitä ja ratkaisuja, niin pelätään kasvavia investointikustannuksia. Investoinnit jäävät usein tekemättä ja ongelmat järjestelmissä saattavat kasaantua. Liiallinen ongelmia lykkääminen saattaa johtaa, laitteiston täysimittaiseen kulumiseen tai hajoamiseen, jonka korjaaminen tulee luultavimmin kalliimmaksi kuin mitä tehokas huolto ja ylläpito olisi kustantanut. Ongelmat ja syyt ovat usein hyvin moninaiset ja niiden kartoittamiseen tarvitaan lähes poikkeuksetta ammattilaisen näkökulma.

Runsas energiankulutus saattaa johtua syistä, jotka ovat tulleet taloyhtiön murheeksi jo alusta alkaen. Väärin tehty perussäätö rakennuksen valmistuttua on saattanut hukata energiaa vuosikaudet kenenkään tiedostamatta tai kiinteistön lämmitysjärjestelmä on vuosien saatossa korroosion vuoksi muuttanut tarvittavia vesivirtaamia tai tukkinut lämmityspattereita.

Opinnäytetyön tarkoitus on perehtyä kerrostalojen yleisimpään lämmönjakojärjestelmään sekä sen toimintaan, että ongelma-kohtiin. Opinnäytetyön aiheen sain taloyhtiön otettua minuun yhteyttä lämmitystä koskevissa ongelmissa. Opinnäytetyön kautta pääsen perehtymään kysymyksiin, jotka mietityttävät ihmisiä taloyhtiössä ja LVI-alalla.

2 KOHTEEN ESITTELY JA ALKUSELVITYS

2.1 Kohteen esittely

Kohteeksi opinnäytetyölle valikoitui asunto-osakeyhtiö Nurmiohovi, joka sijaitsee Nokialla. Kiinteistöön kuuluu 35 asuntoa. Pinta-alaa on yhteensä 1840m². Rakennus on valmistunut vuonna 1990. Rakennus on valmistettu betonielementeistä ja katteena on tasakattoinen huopa.

Lämmitysmuotona kerrostalossa on kaukolämpö, joka jaetaan kiinteistöön vesikiertoisella patteriverkostolla. Ilmanvaihtojärjestelmänä koneellinen poisto. Lämmitys ja ilmanvaihto ovat alkuperäisessä kunnossa paitsi kohteeseen on uusittu kaukolämpöpaketti vuonna 2009.

2.2 Alkuseelvitys

Taloyhtiöstä otettiin yhteyttä, koskien liian kuumia lämpötiloja huoneissa. Taloyhtiön ongelma oli erityinen, sillä yleisempi yhteydenoton syy on liian kylmät huoneet. Kiinteistössä on hyvä selvittää, onko epätasaisuutta lämpötiloissa vai onko kyseessä liian korkeat lämpötilat kaikkialla rakennuksessa. Tapausta päätettiin lähteä selvittämään lähettämällä kaikille asukkaille asukaskysely koskien lämmitystä sekä ilmanvaihtoa.

3 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄ

3.1 Kaukolämpö

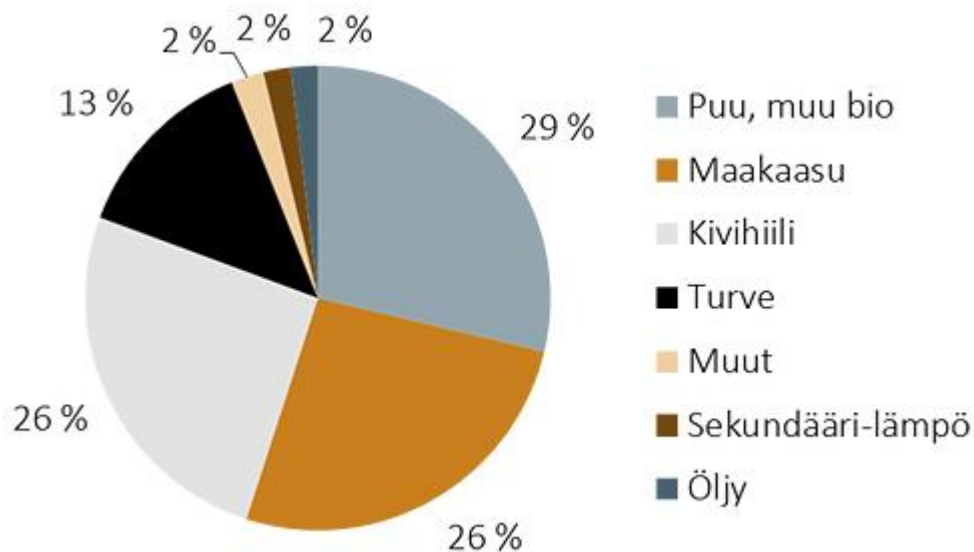
3.1.1 Kaukolämpö lämmitysmuotona

Kaukolämpö on yleistynyt lämmitysmuotona 1950-luvulta ja sen piirissä on nykyään noin 2,7 miljoonaa suomalaista. Kaukolämmön etuihin kuuluu mm. toimintavar-

muus, turvallisuus ja helppohoitoisuus. Lämmitysjärjestelmällä voidaan kattaa sekä rakennuksen lämmitys, että käyttöveden lämmitys. Kaukolämpö on yleinen valinta kaupungeissa ja lähiöalueilla, joissa kaukolämmön runkolinjat kulkevat lähetyvillä. (Lämpöä läheltä www-sivut. Viitattu 2017)

Kaukolämpö tuotetaan joko yhteistuotantolaitoksissa tai erillisissä lämpölaitoksissa. Yhteistuotantolaitoksissa tuotetaan sähköä, jonka sivutuotteena saadaan hukkalämpöä. Tämä yhteistuotanto on energiatehokas tapa tuottaa energiaa kotitalouksien käyttöön. Eri kaukolämpölaitokset käyttävät polttoaineita laajalla kirjolla. (kuva 1) (Motiva www-sivut. Viitattu 2017)

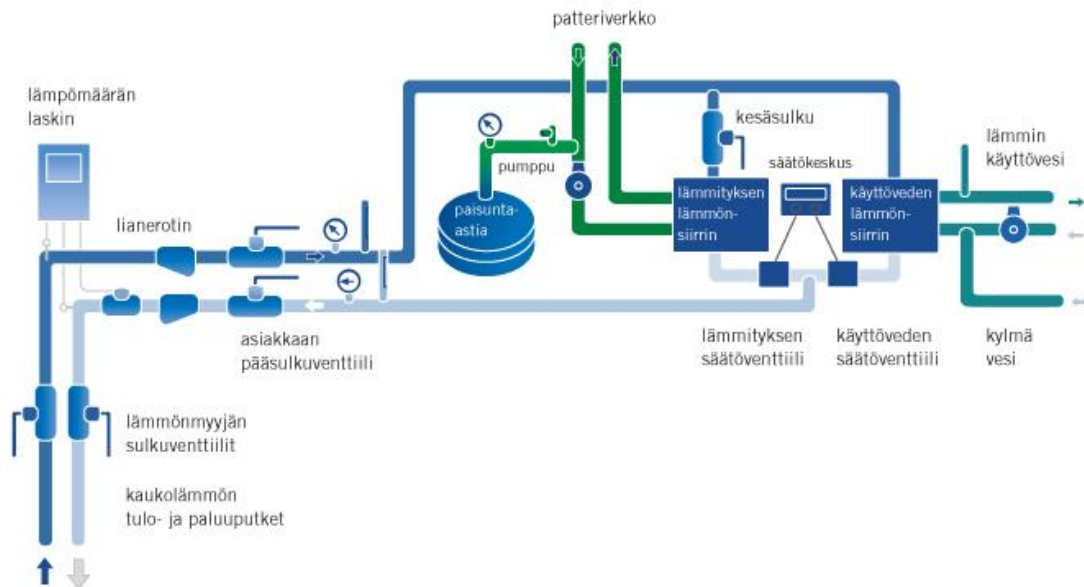
Lämmöntuotanto tuo mukanaan myös taloudellisen edun lämmöntuotannon toimies- sa keskitetysti verrattuna hajautettuun järjestelmään. Etuihin kuuluu myös ympäris- töhaittojen väheneminen, sillä laitoksissa voidaan käyttää savukaasunpuhdistuslait- teita.



Kuva 1 Kaukolämmön käyttämät polttoaineet (Motiva www-sivut. 2017)

Lämpö tuodaan rakennukseen kaksiputkista kaukolämpöverkkoa pitkin. Teräksiset putket kulkevat noin 0,5-1 metrin syvyydessä. Verkossa kiertävä vesi on värjätty väriaineella. Tämä helpottaa mahdollisten vuotojen havaitsemista. Rakennuksessa lämpö siirretään kaukolämpöverkosta lämmönsiirtimien kautta kiinteistökohtaiseen lämmönjakokeskukseen. Lämmönjakokeskuksesta energia voidaan jakaa ympäri

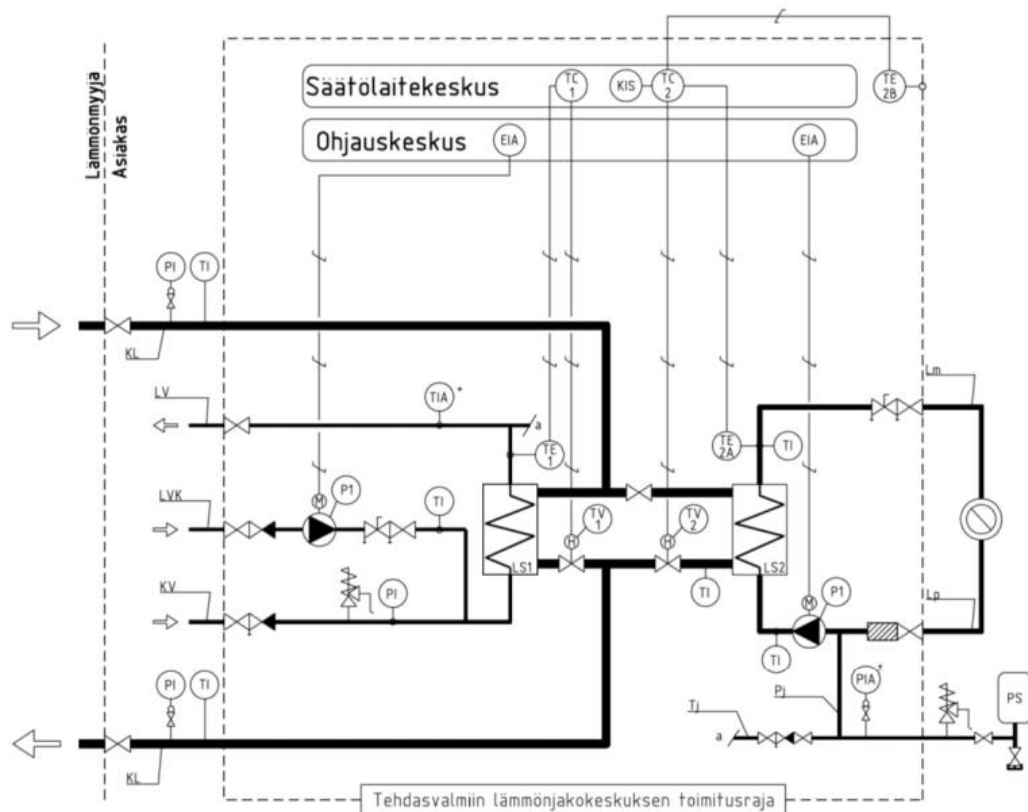
rakennusta käyttöveteen sekä lämmönjakoverkoston. Lämmönjakokeskus on useimmiten tehdasvalmisteinen kokonaisuus, jolloin siihen kuuluu säätölaitteet, kiertovesipumput, paisunta- ja varolaitteet, mittarit ja sulkuventtiilit. (Motiva www-sivut. Viitattu 2017)



Kuva 2 Kaukolämmön toimintaperiaate (Jyväskylän energia www-sivut. 2017)



Kuva3 Kaukolämpöpaketti (Danfoss www-sivut. 2017)



Kuva 4 Esimerkki kaukolämmön säätökaaviosta (Rakennusten kaukolämmitys K1, Energiateollisuus ry)

3.2 Lämmönjakojärjestelmä

3.2.1 Vesikiertoinen patteriverkosto

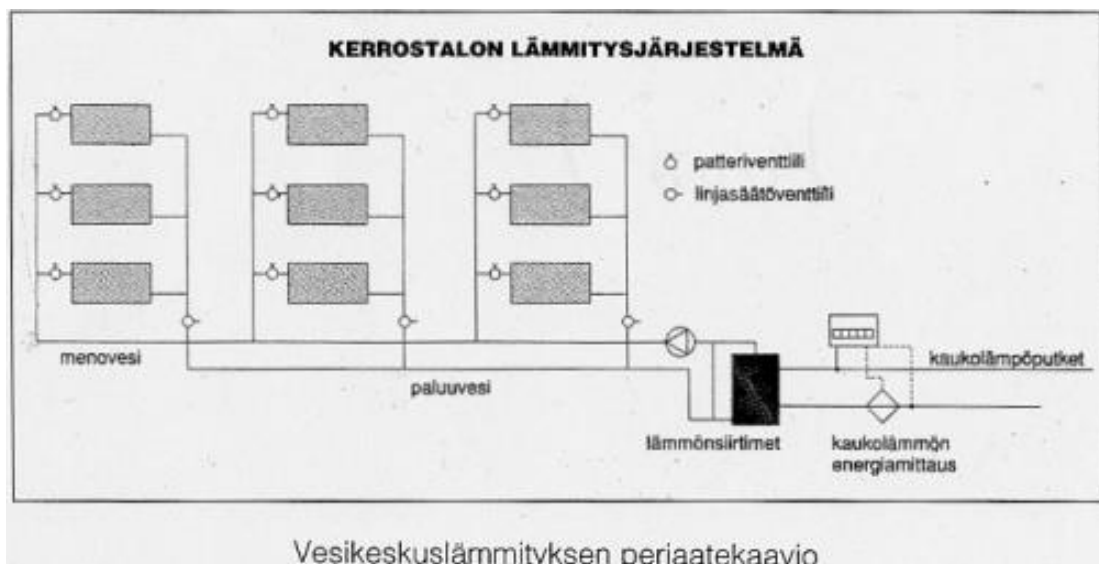
Vesikiertoinen patterilämmitys perustuu lämpimän veden kierrättämiseen lämmitysverkossa. Lämmönsiirtoneste lämmitetään lämmönsiirtimien avustuksella kaukolämmön lämmönjakokeskuksella, josta se kulkeutuu tarvittaviin tiloihin lämmönluovuttimille. Jäähdyntynyt vesi palaa takaisin lämmönjakokeskukselle, jossa se lämmitetään uudestaan kierto. (Motiva [www-sivut](http://www.motiva.fi). 2017)

Veden kulkeutuminen lämmönluovuttimille pohjautuu suljettuun järjestelmään, jossa liikkeen saa aikaan kiertovesipumppu. Vesi on lämpöenergian siirtoneste lämmön tuotantopisteeltä lämmönkäyttöpisteelle. Lämmitykseen käytettävä energia on kiertoon siirtyneen kuuman veden ja kierrosta palaavan haalean veden lämpöenergioiden

erotus, josta lopuksi vähennetään hukkalämmön sisältämä energia. (Kapanen 1995, 59.)

3.2.2 Kaksiputkijärjestelmä

Kaksiputkijärjestelmä on yleisin tapa jakaa lämmin vesi lämmönluovuttajille. Järjestelmässä runkolinjasta poikkeaa kytkennät sekä meno-, että paluupuolella jokaiselle patterille erikseen. Se poikkeaa yksiputkijärjestelmästä siten, että siinä jaetaan jokaiselle lämmönluovuttajalle vesi omaa kytkentäputkea hyödyntäen eikä siinä huomioida veden keskilämpötilan alenemista virtaussuunnassa, toisin kuin yksiputkijärjestelmässä. (Haapalainen & Vepsäläinen 1994, 34.)



Kuva 5 Vesikeskuslämmityksen periaatekaavio (maalämpöfoorumi [www-sivut.2017](http://www.sivut.2017))

3.2.3 Radiaattorit

Radiaattorit eli levypatterit (kuva 6) ovat yleisimmin käytettyjä lämmönluovuttimia. Patteri koostuu teräslevyistä, jotka ovat hitsattu yhteen. Teräslevyihin lisätään poimutus (kuva 7), jotta radiaattori saa kestävä rakenteen ja mahdollistaa veden virtauksen poimutuksen välissä. Lämmönluovutuksen suurentamiseksi patteriin voidaan lisätä teräslevyjä, eli siitä voidaan tehdä yksi-, kaksi, tai kolmilevyisiä. Teräslevyjen

lisäys ei kuitenkaan tuplaa patterin lämpötehoa, koska levyn lisäyksen jälkeen patterissa tapahtuu sisäistä lämmönsiirtoa. (Seppänen 1995, 160-161.)

Patterin luovutusteho perustuu konvektioon sekä säteilyyn, siksi patterin sijoittaminen esteiden taakse vähentää sen lämpötehoa. Patterit tulee sijoittaa huoneeseen siten, ettei se aiheuta epätasaisuutta huoneen lämpötilassa. Yleisin paikka on sijoittaa patteri ikkunan alle, jolloin se tasoittaa ikkunan kylmän pinnan muodostamaa ilmavirtausta. Patterin lämmin konvektiovirtaus estää vedon syntymisen. Hyvin eristetyssä ja ikkunattomassa huoneessa patterin paikan saa valita vapaammin. (Seppänen 1995, 159-161.)



Kuva 6 Purmo compact Radiaattori (Purmo www-sivut. 2017.)

Patterivalmistaja Purmo antaa lämmönluovutustehon laskentamallin (DIN 4703-3)

Lämmönluovutusteholle (W/m)

$$\Phi = \Phi_n * (\Delta T / \Delta T_n)^n$$

Φ = Teho, (W/m)

Φ_n = normiteho, (W/m)

ΔT = logaritminen yllilämpötila, (K)

ΔT_n = normiylilämpötila

n = lämpötilaexponentti

Normiteho Φ_n ja lämpötilaexponentti n löytyvät Purmon lämmönluvutustaulukosta

$$\Delta T = \frac{t_m - t_p}{\ln\left(\frac{t_m - t_h}{t_p - t_h}\right)}$$

t_m = menovesi, °C

t_p = paluuvesi, °C

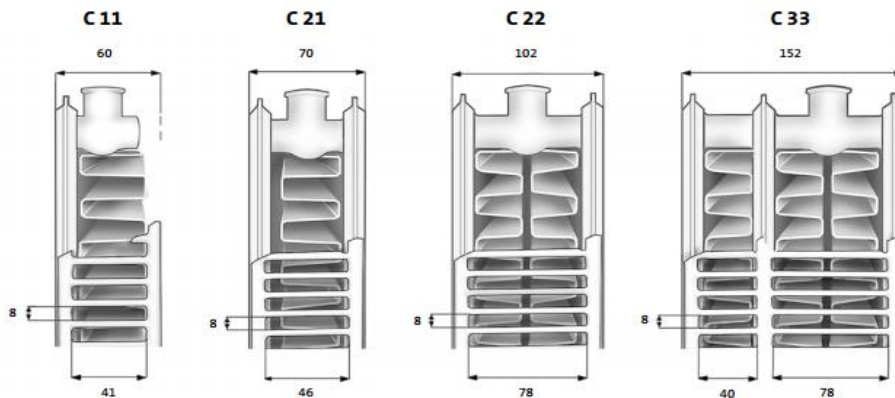
t_h = huoneen lämpötila, °C

Esimerkki lämpötehon laskeminen patterille Purmo compact C22-400-1000 (70/40/20) ($t_m/t_p/t_h$) lämpötiloilla.

$$\Phi = 619W * (30^\circ\text{C}/32,74^\circ\text{C})^{1,3098}$$

$$\Phi = 552W$$

RADIAATTORITYYPIT



Kuva 7 Radiaattorityypit (Purmo www-sivut. 2017)

COMPACT KORKEUS 400 MM

Tyyppi	Pituus mm	LVI-koodi	Teho W 70/40/20°C	Teho W 55/45/20°C	Teho W 45/35/20°C	Paino kg	Vesitilavuus l
C 11 $\phi_n = 711 \text{ W/m } (\Delta t_{50})$ $\phi_n = 366 \text{ W/m } (\Delta t_{30})$ $n = 1,3026$ $K = 4,3530$	400	5418222	165	145	84	4,9	0,9
	500	5418223	206	181	105	6,1	1,1
	600	5418224	247	218	126	7,4	1,3
	700	5418225	288	254	147	8,6	1,5
	800	5418226	329	290	168	9,8	1,7
	900	5418227	370	326	189	11,1	1,9
	1000	5418228	411	363	211	12,3	2,1
	1100	5418229	453	399	232	13,5	2,3
	1200	5418230	494	435	253	14,7	2,6
	1400	5418232	576	508	295	17,2	3,0
	1600	5418233	658	580	337	19,7	3,4
	1800	5418234	740	653	379	22,1	3,8
	2000	5418235	823	725	421	24,6	4,3
	2300	5418236	946	834	484	28,3	4,9
	2600	5418237	1070	943	547	32,0	5,5
3000	5418238	1234	1088	632	36,9	6,4	
C 21 $\phi_n = 963 \text{ W/m } (\Delta t_{50})$ $\phi_n = 497 \text{ W/m } (\Delta t_{30})$ $n = 1,2940$ $K = 6,0976$	400	5418422	224	197	115	7,5	1,7
	500	5418423	280	247	144	9,4	2,2
	600	5418424	336	296	172	11,3	2,6
	700	5418425	391	345	201	13,1	3,1
	800	5418426	447	395	230	15,0	3,5
	900	5418427	503	444	259	16,9	3,9
	1000	5418428	559	493	287	18,8	4,4
	1100	5418429	615	543	316	20,6	4,8
	1200	5418430	671	592	345	22,5	5,2
	1400	5418432	783	691	402	26,3	6,1
	1600	5418433	895	789	460	30,0	7,0
	1800	5418434	1007	888	517	33,8	7,9
	2000	5418435	1118	987	575	37,5	8,7
	2300	5418436	1286	1135	661	43,2	10,1
	2600	5418437	1454	1283	747	48,8	11,4
3000	5418438	1678	1480	862	56,3	13,1	
C 22 $\phi_n = 1221 \text{ W/m } (\Delta t_{50})$ $\phi_n = 623 \text{ W/m } (\Delta t_{30})$ $n = 1,3182$ $K = 7,0329$	400	5418622	281	247	143	8,8	1,8
	500	5418623	351	309	178	11,0	2,2
	600	5418624	421	371	214	13,2	2,7
	700	5418625	491	432	249	15,4	3,1
	800	5418626	561	494	285	17,6	3,6
	900	5418627	632	556	321	19,8	4,0
	1000	5418628	702	618	356	22,0	4,5
	1100	5418629	772	680	392	24,2	4,9
	1200	5418630	842	741	428	26,4	5,4
	1400	5418632	983	865	499	30,8	6,3
	1600	5418633	1123	988	570	35,2	7,2
	1800	5418634	1263	1112	641	39,6	8,0
	2000	5418635	1404	1236	713	44,0	8,9
	2300	5418636	1614	1421	819	50,6	10,3
	2600	5418637	1825	1606	926	57,2	11,6
3000	5418638	2106	1853	1069	66,0	13,4	
C 33 $\phi_n = 1699 \text{ W/m } (\Delta t_{50})$ $\phi_n = 863 \text{ W/m } (\Delta t_{30})$ $n = 1,3255$ $K = 9,5106$	400	5418822	389	343	197	13,2	2,7
	500	5418823	487	428	246	16,5	3,3
	600	5418824	584	514	295	19,8	4,0
	700	5418825	682	599	345	23,1	4,7
	800	5418826	779	685	394	26,5	5,3
	900	5418827	876	771	443	29,8	6,0
	1000	5418828	974	856	492	33,1	6,7
	1100	5418829	1071	942	542	36,4	7,3
1200	5418830	1168	1028	591	39,7	8,0	

Taulukko 1 Radiaattorin lämpötilaexponentit (Purmo www-sivut. 2017)

3.3 Verkoston toimintaan vaikuttavat osat

3.3.1 Linjasäätöventtiilit

Verkosto tarvitsee aina tasapainotusta, sillä vesi ei virtaa verkostossa koskaan tasaisesti. Pieni lämmitysverkosto voidaan tasapainottaa pelkästään patteriventtiilien esisäädöillä. Mitä isompaan kokonaisuuteen mennään, sitä isommaksi kasvaa etäisyydet, jotka hankaloittavat säätötoimenpiteitä. Linjasäätöventtiilit ovat isomman

verkoston tasapainottamisen kannalta välttämättömiä. Tämän vuoksi linjasäätöventtiileitä (kuva 8) asetetaan useimmiten ennen jakotukkeja tai pystynousuja. Tällä voidaan turvata tarvittava virtaama ympäri verkostoa. Linjasäätöventtiileistä löytyy numeroasteikko esisäätämistä varten, sulku huoltoa varten ja mittayhteet virtaamatarkastelua varten. Linjasäätöventtiilien esisäädöt asetetaan suunnittelijan ohjeiden mukaisiin arvoihin. (Seppänen 1995, 131.)

Säätöventtiilille voidaan laskea auktoriteetti, joka määrittää täysin avoimen venttiilin ja virtauspiirin välisen paine-eron suhteen. Venttiilin auktoriteetti vaikuttaa merkittäväällä tavalla venttiiliin toimintaominaisuuksiin. Hyvin toimivaan auktoriteettisuhteeseen päästään auktoriteetin ollessa yli 50 prosenttia.

$$a_v = \frac{\Delta p_v}{\Delta p}$$

a_v = venttiilin auktoriteetti

Δp_v = täysin avoimen venttiilin painehäviö

Δp = virtauspiirin painehäviö

Säätöventtiilin kokoon vaikuttavat vesivirta ja virtausvastus. Koon määrittämistä varten määritetään venttiilin k_v -arvo. Arvo ilmoittaa täysin avoimen venttiilin vesivirran (m^3/h) venttiilin tuottaessa 1 bar painehäviötä.

$$k_v = \frac{q_v}{\sqrt{\Delta p}}$$

q_v = vesivirta (m^3/h)

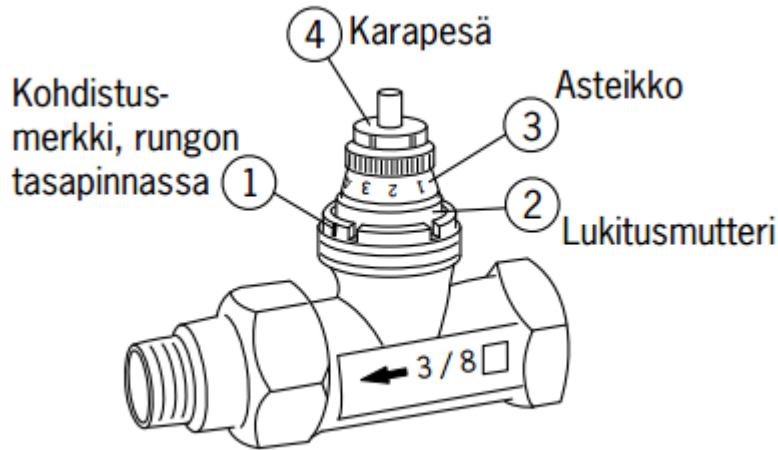
Δp = painehäviö (1bar)



Kuva 8 Linjasäätöventtiili kohteessa (Juho Hesso, 2017)

3.3.2 Patteriventtiilit

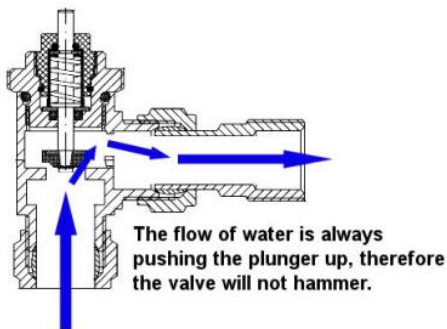
Patteriventtiili (kuva 9) luetellaan myös säätöventtiiliksi, joka on mukana lämmitysverkoston tasapainotuksessa. Venttiili sijaitsee lämmityspatterin menopuolella ja toimii patterikohtaisesti. Venttiili on varustettuna esisäädöllä, joka asetetaan LVI-suunnittelijan määrittämään esisäätöasentoon. Esisäätö mahdollistaa halutun vesivirtaaman patterille. (Vuorelainen 1980, 188.)



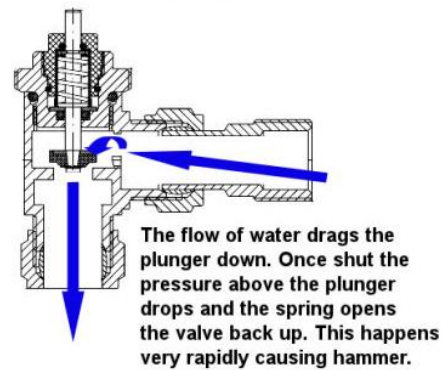
Kuva 9 Oraksen esisäädettävä patteriventtiili (Oras Stabila käyttöohje)

Patteriventtiilit tulee asentaa aina valmistajan ohjeitten mukaisesti. Pääsääntöisesti kaikki patteriventtiilit asennetaan kuitenkin lämmitysverkoston menopuolelle. Tällä tavoin taataan venttiilin oikeanlainen toiminta. Paluupuolelle asennettu venttiili repii venttiilin karaa kiinni aiheuttaen venttiilin sulkeutumista. (kuva 10) Väärin asennettu venttiili aiheuttaa myös runsaita äänihaittoja venttiilin tehdessä rajua kiinni/auki liikettä. (West Radiators www-sivut. 2017)

TRV Valve Fitted CORRECTLY
to the Inward Flow



TRV Valve Fitted INCORRECTLY
to the Return



Kuva 10 Patteriventtiilin virtaussuunta (West Radiators www-sivut. 2017)

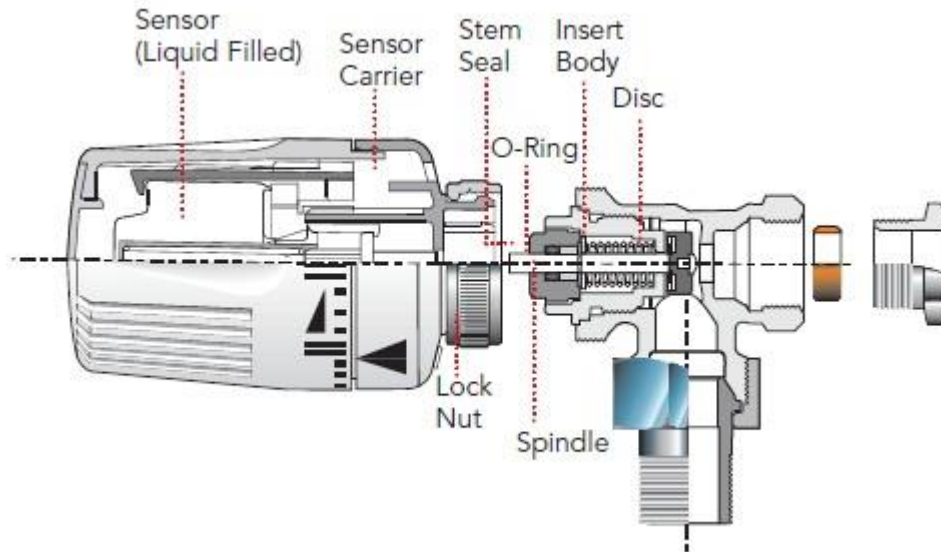
3.3.3 Patteritermostaatit

Huonekohtaisen lämpötilansäätämisen tavoittamisen tuloksena on kehitetty termostaattinen patteriventtiili. (kuva 11) Termostaatin käyttöä patteriventtiilin yhteydessä pidetään nykyaikana itsestäänselvyytenä sen tuomien etujen vuoksi. Huonekohtainen säätäminen on välttämätöntä jo pelkästään siitä syystä, että ihmiset kokevat lämpötilat hyvin erilaisina, eikä yhtä sopivaa lämpötilaa voi määritellä. Termostaatti säästää lämpöä sekä kompensoi hyvin auringon aiheuttaman lämpökuorman sulkemalla patteriventtiiliä. Termostaatti sopeutuu myös hyvin muuttuneiden huonekohtaisten käyttötarkoitusten mukaan.

Termostaattinen patteriventtiili koostuu erillisestä säädinosasta sekä venttiiliosasta. Venttiiliosa voidaan asentaa verkostoon jo rakentamisvaiheessa, kun taas säädinosa voidaan asentaa paikalleen vasta loppuvaiheessa hanketta, sillä se on hyvin herkästi vaurioituva. Etuna myöhemmälle asentamiselle on kuitenkin se, ettei verkostoa tarvitse tyhjentää vedestä asentamisen ajaksi.

Termostaattinen patteriventtiili on omavoimainen suhteellisuussäädin. Käyttöenergia venttiilille tulee termostaatista. Karan liike venttiilissä on edestakainen ja se saadaan aikaan lämpötila-tuntoelimen lämpölaajenemisesta. Termostaatteja on erilaisia ja ne voivat käyttää aineenaan kaasuuntuvaa nestettä, kaasua, massamaista kiinteää ainetta tai bimetallia.

Termostaattiset patteriventtiilit tuovat tasaisen huonelämpötilan lisäksi myös haittoja. Samassa rakennuksessa olevat lukuisat termostaattiset patteriventtiilit aiheuttavat yhtäaikaisella sulkeutumisellaan äänihaittoja. Pattereiden jäähtyessä tai kuumetessa nopeasti muodostavat ne patteriin lämpöjännityksiä, jotka ilmenevät natinana. Ongelma ilmenee myös, jos kohteena on rakennus, jossa lämpötilaa lasketaan yön ajaksi. (Vuorelainen 1980, 190.)



Kuva 11 Termostaattinen patteriventtiili (Myson www-sivut. 2017)

3.3.4 Kiertovesipumppu

Kiertovesipumpun (kuva 12) toimintaperiaatteena on keskipakoisvoima. Toimintaperiaatteen tarkoitus on pyörittää nestettä lämmönlähteen ja lämmönluovuttajien välillä. Suljetussa järjestelmässä pumpun paineennoston tarvitsee olla yhtä suuri kuin mitä verkoston osat tuottavat sille virtausvastusta. Verkostossa laitoksen korkeus ei vaikuta pumpun tarvittavaan nostokorkeuteen, vaan tärkeintä on huomioida verkoston pisin lenkin aiheuttamat virtausvastukset. Puhutaan tarvittavasta nostokorkeudesta (H) eli paineennostosta alemmasta paineesta ylempään.

Kiertovesipumpun ominaiskäyrässä (kuva 13) esitetään pumpun toimintaa valmistajan teettämässä vesimäärä-paine-koordinaatistossa. Käyrästä huomataan, kun vesimäärä pienenee niin paine kasvaa. (H = paine ja Q = virtaama)

Lämmitysverkostossa tarvittava vesimäärä saadaan laskettua, kun tunnetaan verkoston tehontarve sekä meno- ja paluuvien lämpötilat (Haapalainen & Vepsäläinen 1994, 62-63.)

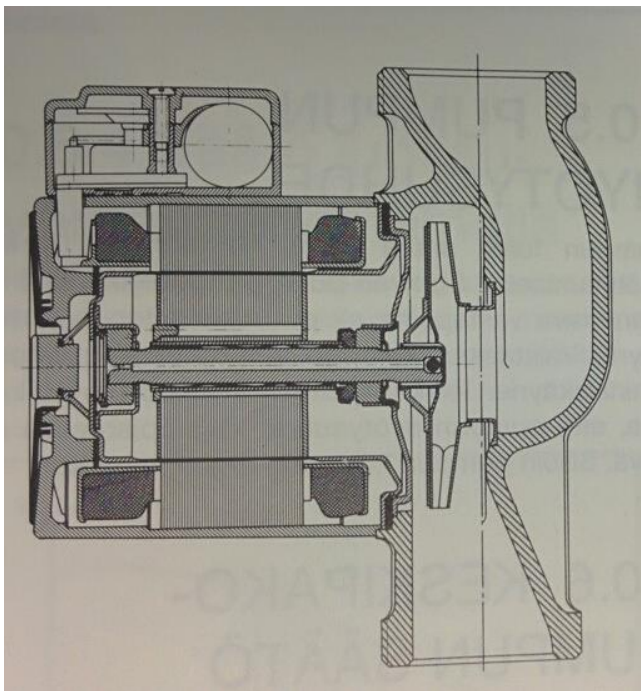
$$Q = \frac{P}{c * \Delta T * \rho * 1000}$$

Q = vesimäärä (dm³/s)

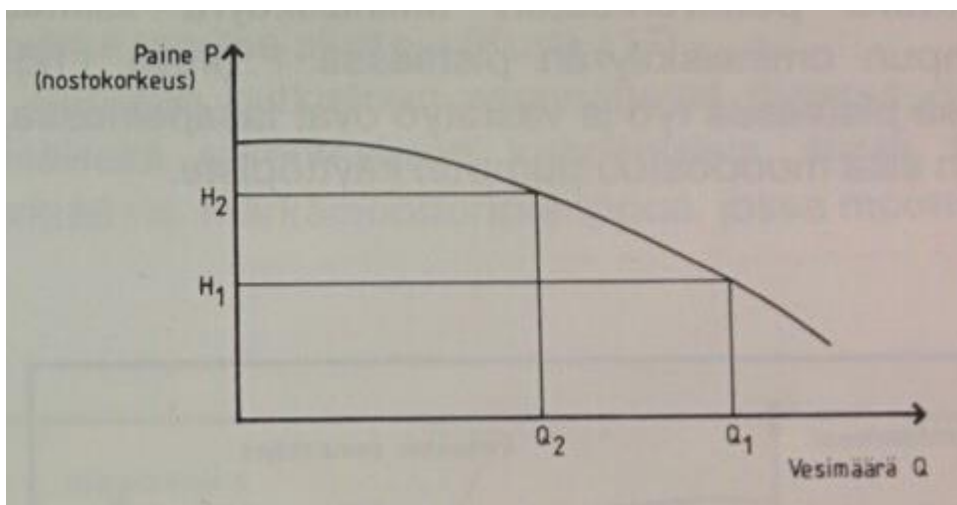
P = lämpöteho (kW)

c = ominaislämpökapasiteetti (kJ/kgK)

ρ = tiheys



Kuva 12 Kiertovesipumpun leikkauskuva (Haapalainen & Vepsäläinen 1994, 63.)

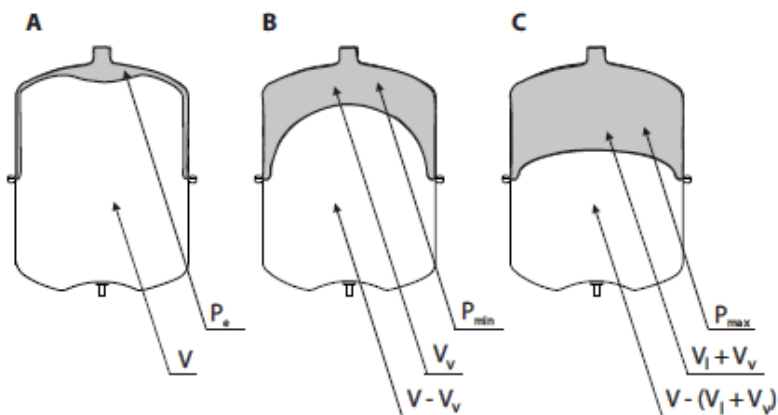


Kuva 13 Pumpun ominaiskäyrä. (Haapalainen & Vepsäläinen 1994, 63.)

3.3.5 Paisuntajärjestelmä

Paisuntajärjestelmässä paisunta-astian tehtävä on vastaanottaa veden lämpötilanmuutoksista aiheutunut tilavuuden muutos. Toinen tehtävä on pitää yllä lämmitysverkon painetta, jotta vesi saadaan kierrätettyä myös rakennuksen ylimmissä pattereissa. Astiasta löytyy kumikalvo, joka puolittaa sen vesi- ja kaasutilaan. (kuva 14) Kaasutila täytetään typellä, koska se ei haurastuta astiassa olevaa kumikalvoa toisin kuin happi. Samasta syystä astia asennetaan kaasutila alaspäin, jotta happi ei pääse kosketuksiin kalvon kanssa. Kalvo toimii hyvin sekä veden laajetessa, että kutistuessa. Veden laajetessa vesi puristaa kaasutilaa kokoon ja jäähtyessä kalvo painaa vettä verkostoa päin antaen sille painetta. (Haapalainen & Vepsäläinen 1994, 63.)

Paisuntajärjestelmä näyttelee tärkeää roolia verkoston toiminnassa. Väärin mitoitetuna se johtaa usein ongelmiin järjestelmässä. Alimitoitettu paisuntajärjestelmä poistaa vettä varoventtiilin kautta. Vesi poistuu järjestelmästä, kun veden lämpötila nousee ulkolämpötilan laskiessa tehon tarpeen mukaisesti. Alimitoitetussa järjestelmässä vedellä ei kuitenkaan ole paikkaa mihin laajentua ja tästä johtuen järjestelmään tulee painetta, joka poistuu varoventtiilin kautta. (kuva 15) Tilanne on sama, jos säiliöön asetetaan liian kova paine, jolloin veden laajenemisvara pienenee. Tämä johtaa säiliön tehollisen tilavuuden pienemiseen. Lämpötilojen laskiessa vesi vetäytyy ja jättää järjestelmän alipaineiseksi, johtaen toimintahäiriöihin. (Seppänen 1995, 203-205.)

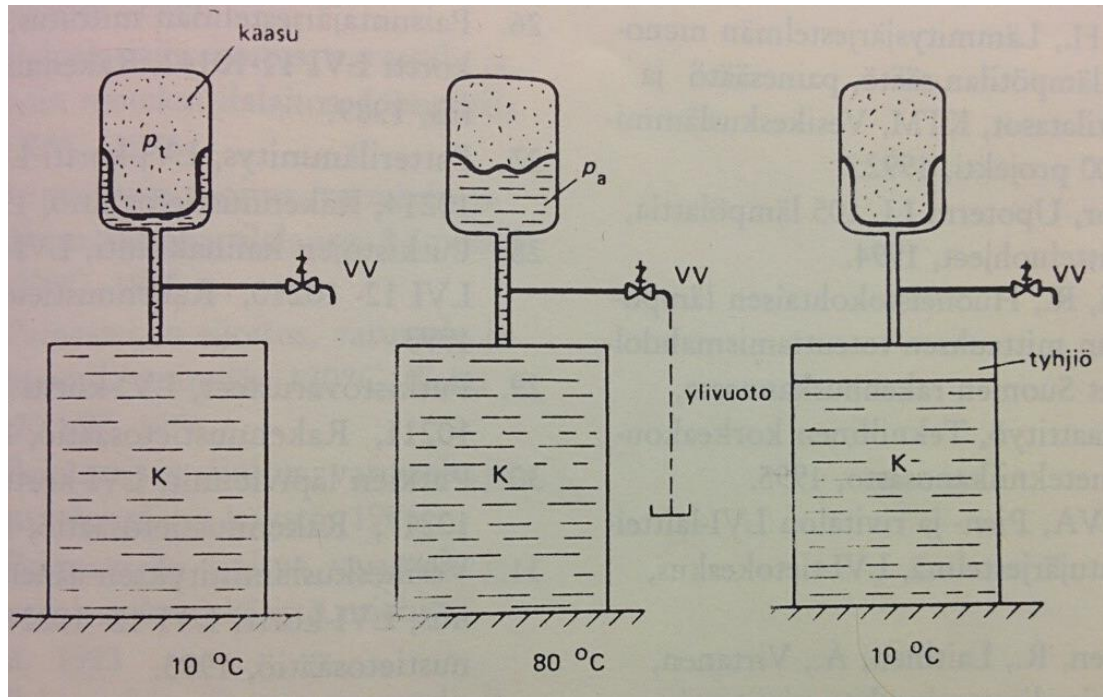


V = kalvopaisunta-astian tilavuus, dm^3

V_v = vuotovaratilavuus, pienelle vesihukalle, vuodolle tai häiriölle, dm^3

V_l = verkostoveden laajenemistilavuus, dm^3

Kuva 14 Paisunta-astian käyttäytyminen veden lämmitessä. (LVI-kortti 11-10472-2006.)



Kuva 15 Alimitoitettu paisunta-astia (Seppänen 1995, 203.)

Mitoituksen lähtötiedot

Paisunta-astian mitoitusta varten tarvitaan seuraavat tiedot:

- verkoston kokonaisvesitilavuus V_o , dm^3
- verkoston enimmäislämpötila mitoitusilanteessa, °C
- laitoksen lämmitysteho \emptyset , kW
- korkeusero laitoksen ylimmän laitteen ja paisunta-astian alareunan välillä eli staattinen paine p_{st} , kPa
- verkoston suurin sallittu käyttöpaine (rakennepaine) p_{rak} , kPa.

(LVI-kortti 11-10472)

$$H_{\text{brutto}} = 1 - P_e / P_{\text{max}} = 1 - (p_e + 100) / (p_{\text{max}} + 100)$$

$$H_{\text{vara}} = 1 - P_e / P_{\text{min}} = 1 - (p_e + 100) / (p_{\text{min}} + 100)$$

$$H_{\text{netto}} = H_{\text{brutto}} - H_{\text{vara}}$$

$$K_{\text{mit}} = 1 / H_{\text{netto}}$$

$$V = a \times K_{\text{mit}} \times V_o$$

H_{brutto} = kalvopaisunta-astian bruttonestetilavuus, suhdeluku

H_{vara} = kalvopaisunta-astian häiriö/vuotovara nestetilavuus, suhdeluku

H_{netto} = kalvopaisunta-astian nettonestetilavuus, suhdeluku

V = kalvopaisunta-astian tilavuus, dm^3

V_o = laitoksen vesitilavuus, dm^3

a = nesteen lämpölaajenemiskerroin, %

K_{mit} = paisunta-astian mitoituskertoimen laskettuna tai *taulukosta 1*

P_{sv} = varoventtiilin absoluuttinen avautumispaine, kPa

P_{max} = absoluuttinen enimmäiskäyttöpaine (pienempi seuraavista: $P_{sv} - 50$ kPa tai $0,9 \times p_{sv}$), kPa

P_e = paisunta-astian absoluuttinen esipaine, kPa

P_{min} = absoluuttinen vähimmäiskäyttöpaine ($P_e + 50$ kPa), kPa.

(LVI-kortti 11-10472)

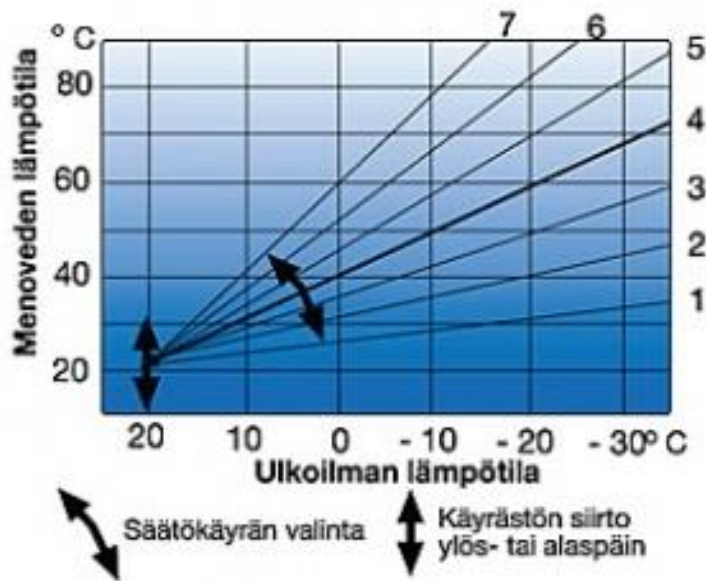
Esipaine kPa	Paisunta-astian mitoituskertoimen K_{mit} Varoventtiilin avautumispaine kPa					
	300	350	400	450	500	600 *)
50	3,11	2,67				
60	3,28	2,76				
70	3,48	2,88	2,53			
80	3,73	3,01	2,61			
90	4,02	3,16	2,71			
100	4,38	3,33	2,81	2,50		
110	4,81	3,54	2,93	2,58		
120	5,37	3,78	3,07	2,67		
130	6,09	4,06	3,22	2,77		
140	7,05	4,39	3,40	2,88	2,56	
150	8,40	4,80	3,60	3,00	2,64	
160		5,30	3,83	3,14	2,73	
170		5,93	4,10	3,29	2,83	
180		6,73	4,42	3,47	2,95	
190		7,82	4,80	3,66	3,07	
200		9,33	5,25	3,89	3,21	2,57
210			5,81	4,15	3,36	2,65
220			6,50	4,45	3,53	2,74
230			7,40	4,80	3,73	2,83
240			8,60	5,21	3,94	2,94
250			10,29	5,71	4,19	3,05
260				6,33	4,47	3,17
270				7,09	4,80	3,30
280				8,08	5,19	3,45
290				9,40	5,64	3,61
300					6,19	3,79
310					6,86	3,99
320					7,69	4,21
330					8,77	4,47
340					10,21	4,75
350						5,08

Taulukko 1 Paisunta-astian mitoituskertoimen (LVI-kortti 11-10472)

3.3.6 Säätökäyrä

Yleisin kerrostalojen huonelämpötilan säätäminen tapahtuu säätöautomaattilla, joka hyödyntää ulkoilman lämpötilaa, pattereille menevän veden lämpötilaa ja mahdollista huonekohtaista termostaattia. Automaattikkaan valitaan kiinteistökohtainen säätökäyrä, joka määrittää minkä lämpöistä vettä ajetaan järjestelmään missäkin ulkolämpötilassa. Veden lämpötilaa voidaan kontrolloida kolmitieventtiilillä, joka sekoittaa kattilasta tulevan kuumen sekä verkostosta palaavan haaleamman veden suhteella, joka on optimi veden lähtiessä uuteen kiertoon patteriverkostoon. Toinen vaihtoehto on kaukolämpökohteissa rajoittaa kaukolämmön lämmönsiirtonesteen virtaamaa

lämmönsiirtimille. Huonekohtaisen hienosäädön toteuttaa kuitenkin termostaattinen patteriventtiili. Säätekäyrän lämpötilat riippuvat huoneiden tehontarpeesta sekä laitteista, joilla lämpö jaetaan huoneisiin. (Harju & Matilainen 2005, 31-32.)



Kuva 16 Tavanomainen säätekäyrä. (Jyväskylän energia www-sivut. viitattu 2017)

4 PERUSSÄÄTÖ

4.1 Rakennuksen käyttöönotto

Patteriverkoston toiminta halutaan saada toimivaksi laskennallisesti eli oikein mitoitetuksi. Verkoston täytyy kuitenkin toimia myös käytännössä, jos käyttöönottovaiheessa ilmenee poikkeamia verkostossa, täytyy niiden syy selvittää. (Seppänen, 1995. 33-34)

4.2 Perussäädön suoritus uudisrakennuksessa

Perussäätö suoritetaan jokaisessa uudisrakennuksessa. Perussäädön suorittaminen aloitetaan poistamalla termostaatit pattereista, toimilaitteet jakotukeista tai muut vastaavat laitteet, jotka estävät verkoston täyden virtauksen. Linjasäätöventtiilit ja patteriventtiilit säädetään niihin kuuluviin esisäätöarvoihin. Verkostossa sijaitsevat mag-

neettiventtiilit tai muut kiertoa estävät laitteet säädetään auki asentoon. Verkosto täytetään nesteellä oikeaan paineeseen sekä suoritetaan verkoston ilmaus, jotta kierto toimii kunnolla. Virtaama tarkistetaan kerrostalokohteessa pystylinjoista kauimmaisella linjasäätöventtiilillä, jolloin saadaan selville vaikeimmalla reitillä kulkeva virtaama. Virtaaman ollessa vajavainen, lisätään kiertovesipumpun nostokorkeutta, jotta päästään tarvittaviin virtaamiin. Linjasäätöventtiileillä sallitaan $\pm 10\%$ virhe suhteessa suunniteltuihin arvoihin. Seuraavaksi säädetään verkoston lämpötilat kohdalleen. Uudiskohteissa voidaan asettaa automaationlaitteen valmistajan suosittama säätökäyrä. Lämpötilojen asetuttua tehdään lämpötilan hienosäätö, jolloin voidaan muokata säätökäyrää tarvittavaan asentoon. Säätökäyrään tehdään vain pieniä muutoksia kerralla, koska se lämpötilan tasaantuminen kohteessa vie aikaa. Suositeltu odotteluaika säätöjen välillä on kaksi vuorokautta. Kun säätökäyrä asettuu kohdalleen, on mahdollista siirtyä mittaamaan lämpötiloja huoneista. Suurin sallittu eroavaisuus huoneiden välillä on $\pm 1,5^{\circ}\text{C}$. Eroavaisuuksien löytyessä säädetään ensin patterikohtaisia esisäätöjä. Esisäätöjä kannattaa säätää vain maksimissaan yksi pykälä arvoasteikolla yhdellä säätökerralla. Jos ongelmat jatkuvat, eikä lämpötilat tasaannu, täytyy linjasäätöventtiileitä uudelleen säätää. Lopuksi kohteesta tehdään mittauspöytäkirjat, jossa mainitaan säädön suorittaja, säätämisaikakohta, mittaustilanteen ulkolämpötila, verkoston meno- ja paluulämpötila, huonelämpötilat, linjasäätöventtiilien ja patteriventtiilien esisäätöarvot ja huoneen muuhun kuormitukseen liittyvät kommentit kuten aurinko ja sisäiset kuormat.

4.3 Perussäätö korjauskohteessa

Perussäätö korjauskohteessa on hyvin pitkälle samanlainen prosessi kuin uudiskohteessakin. Projekti aloitetaan tutkimalla laitteiston kunto sekä huonelämpötilat. Laitteiston ollessa kunnossa perussäätö tehdään tarkistamalla vesivirtaamat linjasäätöventtiileillä. Jos kohteesta löytyy yksittäisiä kylmiä huoneita, niin selvitetään kylmentymisen syy. Tarkistetaan ilmaukset sekä patterin muu toiminta. Verkoston ollessa puutteellinen toiminnaltaan, vaihdetaan siihen tarvittavia osia kuten patteriventtiilit. Vaihdettaessa venttiileitä täytyy varmistua, että uudet venttiilit pystyvät toimimaan kyseisessä kohteessa. Siksi korjauskohteessa korostuu yhteistyö suunnittelijan

kanssa. Korjausrakentamisessa täytyy olla selvillä myös ilmanvaihdon toiminnasta sekä rakennuksen ulkovaipan lämmöneristyskyvystä. (LVI-kortti 41-10230)

4.4 Käyttöviritteily

Urakoitsijalta valmistunut kohde on muodollisesti käyttövalmis. Järjestelmä on kuitenkin säädetty vaiheessa, jossa ei ole tarkkaa tietoa käytön mukaisesta lämmityksen tarpeesta, jolloin säädöt saattavat olla vajavaiset. Rakennukselle tulee myöhemmässä vaiheessa löytää sopiva ”ajotapa” ja hakea kylmyyden syyt sekä säätää järjestelmä tarvittaviin asetuksiin. Ensimmäisen käyttöönottovuoden aikana korostuu muutamia asioita, joita täytyy ottaa huomioon. Löytyykö talosta yksittäisiä kylmempiä huoneita, mitkä ovat patteriverkoston meno- ja paluulämpötilat. Luovuttaako patteri mahdollisesti suunnitellun lämpötehon. Jos patterit eivät lämpimiä tarpeeksi täytyy selvittää kiertääkö niissä suunniteltu määrä vettä. (Seppänen, 1995. 34)

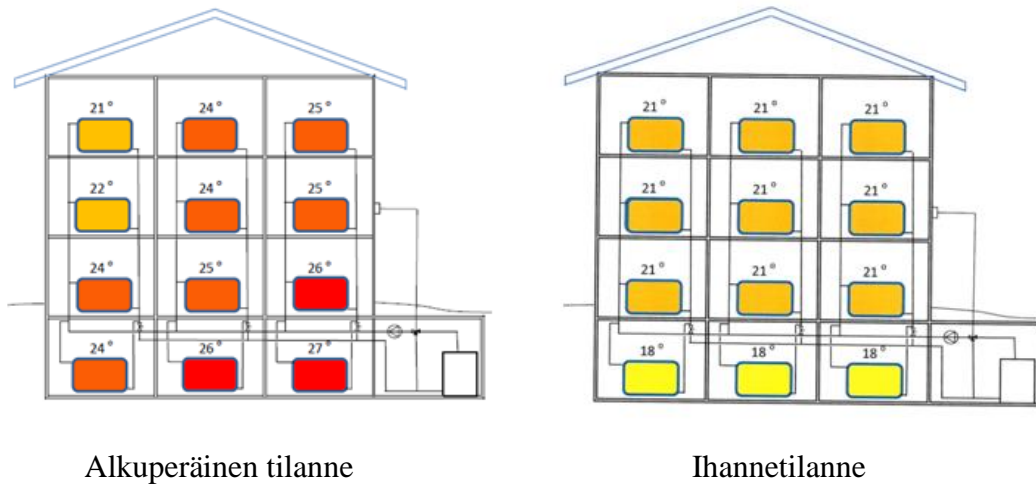
5 VERKOSTOJEN YLEISET ONGELMAT

5.1 Väärin tehty perussäätö

Patteriverkoston perussäätäminen on ensiarvoisen tärkeää, jotta rakennus toimii tarkoitetulla tavalla ja, jotta huoneet olisivat tasaisen lämpöiset. Verkoston säätäminen rakentamisvaiheessa jää kuitenkin usein huolimattomasti suoritetuksi. Huolimattomuuden syynä on usein ajan tai taidon puute. Tämän vuoksi verkostoa usein ohjataan muutaman kylmäksi jääneen huoneen perusteella ja tämä aiheuttaa liiallisen lämpötilan nousun muissa huoneissa. Tasapainotettu verkosto tuo mukanaan paljon etuja mm. merkittäviä energiansäästöjä. (Seppänen, 1995. 172-173)

Ongelmat johtuvat kuitenkin muustakin kuin väärin tasapainotetusta verkostosta. Muita ongelmia ovat esimerkiksi väärinarvioitu seinäeristys, seinien rakenteellinen vika, iän myötä heikentynyt lämmöneristyskyky, ikkunoissa ja ovissa olevat lämpö-

vuodot sekä pattereiden peittäminen paksuilla verhoilla. (Olli Seppänen, 1995. 172-173)



Kuva 17 Lämmityksen ihannetilanne (Ympäristöosaava [www-sivut viitattu](http://www.sivut.viitattu). 2017)

5.2 Viat vesivirroissa

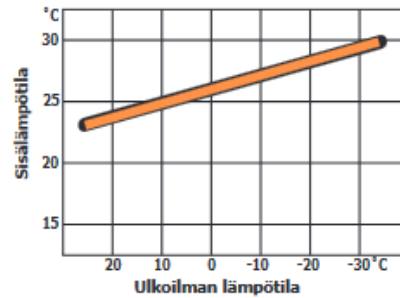
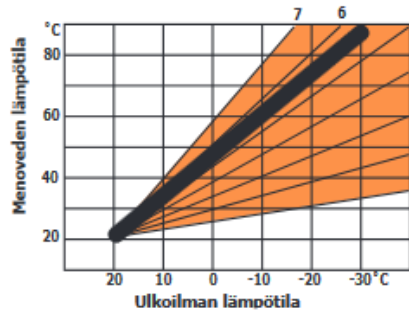
Rakennuksen lämmitysongelmat saattavat johtua vesivirtaamista. Esimerkiksi puutteellisesti suoritetusta säädöistä rakennuksen käyttöönottovaiheessa aiheutuu ongelmia myöhemmin rakennuksen ollessa käytössä. Vanhemmista rakennuksista saattaa puuttua linjasäätöventtiilit kokonaan, jolloin on pyritty säätämään verkosto pelkäästään patteriventtiilien avustuksella. Säätäminen pelkäästään patteriventtiileillä on kuitenkin hyvin työläs prosessi ja se on siksi usein jäänyt puolitiehen. Säätämättömässä rakennuksessa suurin osa vedestä kiertää kiertovesipumppua lähimpänä sijaitsevan patterin kautta. (Seppänen, 1995. 174-175)

5.3 Säätökäyrän ongelmat

Säätökäyrän asettaminen oikeaan asentoon on usein ongelmallista, jos käyttäjältä puuttuu ammattitaito. Yleisiä ongelmia kerrostaloissa on liian jyrkän säätökäyrän käyttäminen, sillä tämä aiheuttaa tarpeetonta energian kulutusta. Säätökäyrän jyrkyyttä säädetään kulmakertoimen mukaan tai sitten tasoa eli suuntaissiirtoa. Energian säästämiseksi on huomioitava muutama ohjeistus huonelämpötiloista. Kovilla pakka-

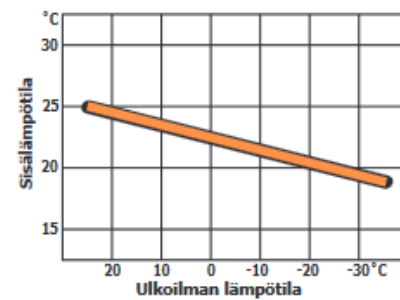
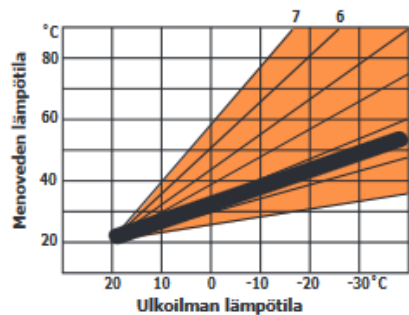
silla huonelämpötilojen ollessa liian korkeat, on syytä laskea säätökäyrän jyrkkyyttä. Liian matalat lämpötilat kovalla pakkasella vaativat taas jyrkkyyden kasvattamista. Huoneiden lämpötilojen ollessa tasaiset eri ulkolämpötiloilla, mutta liian kuumat tai sitten liian kylmät, niin täytyy liikuttaa käyrää suuntaissiirron mukaan ylös tai alas. (Motiva www-sivut. viitattu 2017)

Säätökäyrän valinnan vaikutus huonelämpötilaan



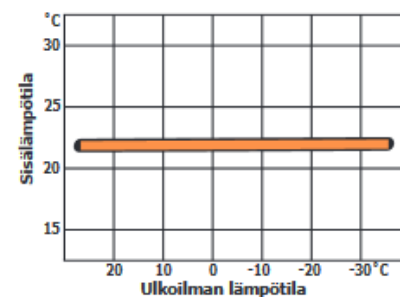
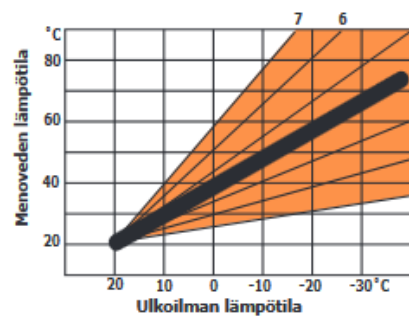
Säätökäyrä on valittu liian jyräksi. Huonelämpötila nousee liian korkeaksi kylmillä säillä.

Korjaus: muutetaan säätökäyrä loivemmaksi



Säätökäyrä on valittu liian loivaksi. Pakkasella on huoneissa liian kylmää.

Korjaus: muutetaan säätökäyrä jyrkemmäksi



Kuva 18 Säätökäyrän valinnan vaikutus. (Energiäteollisuus www-sivut. Viitattu 2017)

5.4 Putkiston sisäiset ongelmat

5.4.1 Korroosio

Korroosio tuottaa lähes poikkeuksetta saneeraustarpeen putkistoissa. Korroosio putkistossa lyhentää putkiston käyttöikää ja vähentää järjestelmän tehokkuutta. Korroosio on suurin yksittäinen vesivuotovahinkojen aiheuttaja. Korroosion estämiseen vaaditaan tuntemusta korroosion mekanismeista sekä esiintymismuodoista. Korroosion ehkäisyssä korostuu materiaalivalinnat eri kohteissa. (Kapanen, 1995. 21-22)

5.4.2 Typpi ja happi

Teräksisen lämmitysverkoston suurin ongelma on hapen aiheuttama korroosio. (kuva 20) Lämmitysverkosto on suunniteltu ja tehty ilmatiiviiksi, mutta kuitenkin monissa tilanteissa sinne päätyy lisää ilmaa. Ilmaa päätyy verkostoon huoltotöiden ja täyttöjen yhteydessä. Happi reagoi metallin kanssa muodostaen verkostoon sakkaa ja korroosiota tukkimaan putkiston. Typpi puolestaan aiheuttaa kiertohäiriöitä verkostoon ja se täytyy poistaa ilmaamalla patteri patterin ilmausventtiilin kautta. Typen aiheuttama ongelmaa esiintyy erityisesti verkoston ylimmissä pattereissa. Tiheyseron vuoksi typpi ajautuu korkeimpaan pääsemänsä kohtaan. Jatkuvalta ilman pääsylvä verkostoon täytyy vältyä, jotta jatkuva kierre saadaan verkostossa katkaista. Esimerkkinä on mahdollista asentaa automaattiset ilmanpoistimet. Muutoin on vaarana verkoston täysimittainen korroosion aiheuttama lämmitysremontti. Verkostoon asennetut muoviputket saattavat aiheuttaa ongelmia, sillä tavallinen muoviputki diffunoi happea lävitseen. Tämän vuoksi verkostossa käytetty muoviputki täytyy olla erikseen diffuusiosuojattua. Patteriverkostoon voidaan lisätä korroosioinhibiittejä, jotka suojaavat metallin pintaa korroosiolta. (Lämmönhuolto www-sivut. Viitattu 2017)

5.4.3 Sinkkikato

Sinkkikato tapahtuu messinkiosissa ja se haurastuttaa messinkiosat ja lopulta esimerkiksi liitos pettä. Messinki valmistetaan kuparin ja sinkin seoksesta, jossa kuparin

osuus on suurin. Messinki oli yleinen kuparin liittämateriaali -70-luvulle asti, mutta vähitellen siitä on luovuttu. Nykyaikana messingin tulee olla sinkkikadon kestävä. Yleissääntönä tämä tarkoittaa sitä, että kuparia tulee olla yli 80% messingin osuudesta ja loput sinkkiä.

Sinkkikadossa messingistä liukenee vuosien saatossa sinkki, jolloin jäljelle jää huokoinen kuparirakenne. (kuva 19) Tämä haurastuttaa putkenosan. Sinkkikatoa on mahdollista havaita paljaalla silmällä messingin kellertävän värin muuttuessa kuparinpunaiseksi. Kärsiessään sinkkikadosta messinkisten venttiiliosien karat saattavat jäädä jumiin. Yleinen periaate on, että mitä enemmän messinkiosa sisältää kuparia, sitä vähemmän se altistuu sinkkikadolle.



Kuva 19 Sinkkikato katkaissut putken liitoksen. (Teknoplan www-sivut. Viitattu 2017)



Kuva 20 Korroosio putkessa. (Sperchemical www-sivut. Viitattu 2017)

6 ASUKASKYSELY

6.1 Asukaskyselyn tehtävä

Asukaskysely on yleinen tapa ylläpitää taloyhtiön osakkaiden, asukkaiden, hallituksen sekä isännöinnin välistä yhteistyötä ja kommunikaatiota. Näin ollen on hyvä järjestää asukaskysely, kun tarkoituksena on haarukoida rakennuksen ongelmakohtia.

6.2 Asukaskyselyn vastaukset

Asukaskyselyt jaettiin jokaiseen asuntoon (35kpl). Niistä palautui aikamääräeseen mennessä kahdeksantoista (18). Vastaukset jakaantuivat seuraavasti:

Asunnon numero: _____

1. Kuinka tyytyväinen olette lämmityksen toimintaan?

Erittäin tyytyväinen	<input type="checkbox"/>	22 %	Lisätietoja: _____
Tyytyväinen	<input type="checkbox"/>	67 %	_____
En osaa sanoa	<input type="checkbox"/>		_____
Tyytymätön	<input type="checkbox"/>	11 %	
Erittäin tyytymätön	<input type="checkbox"/>		

2. Onko asunnossa ollut mielestänne liian viileä lämmityskauden aikana?

Kyllä	<input type="checkbox"/>	11 %	Lisätietoja: _____
Ei	<input type="checkbox"/>	83 %	_____
En osaa sanoa	<input type="checkbox"/>	6 %	_____

3. Onko asunnossa ollut mielestänne liian kuuma lämmityskauden aikana?

Kyllä	<input type="checkbox"/>	22 %	Lisätietoja: _____
Ei	<input type="checkbox"/>	67 %	_____
En osaa sanoa	<input type="checkbox"/>	11 %	_____

4. Onko asunnossa korjattu vuotavia putkia tms?

Kyllä	<input type="checkbox"/>		Lisätietoja: _____
Ei	<input type="checkbox"/>	89 %	_____
En osaa sanoa	<input type="checkbox"/>	11 %	_____

5. Kuinka tyytyväinen olette ilmanvaihdon toimintaan?

Erittäin tyytyväinen	<input type="checkbox"/>	6 %
Tyytyväinen	<input type="checkbox"/>	71 %
En osaa sanoa	<input type="checkbox"/>	11 %
Tyytymätön	<input type="checkbox"/>	6 %
Erittäin tyytymätön	<input type="checkbox"/>	6 %

Lisätietoja:

6. Tunnetteko vedon tunnetta asunnossa?

Kyllä	<input type="checkbox"/>	39 %
Ei	<input type="checkbox"/>	61 %
En osaa sanoa	<input type="checkbox"/>	

Lisätietoja:

7. Kuivuvatko märkätilat odotetulla tavalla?

Kyllä	<input type="checkbox"/>	88 %
Ei	<input type="checkbox"/>	6 %
En osaa sanoa	<input type="checkbox"/>	6 %

Lisätietoja:

8. Aiheuttaako ilmanvaihto meluhaittaa?

Kyllä	<input type="checkbox"/>	17 %
Ei	<input type="checkbox"/>	83 %
En osaa sanoa	<input type="checkbox"/>	

Lisätietoja:

6.3 Asukaskyselyn analysointi

Asukaskyselyn analysoinnissa täytyy aina huomioida vastausten palautusten määrä suhteessa asuntojen kokonaislukumäärään. Palautusprosentti suoritettussa kyselyssä oli 51,4%. Vastausten määrä on tässä tapauksessa riittävä, jotta voidaan suorittaa hyödyllinen analyysi vastauksista. Kyselyssä nousi esille erillisinä lisätietoina muutamia mainintoja.

- Patteritermostaattien toimimattomuus
- Ikkunatiivisteiden vuotaminen.
- Ilmanvaihtoverkoston kovaääninen suhina.
- Liian kuumat lämmityspatterit.
- Liian kylmät patterit.
- Lämpötilojen epätasaisuus eri ulkolämpötilojen vallitessa.
- Ilmanvaihdon paineissa ilmenee ongelmia, ilmeisesti väärinpäin virtausta.

Ennen tutkimuksen aloitusta oli lähtötietoina ongelmat lämmityksen epätasaisuuden kanssa. Vastaukset vahvistivat osittain alkuperäistä ongelmaa. Ongelmat saattavat olla hyvinkin puutteellisesta perussäädöstä johtuvia, sillä kiinteistössä ilmenee ongelmia liian lämpimien huoneiden, sekä kylmien huoneiden kanssa. Patteritermostaattien toimimattomuus saattaa johtua niiden iän myötä tulevasta jäykkyydestä sekä jumiutumuksesta. Ongelmat ilmanvaihdossa vaativat ehdottomasti tarkastelua, jotta se takaa lämmitykselle suotuisat olosuhteet saada huonelämpötilat kohdalleen.

7 KOHTEEN VERKOSTON TUTKIMINEN

7.1 Kaukolämpöpaketti

Kaukolämpöpaketti oli uusittu vuonna 2009. Päällisin puolin laitteisto oli hyvässä kunnossa eikä laitteiston toiminnassa ollut moitittavaa. Säätöventtiilit vastasivat lämpötilapyyntöihin, jotka lämpötila-anturit antoivat. Lämmönjakohuoneesta lähtevät lämmityslinjat olivat siistit ja hyväkuntoiset. Kaukolämpöpaketissa sijainnut painemittari oli asettunut sille asetetulla painealueelle. Pumpun toiminta oli moitteetonta. Pumppu ei pitänyt erikoista ääntä eikä lämmennyt huomattavasti. Pumppu ei ollut myöskään alimitoitettu vaan kävi puolella teholla.



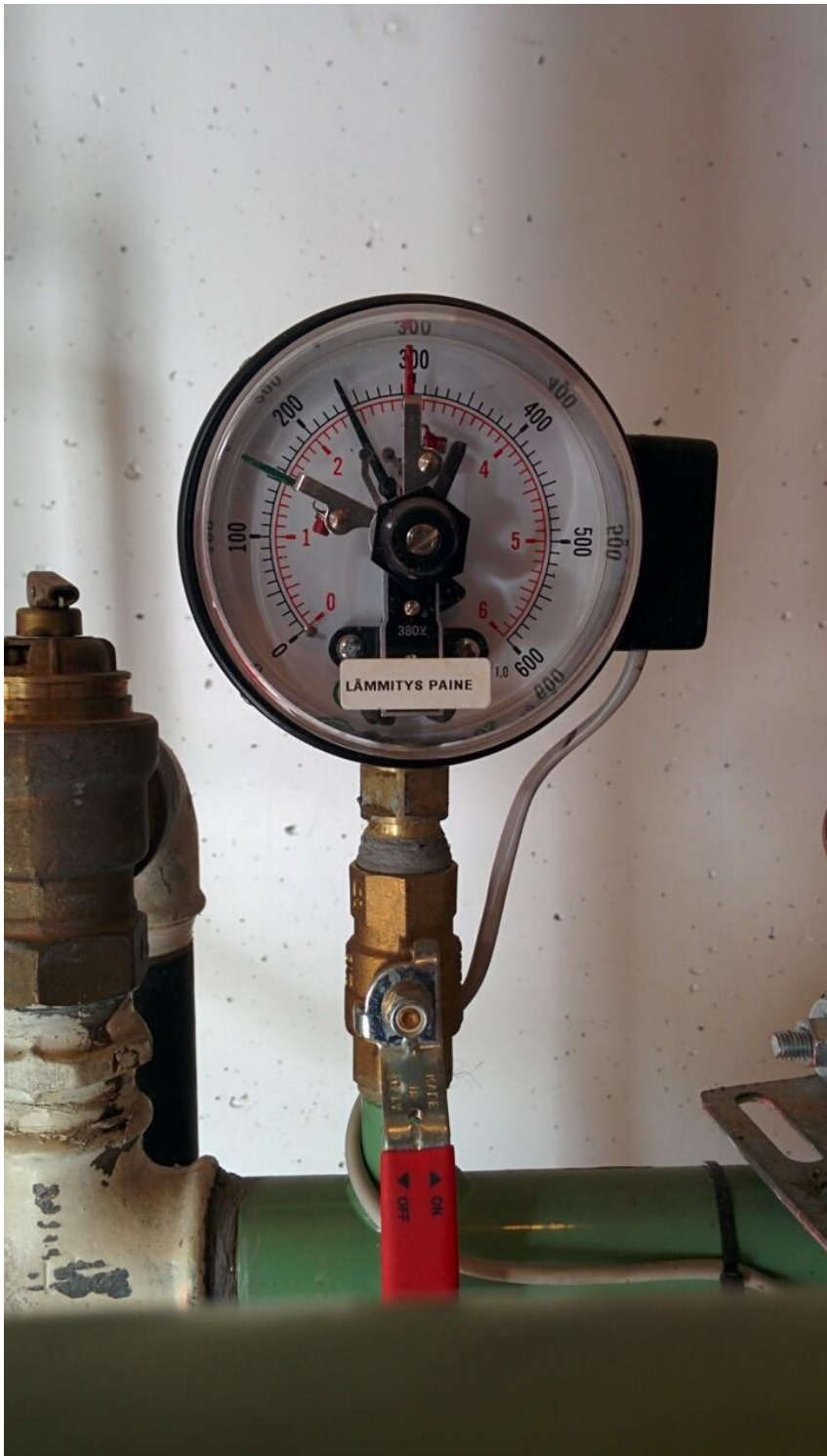
Kuva 21 Kohteen kaukolämpöpaketti (Juho Hesso, 2017)



Kuva 22 Lämpötila-anturi (Juho Hesso, 2017)



Kuva 23 Käyttövesi- sekä lämmitysrungot (Juho Hesso, 2017)



Kuva 24 Painemittari (Juho Hesso, 2017)



Kuva 25 Kiertovesipumppu (Juho Hesso, 2017)

7.2 Säätökäyrä

Säätökäyrän asento oli lähes samoissa asetuksissa, suhteessa siihen mihin se oli laitettu kaukolämpöpaketin uusinnan yhteydessä. Virityspöytäkirjan mukaan säätökäyrä

oli asetettu asentoon $-20^{\circ}\text{C} = 60^{\circ}\text{C}$; $0^{\circ}\text{C} = 43^{\circ}\text{C}$; $+20^{\circ}\text{C} = 20^{\circ}\text{C}$, kun tämänhetkinen säätökäyrän linja oli $-20^{\circ}\text{C} = 63^{\circ}\text{C}$; $0^{\circ}\text{C} = 44^{\circ}\text{C}$; $+20^{\circ}\text{C} = 23^{\circ}\text{C}$. Huomioitavaa on kuitenkin se, että säätökäyrää on myöhemmin jouduttu nostamaan. Nosto ei kuitenkaan vaikuta merkittävästi huonelämpötiloihin. Lähtökohtaisesti kolmen asteen lämpötilanosto vesivirrassa vastaa yhtä astetta huonelämpötilassa.



Kuva 26 Kohteen säätökäyrä (Juho Hesso, 2017)

7.3 Patteriventtiilit

Patteriventtiileistä löytyi muutamia ongelmia. Pistokokeella tarkistetuista pattereista 7/10:stä oli väärä esisäätö suhteessa suunnittelijan antamiin laskelmiin. Esisäädöt eivät olleet vain yhtä pykälää väärin aseteltu, vaan ne olivat valittu sattumanvaraisesti. Patteriventtiilit olivat tulleet käyttöikänsä päähän, sillä yrittäessä muuttaa esisäätöarvoa, venttiili oli täysin jumissa eikä liikkunut haluttuun suuntaan. Patteriventtiileillä saattaa olla merkittävä rooli lämmityksen toimintakyvyssä.



Kuva 27 Termostaattinen patteriventtiili (Juho Hesso, 2017)

8 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN MALLINTAMINEN

8.1 MagiCAD-ohjelma ja sen hyödyntäminen

MagiCAD on Progman Oyn tekemä tietomallinnusohjelma LVIS-aloille. Ohjelma mahdollistaa monikerroksisten 3D kokonaisuuksien suunnittelun. Ohjelmaa hyödynnetään laskemaan lämmitysverkoston patteriventtiilien sekä linjasäätöventtiilien esisäätöarvot, jotta rakennuksen verkosto saadaan tasapainoon. Lämmitysjärjestelmän uudelleen piirtäminen ja suunnitteleminen helpottavat perussäädön suorittamis-

ta. Uusien kuvien perusteella on helpompi määrittää esimerkiksi tarvittavat esisäädöt pattereille.

8.2 Kohteen mallintaminen

Kohteen lähtötietoja varten isännöitsijältä saatiin tarvittavia lähtötietoja rakennuksen lämmitysverkoston mitoittamista varten. Tarvittavia lähtötietoja ovat rakennuksen korot, rakennuksen U-arvot, julkisivukuva, lämmönjakolaitoksen mitoitus tiedot, sekä vanhat lämmitysjärjestelmän kuvat. Ikkunasaneerausta varten tehdyt kuvat on laskettu lämpöhäviöillä, joissa ikkunoille asetettuna U-arvona käytettiin arvoa $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ arvioidun nykyisen vanhan ikkunan $1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ sijaan. Lämmitysveden lämpötilana käytetään kaukolämmön mitoitus tiedoista saatua 70/40 lämpötilaa.

Rakennuksen korot:

Pohjakerros	+102,50
1.Kerros	+105,30
2.Kerros	+108,10
3.Kerros	+110,90
4.Kerros	+113,70
5.Kerros	+116,50

Rakennuksen U-arvot:

Yläpohja	$U = 0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$
Ulkoseinä	$U = 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$
Alapohja	$U = 0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$
Ikkuna	$U = 1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$
Ovet	$U = 2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$

Rakennuksen uudet ikkunat:

Ikkuna	$U = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$
--------	---------------------------------

8.3 Vertailu nykyisiin kuviin

Kuvien uudelleen mitoituksessa tulee ottaa huomioon edellisten kuvien säätöarvot sekä virtaamat. Perehtymällä molempiin kuviin nähdään kuvien eroavaisuuksia. Mitä vähemmän kuvat eroavat toisistaan niin sitä lähempänä ovat käytetyt samat mitoitus-tiedot. Uusiin kuviin syötettiin uusien ikkunoiden mitoitus-tiedot, jotka vaikuttavat osaltaan syntyviin uusiin lämpötehoihin sekä esisäätöarvoihin.

Suunnitteluohjelmalla piirrettiin kerrostalo sekä sen kuviin lisättiin kaikki lämmitys-tehontarpeeseen vaikuttavat asiat, kuten U-arvot. MagiCAD ohjelma pystyy tarkis-tamaan huonekohtaisesti ikkunoiden vaihtamisen vaikutuksen lämmitystehontarpee-seen. Laskentaohjelmaa hyödyntämällä huomaamme ikkunoiden uusimisen vaiku-tuksen lämmitystehon vähentymisenä. Kuvassa 30 tarkastellaan vanhoilla ikkunoilla (U-arvo = 1,8 W/m²K) syntyviä lämpöhäviöitä sekä kuvassa 31 tarkastellaan uusilla ikkunoilla syntyviä lämpöhäviöitä (U-arvo = 1,0 W/m²K)

Pohjakerroksen linjasäätöventtiilien esisäätöarvoissa on eroa verrattuna vanhoihin kuviin. Uudemmissa kuvissa linjasäätöventtiilit ovat asetettuna hieman kireämmällä eli pienemmälle numerolle kuin vanhoissa kuvissa. Eroavaisuus johtuu siitä, että venttiilit aiheuttavat vanhoissa piirustuksissa vain 1,5 – 3,5 kPa painehäviöitä, kun taas uusissa kuvissa pyritään venttiilit asettamaan hieman kireämmille lukemille, jolloin venttiili tuottavat isomman painehäviön, jolloin siitä on helpompi saada tar-kemmat lukemat virtausmittarilla. Venttiilien aiheuttamat painehäviöt korvataan nos-tamalla hieman pumpun kierroksia.

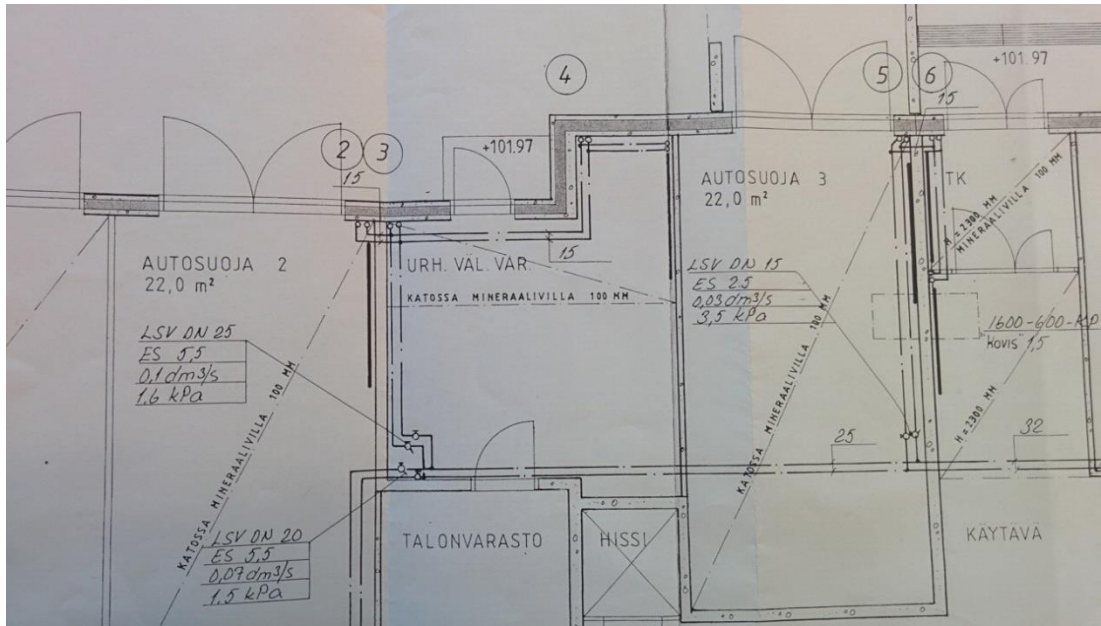
Patteriventtiilien esisäätöjen vertailua vaikeuttaa se, että vanhojen kuvien perusteella ei pysty selvittämään yksittäisen patterin osuutta huoneen lämmityksessä, jossa on useampia pattereita. Näin ollen on hankala verrata uusien ja vanhojen kuvien eroa-vaisuuksia. Verkoston perussäätöä tehtäessä, kannattaa hyödyntää kuitenkin uusista kuvista saatuja arvoja, sillä tulokset tulevat olemaan joka tapauksessa parempaan suuntaan ohjaavat, sillä vanhan suunnitelman esisäädötkään eivät ole tällä hetkellä käytössä.

Storey	[W/m ²]	[W/m ³]	[W]
Kerros 5	42	17	17776
Kerros 4	33	13	13906
Kerros 3	33	13	13888
Kerros 2	33	13	13888
Kerros 1	48	19	20341
Pohjakerros	22	9	9282
Total heat losses in the rooms	35	14	89082

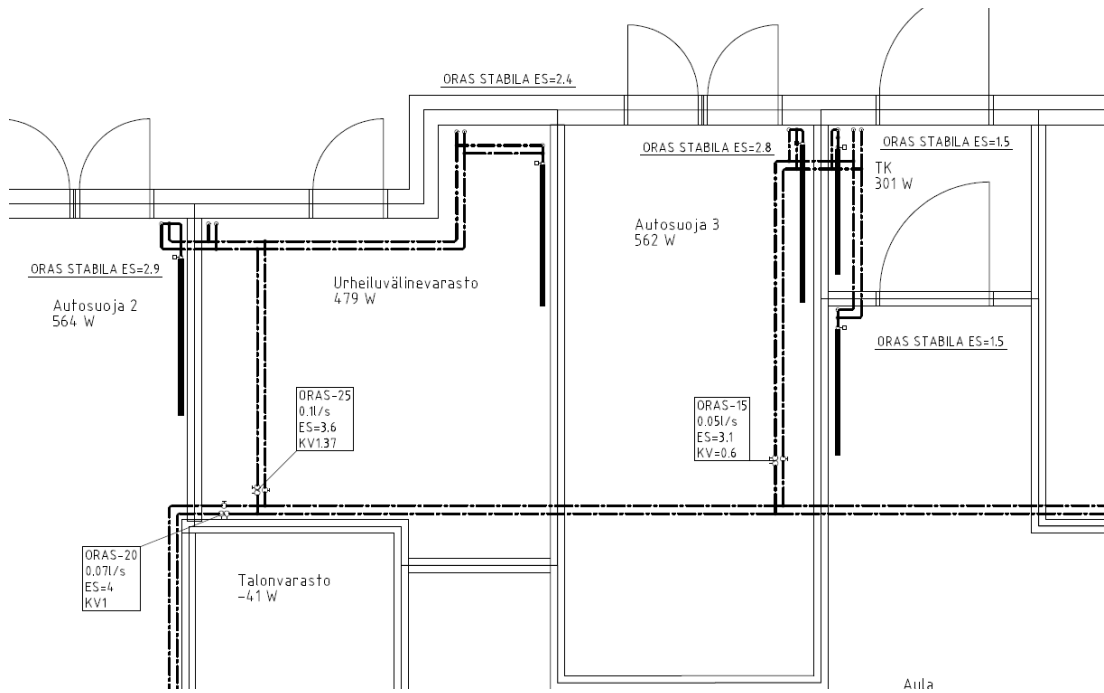
Kuva 30 Rakennuksen lämpöhäviöt vanhoilla ikkunoilla (Juho Hesso 2017)

Storey	[W/m ²]	[W/m ³]	[W]
Kerros 5	39	15	16267
Kerros 4	29	12	12387
Kerros 3	29	12	12378
Kerros 2	29	12	12378
Kerros 1	45	18	18831
Pohjakerros	22	9	9219
Total heat losses in the rooms	32	13	81459

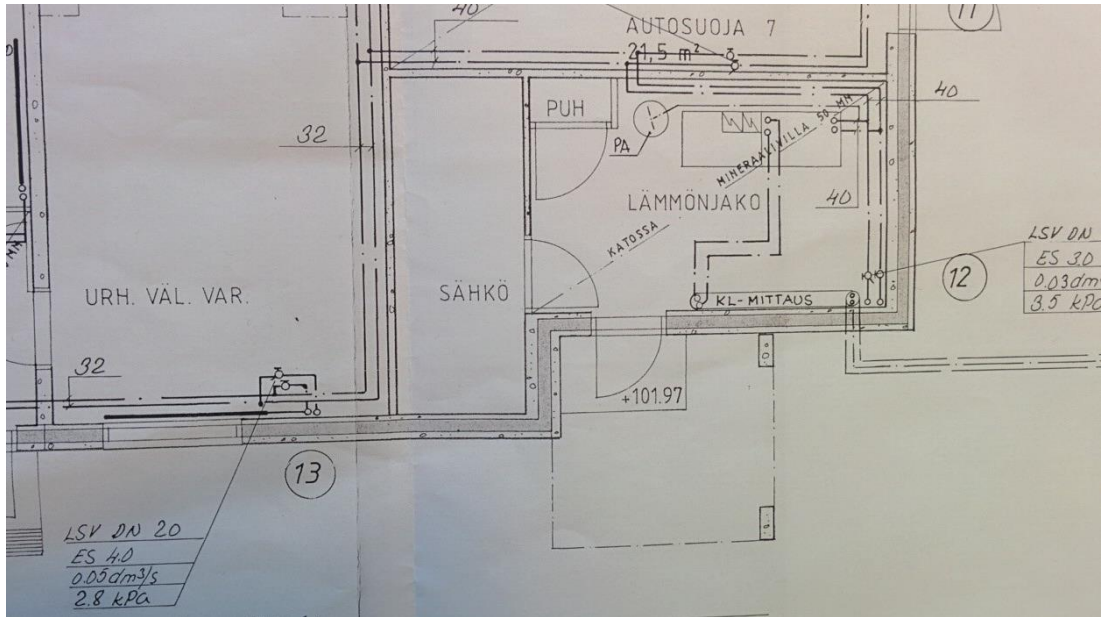
Kuva 31 Rakennuksen lämpöhäviöt uusilla ikkunoilla (Juho Hesso 2017)



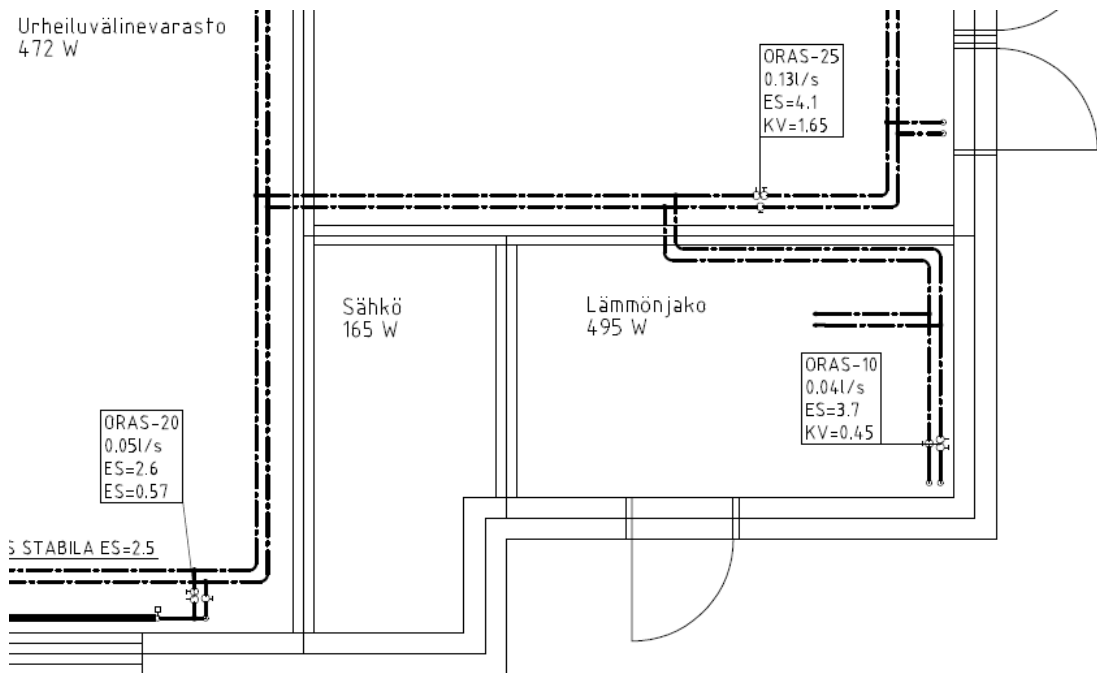
Kuva 32 Autotali, Urheiluvälinevarasto vanha kuva (Juho Hesso 2017)



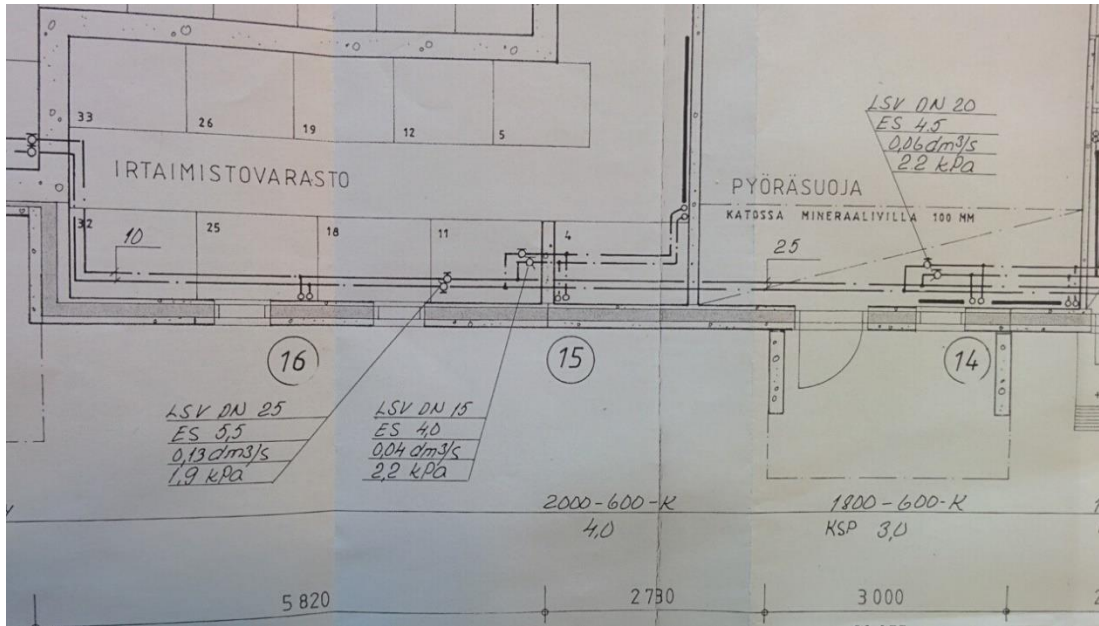
Kuva 33 Autotali, Urheiluvälinevarasto uusi kuva (Juho Hesso 2017)



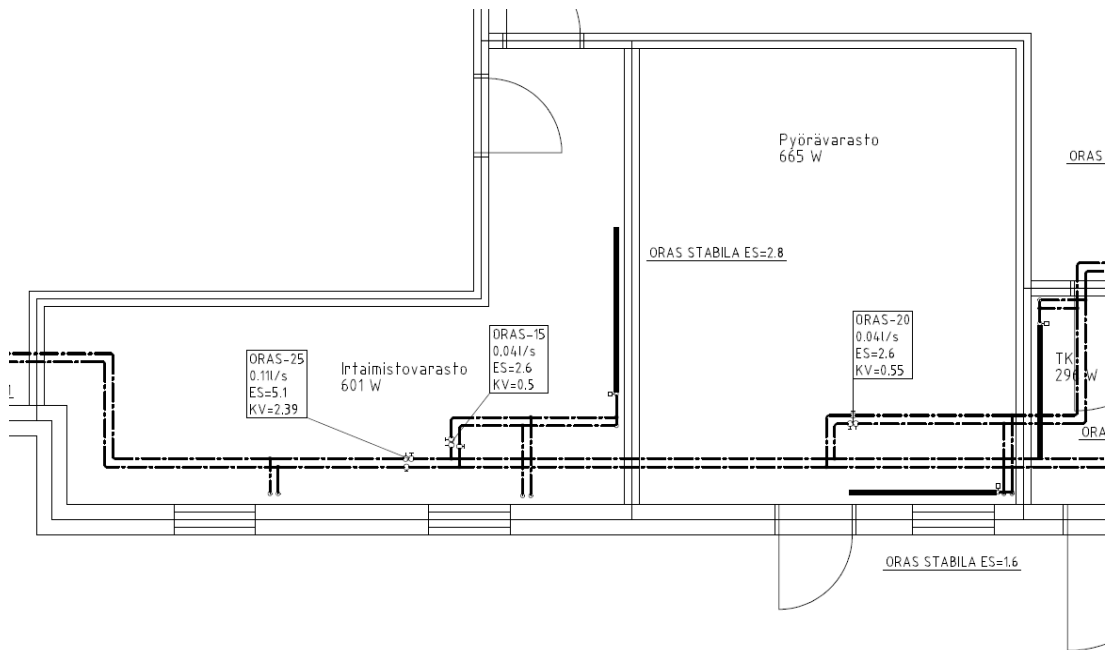
Kuva 34 Lämmönjako vanha kuva (Juho Hesso 2017)



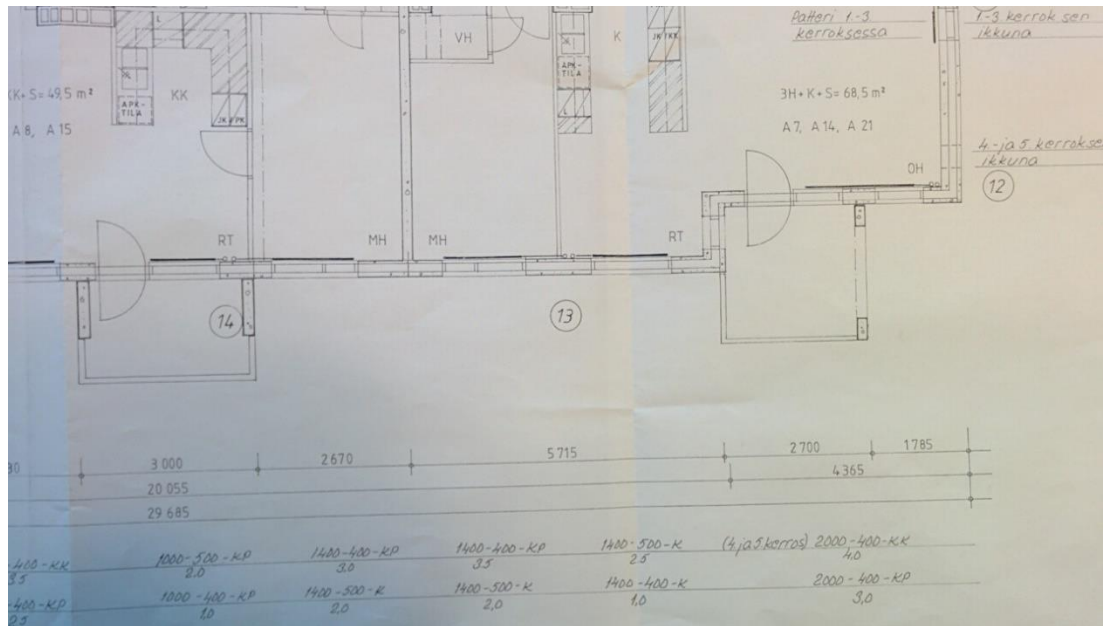
Kuva 35 Lämmönjako uusi kuva (Juho Hesso 2017)



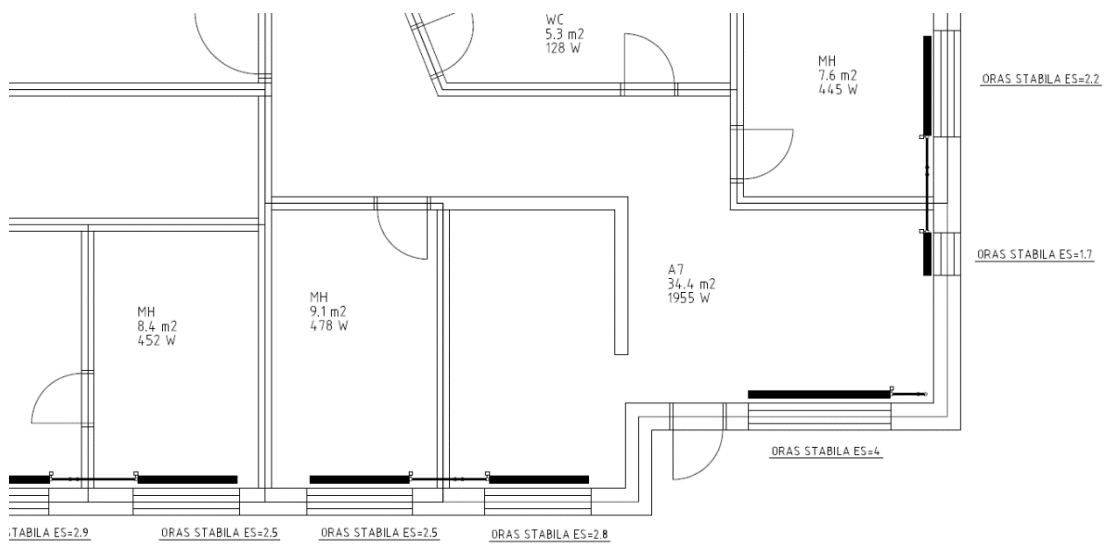
Kuva 36 Irtaimistovarasto vanha kuva (Juho Hesso 2017)



Kuva 37 Irtaimistovarasto uusi kuva (Juho Hesso 2017)



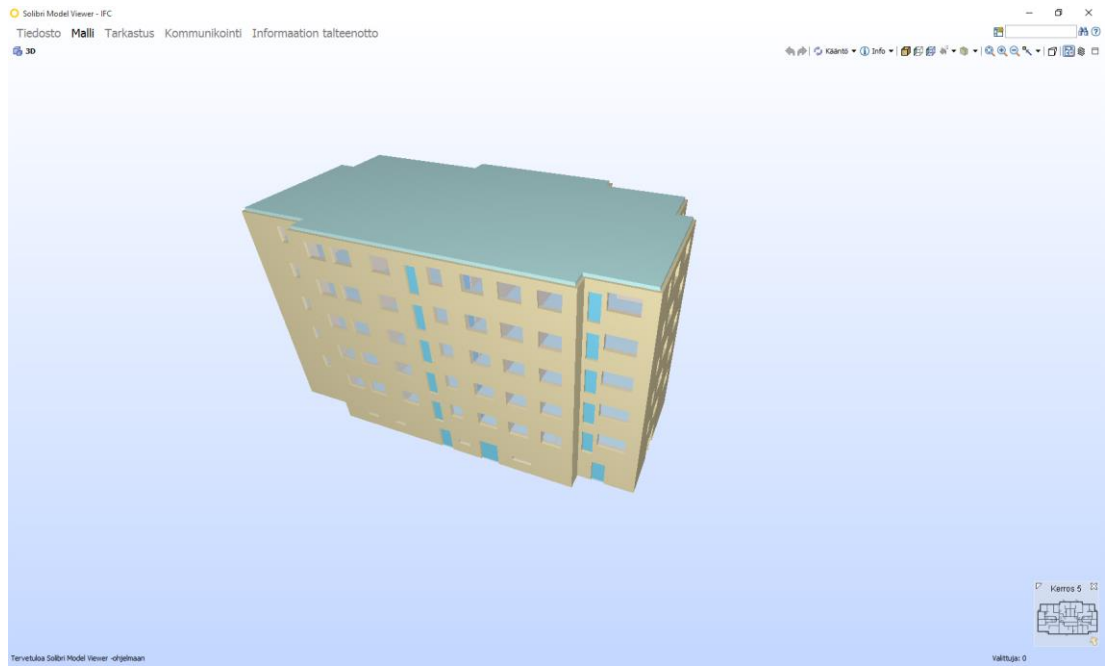
Kuva 38 Patteriventtiilien vanhoja esisäätoesimerkkejä



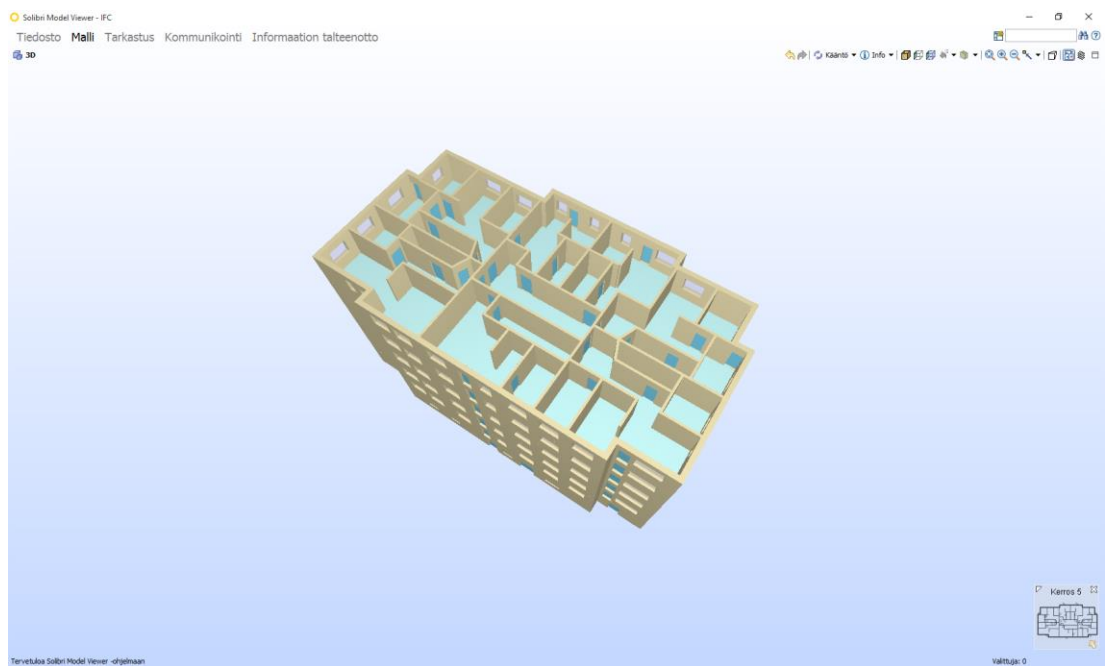
Kuva 39 Patteriventtiilien uusia esisäätoesimerkkejä

8.4 Solibri Model Checker

Solibri on tietomallinnuksessa käytetty ohjelma, jolla voidaan tarkastella rakennuksessa esiintyvät putki- ja kanavatörmäilyt. Solibria voidaan hyödyntää tässä tapauksessa tarkastelemalla MagiCAD roomin eheyttä. Varmistetaan esimerkiksi seinien yhteneväisyys sekä kerroksien korkeudet.



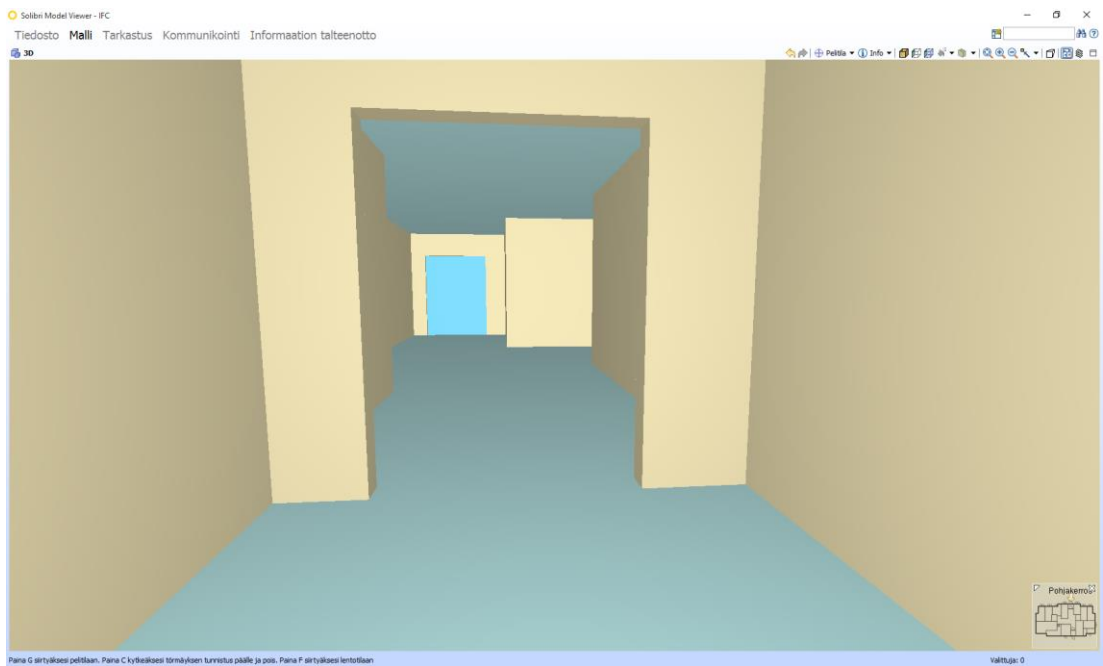
Kuva 40 Kerrostalon ulkomuodon tarkistelu (Juho Hesso 2017)



Kuva 41 Kerrostalon huonejaon tarkistelu (Juho Hesso 2017)



Kuva 42 Kerrostalon huonekorkeuksien tarkistelu (Juho Hesso 2017)



Kuva 43 Kerrostalon sisääntuloaula (Juho Hesso 2017)

9 YHTEENVETO

Opinnäytetyön päämääränä oli käydä läpi kerrostalokohteen lämmitysjärjestelmän toimintaperiaate, toiminnan mahdolliset häiriötilanteet sekä perussäädön merkitys rakennuksessa. Osana opinnäytetyötä oli myös kohteeseen tutustuminen ja sekä perussäädön tarpeellisuuden selvitys. Taloyhtiön pyynnöstä kohteesta laadittiin uudet lämmitysverkoston kuvat mahdollisen ikkunasaneerauksen aiheuttamien lämpöhäviöiden muutosta varten.

Projekti aloitettiin jakamalla asuntoihin asukaskyselyt, joilla pyrittiin päästä selville asukkaiden kokemista lämmitysongelmista. Kyselyn tutkimisen jälkeen rakennuksessa todettiin muutamia ongelmakohtia, jotka viittasivat aikaisempaan puutteelliseen perussäädön suorittamiseen. Tilanne ei kuitenkaan ollut vakava, joten mahdollinen perussäätö, sekä patteriventtiilien vaihto tulisi suorittaa ikkunasaneerauksen yhteydessä, jolloin lämmitystekhot laskevat huomattavasti nykyisestä. Uudet patteriverkoston kuvat sekä esisäädöt taloyhtiöstä löytyvät opinnäytetyön suorittajalta, kun perussäädön suorittamiseen ryhdytään.

Opinnäytetyöhanke oli erittäin mielenkiintoinen ja se toi haasteita sekä käytännön perehtymisen, että suunnittelun kautta. Opinnäytetyö sisälsi paljon suunnitteluohjelmien käyttöä sekä neuvonpitoa sekä urakoitsijoihin, että suunnittelijoihin. Opinnäytetyön on tarkoitus toimia apuna lämmitysjärjestelmistä kiinnostuneille maallikoille ja ammattilaisille.

Opinnäytetyön tekeminen opetti työelämässäkin tarpeellisia projektitaitoja. Sen kautta sain kokemusta ja varmuutta suunnitteluohjelmien käyttämisessä. Opinnäytetyössä näkyy jo opiskeluaikana hankittu työkokemus suunnitteluohjelmien parissa, että käytännön pohtiminen kohteessa. Opinnäytetyön tekijänä katson projektin hyvin onnistuneeksi.

LÄHTEET

Lämpöä läheltä www-sivut. Viitattu 2017. www.lampoalahelta.fi

Motiva www-sivut. Viitattu 2017. www.motiva.fi

Jyväskylän energia www-sivut. Viitattu 2017. www.jyvaskylanenergia.fi

Danfoss www-sivut. Viitattu 2017. www.heating.danfoss.fi

LVI-kortti 41-10230. 2006. Lämmitysverkoston säätö. Rakennustieto Oy

Kapanen, J. 1995 Kiinteistön lämmitys- ja putkistojen kunnossapito. Helsinki: Kiinteistöalan kustannus Oy

Haapalainen, E. & Vepsäläinen, T. 1994 Lämmitystekniikka. Helsinki. VAPK

Maalämpöfoorumi www-sivut. Viitattu 2017. www.maalampofoorumi.fi

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

Purmo www-sivut. Viitattu 2017. www.purmo.fi

Vuorelainen, O. 1980 LVI-Tekniikka, Lämmönjakelu. Otakustantamo

West Radiators www-sivut. Viitattu 2017. www.westradiators.co.uk

Oras www-sivut. Viitattu 2017. www.oras.fi

MYSON www-sivut. Viitattu 2017. www.mysoncomfort.com

LVI-kortti 11-10472-2006. Paisuntajärjestelmän valinta ja mitoitus. Rakennustieto Oy

Harju, P. & Matilainen, V. 2005. LVI-tekniikka, Korjausrakentaminen. Opetushallitus

Ympäristöosaava www-sivut. Viitattu 2007. www.ymparistoosaava.fi

Energiateollisuus ry. 2007 Käytä kaukolämpöä oikein. Helsinki. Energiateollisuus ry.

Lämmön huolto www-sivut. Viitattu 2007. www.lammonhuolto.fi

Teknoplan www-sivut. Viitattu 2007. www.teknoplan.fi

Sperchemical www-sivut. Viitattu 2007. www.sperchemical.com

MagiCAD www-sivut. Viitattu 2007. www.magicad.com/fi

Energiateollisuus ry. 2013 Rakennusten kaukolämmitys K1. Helsinki. Energiateollisuus ry

