

Joni Vatjus

**LÄMMITYSVERKOSTON 3D-MALLINNUS SEKÄ TASAPAINO-
TUSSUUNNITELMA**

LÄMMITYSVERKOSTON 3D-MALLINNUS SEKÄ TASAPAINO- TUSSUUNNITELMA

Joni Vatjus
Opinnäytetyö
Kevät 2018
Talotekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Talotekniikan tutkinto-ohjelma

Tekijä: Joni Vatjus

Opinnäytetyön nimi: Lämmitysverkoston 3D-mallinnus sekä tasapainotussuunnitelma

Työn ohjaaja: Mikko Niskala

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2018 Sivumäärä: 39 + 4

Opinnäytetyö tehtiin Isännöinti Vuorma Oy:lle. Työn tavoitteena oli tehdä lämmitysjärjestelmän 3D-mallinnus sekä tasapainotussuunnitelma vuonna 1989 rakennettuun rivitaloon, jossa on kaukolämpöön kytketty vesikiertoinen patterilämmitysjärjestelmä.

Työssä mitoitettiin huoneistojen ilmapirrat, laskettiin huonekohtaiset lämpöhäviöt Cadsillä sekä mallinnettiin olemassa oleva lämmitysverkosto MagiCAD-ohjelmalla, josta saatiin pumpunsäätöventtiilin, linjasäätöventtiilien sekä patteriventtiilien esisäätöarvot ja myös vesivirrat mitoitettua. Työssä tutkittiin myös lämmitysverkostoon asennettavan suodattimen hyötyä ja tarpeellisuutta sekä verkoston huuhtelumenetelmiä. Näiden pohjalta laadittiin kattava tasapainotussuunnitelma.

Työn tilaaja tulee toteuttamaan lämmitysjärjestelmän tasapainotuksen, ja siihen liittyvät toimenpiteet tämän opinnäytetyön suunnitelman mukaisesti myöhemässä vaiheessa.

Asiasanat: lämmitys, lämmitysverkosto, tasapainotus, säätö

SISÄLLYS

TIVISTELMÄ.....	3
SISÄLLYS.....	4
1 JOHDANTO	5
2 AS OY VOIMATUPOS	6
2.1 Lämmitysjärjestelmä	7
2.2 Ilmanvaihto.....	12
3 LÄMMITYSVERKOSTON TASAPAINOTUS	14
3.1 Perussäädön suunnittelu	15
3.2 Säädön toteutus.....	16
4 TASAPAINOTUSTYÖN SUUNNITTELU	18
4.1 Ilmavirtojen määrittäminen.....	18
4.2 U-arvojen laskenta.....	19
4.3 Lämpöhäviöiden laskenta.....	21
4.3.1 Säilytyskäytöt	22
4.3.2 Korvausilma	23
4.3.3 Vuotoilma	24
4.3.4 Lämpöhäviölisätiedot.....	25
4.4 Lämmitysverkoston kartoitus.....	27
4.4.1 Vanhat patterit	28
4.4.2 Verkoston mallinnus	30
4.5 Lämmitysverkoston epäpuhtaudet	31
4.5.1 Verkoston huuhtelu	32
4.5.2 Lämmitysverkoston suodatin	33
5 YHTEENVETO	36
LÄHTEET.....	37
Liite 1 Tekniset käyttöiät ja kunnossapitojaksot	
Liite 2 Asuntojen lämpötilamittaukset	

1 JOHDANTO

Tämän työn tavoitteena oli tehdä lämmitysverkoston 3D-mallinnus sekä mallinnuksen avulla saatavat tasapainotuslaskelmat As Oy Voimatupos taloyhtiölle. Tässä vuonna 1989 rakennetussa, kahdeksan asunnon rivitalossa on vesikiertoinen patterilämmitys, ja taloyhtiö on ollut alun perin öljylämmitteinen.

Vuonna 2000 taloyhtiö on liitetty kaukolämpöön, ja myös rakennusten lämmöneristystä on lisätty. Lämmitysverkostoa ei ole tasapainotettu tämän jälkeen. Asunnoissa oli havaittu ongelmia lämmitysjärjestelmässä, ja varsinkin verkoston viimeinen asunto on kärsinyt alhaisista huonelämpötiloista, kun taas osassa asunnoissa huonelämpötilat olivat varsin korkeita.

Tavoitteena olikin saada lämmitysjärjestelmä tasapainoon, tarkistaa ja mahdollisesti säätää asuntojen ilmavirrat ohjeiden mukaisiksi sekä saada mahdollisesti energiakustannuksiin säästöä. Lisäksi tutkittiin tarvetta mahdolliselle suodattimelle patteriverkostoon sekä huuhtelumenetelmiä verkoston sakkaantumien poistamiseksi.

Työn tilaajana on Isännöinti Vuorma Oy. Isännöinti Vuorma Oy on vuonna 1999 perustettu perheyrittäjä joka toimii Oulun lähikunnissa. Yrityksen toimistot sijaitsevat Oulussa ja Limingassa. Yrityksen palveluun kuuluu taloyhtiöiden isännöinti.

2 AS OY VOIMATUPOS

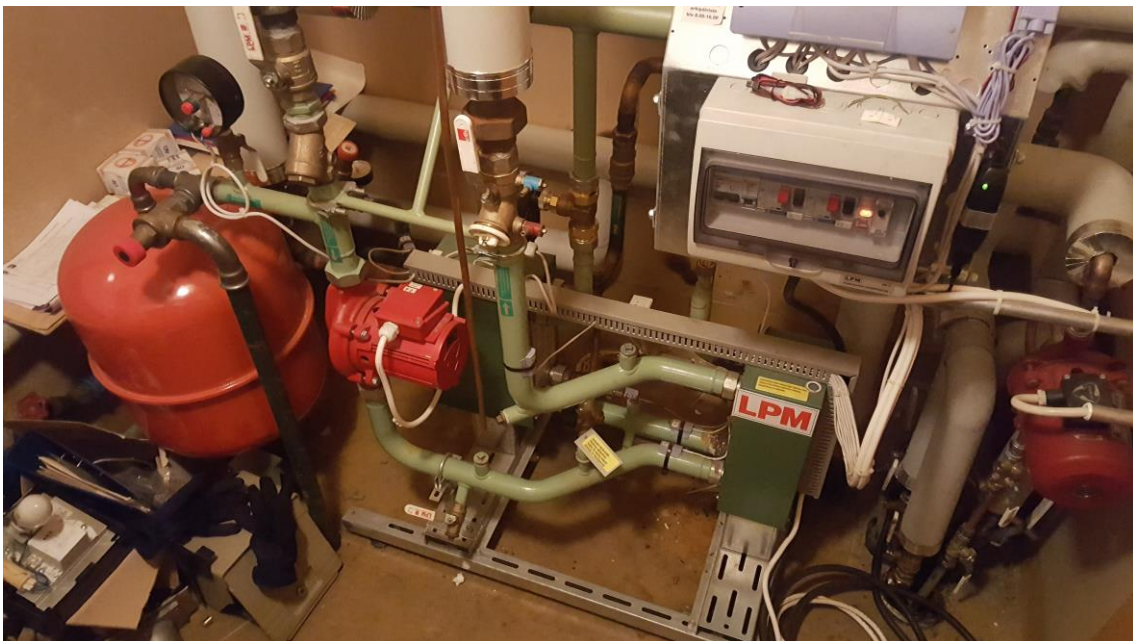
Työn kohteena oli Limingassa sijaitseva rivitalo, jossa on kaksi erillistaloa (a- ja b-talo) sekä erillinen huoltorakennus, jossa sijaitsee lämmönjakohuone. Talojen rakennusvuosi on 1989, ja asuntoja rakennuksissa on yhteensä kahdeksan (kuva 1). Rakennukset on liitetty kaukolämpöön vuonna 2000 alkujaan rakennuksien ollessa öljylämmitteisiä. Energiatehokkuutta on parannettu vuonna 2017 lisäämällä rakennuksien yläpohjaan 200 mm eristettä sekä uusimalla ikkunat ja ovet.



KUVA 1. As Oy Voimatupos

2.1 Lämmitysjärjestelmä

As Oy Voimatupoksen asunnoissa on vesikiertoinen patterilämmitys. Lämmitysverkoston tehontarve oli alkuperäisten suunnitelmien mukaan 40 kW, ja järjestelmä oli alun perin mitoitettu lämpötiloille 80/60 °C. Lämmönjakuhuone (kuva 2) sijaitsee erillisessä huoltorakennuksessa, josta lämmitysverkoston vesi jaetaan molempiin asuntoihin omalla lämpökanaalilla. Ennen taloyhtiön liittämistä kaukolämpöön vuonna 2000 on lämmönjakuhuone ollut liitettynä viereisen taloyhtiön öljykattilaan, josta on lämpökanaalilla jaettu ensiöpuolen lämmitysvesi As Oy Voimatupoksen lämmönjakohuoneeseen.



KUVA 2. As Oy Voimatupoksen lämmönjakokeskus

Asuinhuoneistoissa on käytetty vanhoja Högforsin P- ja PP-tyyppin paneeliradiaattoreita, tehontarpeesta riippuen joko yksi- tai kaksirivisiä malleja (kuva 3). Kaikkien pattereiden kytkennät ovat A–B-kytkentöjä ja lämmitysverkosto on toteutettu yläjakoisena.

Lämmitysverkoston ja pattereiden elinkaari on noin 40–50 vuotta, joten tässä tapauksessa elinkaarta on vielä varsin runsaasti jäljellä eikä niitä suositellakaan uusittavaksi tässä vaiheessa. Verkoston ja pattereiden huuhtelusta ei ole mainintaa kiinteistön huoltoraporteissa, joten huuhtelu täytyy tehdä ennen lämmitysjärjestelmän säätötyötä.



KUVA 3. Högfors paneeliradiaattori

Asuntojen eteisten sekä pesuhuoneiden pattereissa on kiinni patteriventtiilit joissa ei ole huonetermostaattia (kuva 4).



KUVA 4. Högfors patteriventtiili

Muiden huoneiden pattereissa on kytkettynä Danfossin RA 2000 -termostaattiset patteriventtiilit (kuva 5).



KUVA 5. Danfoss RA 2000 -termostaattinen patteriventtiili

Huonetermostaattien ja patteriventtiileiden käyttöikä on noin 10–20 vuotta. Tämän kiinteistön kohdalla ne ovat tulleet jo elinkaarensa loppupäähän ja suositellaankin vaihdettavaksi ennen säätötyön aloittamista (liite 1).

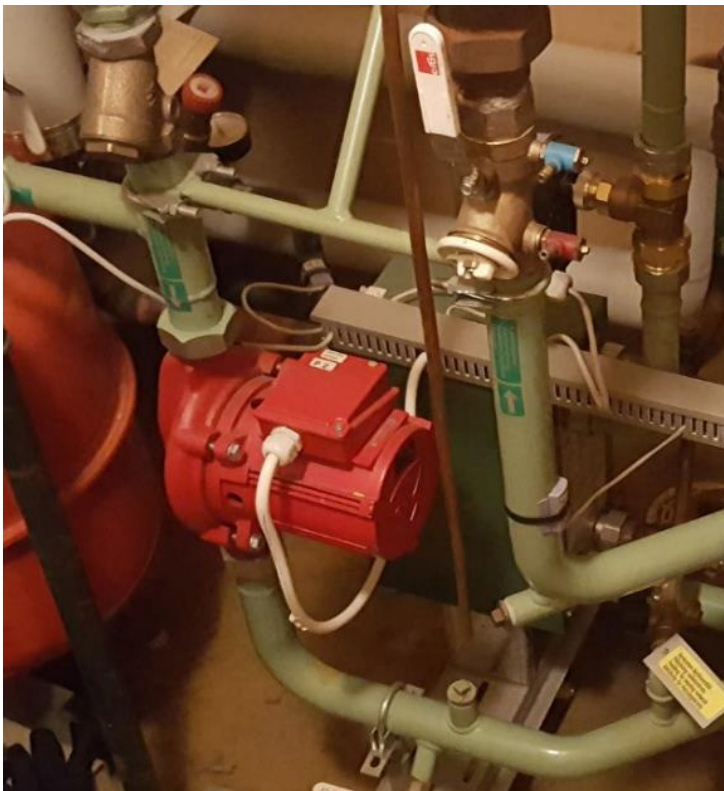
Kiinteistön lämmitysverkoston linjasäätöventtiilit ovat Oraksen valmistamat ja myös alkuperäiset (kuva 6). Niiden käyttöikä on noin 30 vuotta, joten niidenkin uusiminen on välttämätöntä toimivan säätötyön takaamiseksi (liite 1).



KUVA 6. Oras linjasäätöventtiili

As Oy Voimatupoksen lämmitysverkoston kiertovesipumppu on Kolmeks AE 26/4 -vakiokierroslukupumppu, jonka nostokorkeutta ja virtaamaa voidaan säätää ainoastaan juoksupyörää vaihtamalla (kuva 7).

Kiinteistön huoltoraporteista ei käy ilmi, että pumppua olisi uusittu missään vaiheessa, joten se on todennäköisesti toiminut tehtävässään vuodesta 2000 asti, jolloin kiinteistö on liitetty kaukolämpöön. Kiertovesipumppujen elinikä on noin 20–25 vuotta, joten myös pumppu on saavuttamassa elinkaarensa loppupäätä (liite 1).



KUVA 7. Kolmeks AE 26/4 -vakiokierroslukupumppu

Lämmitysverkoston lämmönsiirrin on LPM-groupin valmistama kovajuotettu levylämmönsiirrin, malliltaan HL1-24 (kuva 8). Lämmönsiirrin on mitoitettu 40 kW:n teholle, ja se on vuodelta 2000. Lämmönsiirtimien elinikä on noin 20 vuotta, joten lämmönsiirrin on suositeltavaa uusia lähivuosina (liite 1).



KUVA 8. LPM-levylämmönsiirrin

2.2 Ilmanvaihto

As Oy Voimatupoksen asunnoissa on koneellinen poistoilmanvaihto, jossa rakennuksien jokaista asuntoa palvelee asuntokohtainen huippumuri rakennuksien katonalla. Huoneistojen hygienia-tilojen sekä vaatehuoneiden päätelaitteina on käytetty Haltonin URH-100-poistoilmaventtiileitä (kuva 9).



KUVA 9. Halton URH-100 poistoilmaventtiili (1, s. 1)

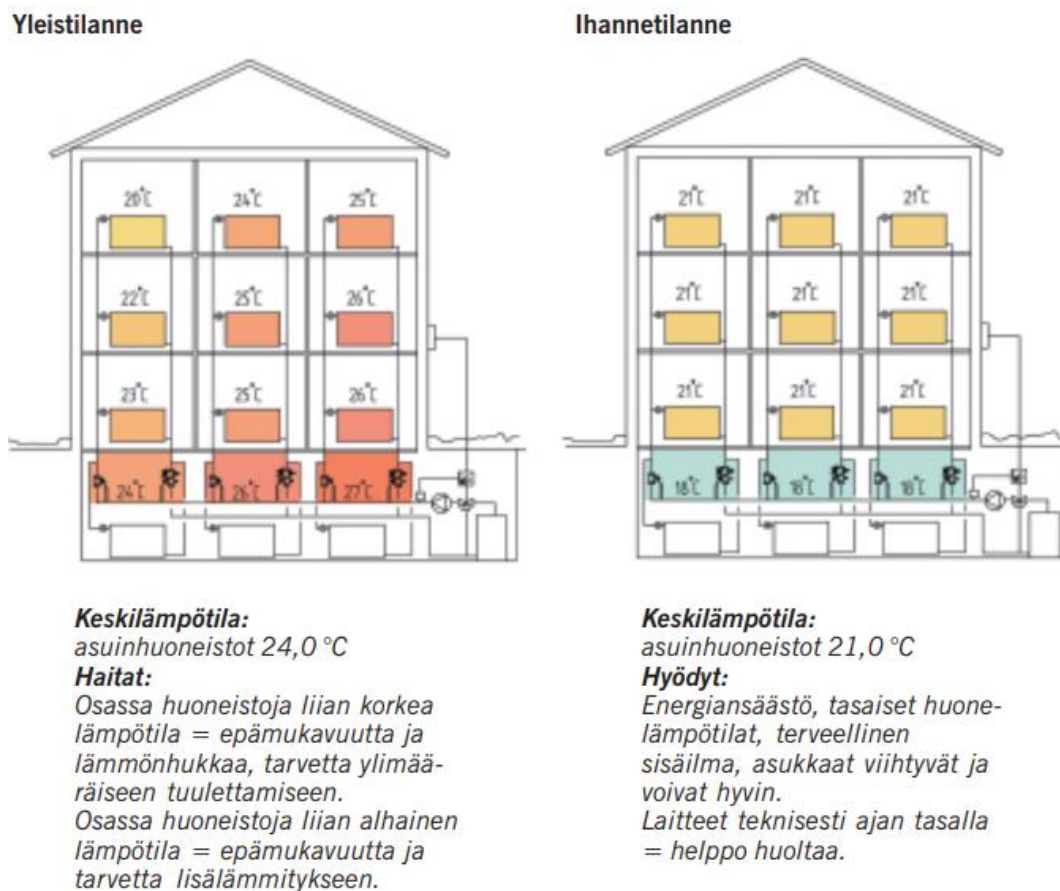
Ilmavirrat vaihtelevat asuntojen pinta-alasta riippuen välillä 36–47dm³/s. Huoneistoihin on ikkunoiden uusimisen yhteydessä vuonna 2017 lisätty korvausilmaventtiilit ikkunoihin. Kyseinen ilmanvaihtojärjestelmä vaatii suuria huonekohtaisia lämmitystehontarpeita, koska korvausilma otetaan suoraan ulkoilmasta.

Asuntojen ilmanvaihdon suunnittelussa on rakennusaikana käytetty Suomen rakentamismääräyskokoelman osaa D2 vuodelta 1978, joka sallii mitoituksessa ilmavirtojen puolittamisen, kun ulkoilman lämpötila on tämän kohteen tapauksessa –7 °C. (2, s. 12.)

3 LÄMMITYSVERKOSTON TASAPAINOTUS

Asuntojen lämmitys on asumisen suurimpia kustannuksia. Tästä syystä on erittäin tärkeää, että lämmitysjärjestelmä toimii moitteettomasti ja suunnitelmien mukaan, ilman turhaa yllämmitystä. Tärkeää on myös se, että lämmitysjärjestelmän teho riittää talven mitoituspakkasten aikana.

Lämmitysjärjestelmän epätasapaino saa aikaan turhaa energian tuhlausta sekä huonontaa asumisen olosuhteita. Tällöin osassa asuntoja kärsitään yllämmöstä ja tuuletetaan, kun taas osassa asuntoja palellaan (kuva 10). Oikein tasapainotettu lämmitysverkosto pitää huonelämpötilat tasaisina jokaisessa asunnossa, jolloin asumisen viihtyvyys paranee sekä voidaan aikaansaada jopa 10–15 %:n säästö energiankulutuksessa. (3, s. 3.)



KUVA 10. Rakennus jossa perussäätöä ei ole tehty oikein, ja rakennus jonka lämmitysjärjestelmä on säädetty asianmukaisesti (3, s. 4)

Arvioiden mukaan Suomen kaikkien rakennuksien lämmitysverkostoista noin 75 % on puutteellisesti tasapainotettu. Lisäksi on arvioitu, että näissä puutteellisesti säädetyissä rakennuksissa lämpötilaerot ovat keskimäärin enemmän kuin 3 °C. Kovinkaan poikkeuksellisia eivät ole edes lämpötilaerot, jotka ovat noin 6 °C. (4.)

Perussäädöllä voidaan vaikuttaa asumisviihtyvyyteen sekä asumisen terveellisyteen. Poistamalla yllilämpötiloja voidaan vähentää kuivan ilman ja pölyn tuomia ongelmia ja näin vaikuttaa allergiaoireisiin. Alilämpöisten tilojen poistamisella taas voidaan vaikuttaa huoneilman korkeaan suhteelliseen kosteuteen, joka aiheuttaa bakteeri- ja homeongelmia. (3, s. 4.)

3.1 Perussäädön suunnittelu

Lämmitysjärjestelmän perussäätö lähtee yleensä liikkeelle selvittämällä lämmitysjärjestelmän laitteiden ja komponenttien kunto. Tällä työvaiheella varmistetaan, että lämmitysjärjestelmään ei jää komponentteja, jotka ovat jo elinkaarensa loppupäässä, ns. heikkoja lenkkejä, ja että ei turhaan uusita laitteita, jotka kestävät vielä pitkään. (3, s. 5.)

Ennen varsinaisen suunnittelutyön aloittamista on hyvä selvittää kohteen mahdollisia ongelmia isännöitsijän ja asukkaiden kanssa. Myös sisälämpötilojen mitaus kannattaa tehdä tässä vaiheessa, jotta saadaan kartoitettua sen hetkinen tasapainotuksen tilanne.

Esivalmistelu- ja selvitysvaiheiden jälkeen suunnittelija voi aloittaa varsinaisen suunnittelutyönsä osuuden. Mikäli ilmavirrat ja lämmitystehontarpeet ovat pysyneet ennallaan, suunnittelija kartoittaa olemassa olevan lämmitysverkoston ja mallintaa sen tarkasti käytössä olevaan suunnitteluohjelmaan lisäten siihen uussittavat komponentit.

Suunnittelija syöttää huonekohtaiset lämmitystehontarpeet ohjelmaan ja tasapainottaa lämmitysjärjestelmän suunnitteluohjelmassa.

Ohjelma tekee painehäviölaskelmat, minkä jälkeen ohjelmasta saadaan painehäviöt, venttiilien säätöarvot, pumpun nostokorkeus ja virtaamat verkostolle.

3.2 Säädön toteutus

Kun suunnittelijalta on saatu tarvittavat dokumentit, voidaan varsinainen säätötyö aloittaa. Mallintamalla saadut säätöarvot asetetaan venttiileille ja linjakohtaiset virtaamat säädetään mittausten perusteella. Lopullinen huonekohtainen hienosäätö tehdään lämmityskauden aikana ulkolämpötilan ollessa alle -5 °C , jolloin saadaan luotettavimmat mittaustulokset. Olosuhteet rakennuksessa on oltava normaalit, ilmanvaihto toiminnassa ja oikein säädettyinä sekä ikkunat ja väliovet suljettuina. Huoneissa ei saa olla poikkeavia ulkoisia tai sisäisiä lämpökuormia. Onnistuneen säätötyön takaamiseksi olisi hyvä, jos ulkolämpötila olisi ollut tasainen vähintään yhden vuorokauden ajan ennen säätötyön aloitusta, eikä auringon säteilyä olisi.

(6, s. 6.)

Ennen säätötyötä on tärkeää, että asuntojen ilmanvaihtojärjestelmä on säädetty mitoitusarvoihin. Kun mitataan huonelämpötiloja, ilmanvaihdon käyntiasennon täytyy olla käyttötilannetta vastaava ja tuloilman lämpötilan täytyy olla mitoitusarvossa, jos rakennuksessa on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto. Poistoilmanvaihtojärjestelmässä poistoilmavirtojen täytyy olla käyttötilannetta vastaavat, ja ulkoilmaventtiilit pitää olla auki.

On myös erittäin tärkeää, että verkosto huuhdellaan perusteellisesti. Jos verkostossa on sakkaumia ja tukoksia, painehäviöt eivät vastaa suunniteltuja arvoja eikä tasapainotus voi käytännössä onnistua. Myös ennen kuin lämmitysverkoston virtaamia mitataan linjasäätöventtiileistä, tulee varmistua, että verkosto on ilmattu perusteellisesti. Yksi yleisimpiä syitä perussäädön epäonnistumiselle on puutteellinen huuhtelu sekä ilmaus verkostolle. (3, s. 7.)

Vesivirtojen perussäätö tehdään patteriventtiilien termostaattiosat irrotettuna, jolloin patteriventtiili ei huomioi mahdollisia lämpökuormia ihmisistä, auringosta, kodinkoneista tai valaistuksesta. Patteriventtiileihin ja linjasäätöventtiileihin asetetaan suunnitelmien mukaiset esisäätöarvot. Seuraavana mitataan linjasäätöventtiileistä vesivirrat ja tarvittaessa ne säädetään vastaamaan mitoitettuja arvoja. Tämän jälkeen mitataan kokonaisvirtaama pumpunsäätöventtiililtä, ja mikäli virtaama ei poikkea enempää kuin $\pm 10\%$, ei sitä tarvitse säätää.

Perussäädön jälkeen suoritetaan hienosäätö, joka aloitetaan säätämällä verkoston menoveden lämpötila säätökeskuksesta. Kun säätökäyrää muutetaan, on lämpötilojen annettava tasaantua vähintään kaksi vuorokautta. Yleisohje on, että kun lämmitysverkoston menoveden lämpötilaa muutetaan $2\text{...}3\text{ }^{\circ}\text{C}$, muuttuu huonelämpötila noin $1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Oikean säätökäyrän löydyttyä huonelämpötilat mitataan, ja mikäli ne poikkeavat enemmän kuin $\pm 1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, tasataan ensin patterikohtaisia virtaamia muuttamalla patteriventtiilien esisäätöarvoja. Tässä vaiheessa edetään varovaisesti, ja esisäätöarvoja muutetaan korkeintaan yksi asteikkoväli kerrallaan. Lämpötilojen annetaan jälleen tasaantua, ja noin 3 vuorokauden kuluttua muutoksesta suoritetaan huonelämpötilojen tarkistusmittaus.

Mikäli patteriventtiileiden esisäätöarvojen muutoksella ei saavutettu haluttua lopputulosta, on linjasäätöventtiilin vesivirtaa muutettava. Tällöin on tarkastettava ja tarvittaessa säädettävä koko verkoston linjasäätöventtiilien virtaamat.

Kun huonelämpötilat on saatu asettumaan haluttuihin arvoihin, voidaan patteriventtiilien termostaattianturit asentaa paikalleen. Termostaattiantureihin voidaan haluttaessa asettaa rajoitettu lämpötila-alue tai lukita se haluttuun arvoon.

Mittaustuloksista ja säätöarvoista tehdään pöytäkirja, johon merkitään säätämisaikankohta, mitoitustilanteen ulkolämpötila, verkoston meno- ja paluueden lämpötilat, huonelämpötilat sekä linjasäätö- ja patteriventtiilien esisäätöarvot. (6, s. 6–7.)

4 TASAPAINOTUSTYÖN SUUNNITTELU

As Oy Voimatupoksen lämmitysjärjestelmän tasapainotussuunnitelma aloitettiin tekemällä huonekohtaiset lämpötilamittaukset asunnoista, jotta lähtötilanne saatiin kartoitettua. Mittauksessa havaittiin, että lämmitysverkosto on epätasapainossa. Osassa asuntoja sisälämpötilat olivat korkeimmillaan jopa 25 °C ja matalimmillaan noin 21 °C, joka vastaa normaalia asunnon sisälämpötilaa. Mittauksesta laadittiin mittauspöytäkirja, joka on liitteenä 2.

4.1 Ilmavirtojen määrittäminen

Koska taloyhtiön rakennuksissa haluttiin saada aikaan säästöä energiakustannuksissa, päädyttiin tilaajan pyynnöstä tarkastelemaan myös asuntojen ilmavirtoja. Liian suuret ilmavirrat aiheuttavat suuria lämpöhäviöitä, koska kohteessa ei ole lämmöntalteenotolla varustettua ilmastointijärjestelmää eli poistoilma puhalletaan ulos huippuimureilla ja korvausilma otetaan suoraan ulkoilmasta. Myös liian pieniä ilmavirtoja huoneistoissa haluttiin välttää, koska se aiheuttaa tunkkaisuutta ja mahdollisesti kosteusongelmia.

Rakennusten huonekohtaisten ilmavirtojen määrittämisessä käytettiin Suomen rakentamismääräyskokoelman osaa D2 vuodelta 1978, koska tämä on ollut taloyhtiön rakennusaikana voimassa oleva ohje. Tässä rakentamismääräyksen osassa on taulukoituna ohjearvoja huonekohtaisten ilmavirtojen määrittämiseen. (2, s. 4.)

Asuntojen ilmavirroista luotiin taulukko Excelillä, ja ne vaihtelevat asunnon koosta riippuen välillä 36–47 dm³/s (taulukko 1). Taulukossa näkyy myös korvausilman aiheuttama ilmavirta, joka on merkitty taulukkoon tuloilmana. Tarkastelussa ei havaittu tarvetta muuttaa alkuperäisiä suunnitteluarvoja.

TAULUKKO 1. Asuntojen ilmapirrat

Talo A					Talo B				
As.1					As.5				
Huone	m2	poisto [dm ³ /s]	tulo [dm ³ /s]	1/h	Huone	m2	poisto [dm ³ /s]	tulo [dm ³ /s]	1/h
OH	15,0		2,4	1,1	OH	13,0		2,3	1,0
MH	12,0		2,4		MH	14,0		2,3	
K	12,0	12	2,4		K	6,0	12	2,3	
ET	6,5		2,4		ET	5,0		2,3	
TK	2,0		2,4		TK	1,0		2,3	
PH	4,0	16	2,4		PH	5,5	16	2,3	
S	2,5	5	2,4		S	2,5	5	2,3	
VH	3,0	3	2,4		VH	3,0	3	2,3	
WC	2,0	8	2,4						
	59,0	44,0	22,0			50,0	36,0	18,0	
As.2					As.6				
Huone	m2	poisto [dm ³ /s]	tulo [dm ³ /s]	1/h	Huone	m2	poisto [dm ³ /s]	tulo [dm ³ /s]	1/h
OH	15,5		2,4	1,1	OH	15,5		2,4	1,1
MH	12,5		2,4		MH	12,5		2,4	
K	12,0	12	2,4		K	12,0	12	2,4	
ET	6,5		2,4		ET	6,0		2,4	
TK	2,0		2,4		TK	2,0		2,4	
PH	4,0	16	2,4		PH	4,0	16	2,4	
S	2,5	5	2,4		S	2,5	5	2,4	
VH	3,0	3	2,4		VH	2,5	3	2,4	
WC	2,0	8	2,4		WC	2,0	8	2,4	
	60,0	44	22,0			59,0	44	22,0	
As.3					As.7				
Huone	m2	poisto [dm ³ /s]	tulo [dm ³ /s]	1/h	Huone	m2	poisto [dm ³ /s]	tulo [dm ³ /s]	1/h
OH	15,5		2,4	1,1	OH	15,5		2,4	1,1
MH	12,5		2,4		MH	12,5		2,4	
K	11,5	12	2,4		K	12,0	12	2,4	
ET	6,5		2,4		ET	6,0		2,4	
TK	2,0		2,4		TK	2,0		2,4	
PH	3,5	16	2,4		PH	4,0	16	2,4	
S	2,5	5	2,4		S	2,5	5	2,4	
VH	3,0	3	2,4		VH	2,5	3	2,4	
WC	2,0	8	2,4		WC	2,0	8	2,4	
	59,0	44	22,0			59,0	44	22,0	
As.4					As.8				
Huone	m2	poisto [dm ³ /s]	tulo [dm ³ /s]	1/h	Huone	m2	poisto [dm ³ /s]	tulo [dm ³ /s]	1/h
OH	12,5		2,3	1,0	OH	15,0		2,1	0,9
MH	14,0		2,3		MH1	12,5		2,1	
K	6,0	12	2,3		MH2	10		2,1	
ET	5,0		2,3		K	13,0	12	2,1	
TK	1,0		2,3		ET	11,0		2,1	
PH	6,0	16	2,3		TK	2,0		2,1	
S	2,5	5	2,3		PH	4,0	16	2,1	
VH	3,0	3	2,3		S	2,5	5	2,1	
	50,0	36	18,0		WC	2	8	2,1	
					VH	2,0	3	2,1	
					VH	3	3	2,1	
						77,0	47	23,5	

4.2 U-arvojen laskenta

Jotta rakennusten huonekohtaiset lämpöhäviöt saadaan laskettua, täytyy rakenteiden lämmönläpäisykerroimet eli U-arvot olla selvillä. Tämän kohteen tapauksessa ne eivät olleet tiedossa eivätkä ne olisi olleet käyttökelpoisiakaan, sillä osassa rakenteita on lämmöneristystä lisätty. Tästä johtuen täytyi U-arvot laskea

vastaamaan tämän hetkistä tilannetta. Laskennassa täytyy olla mukana rakennusosien leikkauskuvat taikka tarkka tieto, miten rakennusosat on tehty, jotta laskenta onnistuu.

Lämmönläpäisykertoimella tarkoitetaan lämpövirran tiheyttä, joka jatkuvuustilassa läpäisee rakennusosan, kun lämpötilaero rakennusosan eri puolilla olevien ilmatilojen välillä on yksikön suuruinen. U-arvo saadaan koko rakenteen yhteenlasketun lämmönvastuksen R käänteisluvusta, kaavalla 1. (7, s. 3–4.)

$$U = \frac{1}{R_T} \quad \text{KAAVA 1}$$

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

R_T = rakennusosan kokonaislämmönvastus ympäristöstä ympäristöön, $(m^2 \cdot K)/W$

Lämmönvastusluku R ilmoittaa termisessä jatkuvuustilassa olevan tasapaksun ainekerroksen tai kerroksellisen rakenteen eri puolella olevien isotermisten pintojen lämpötilaeron ja ainekerroksen läpi kulkevan lämpövirran tiheyden suhteen. Kun rakennusosan ainekerrokset ovat tasapaksuja ja tasa-aineisia, ja lämpö siirtyy kohtisuoraan näihin ainekerroksiin, voidaan rakennusosan kokonaislämmönvastus R_T laskea kaavalla 2. (7, s. 3–4.)

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_g + R_b + R_{q1} + R_{q2} + \dots + R_{qn} + R_{se} \quad \text{KAAVA 2}$$

$$R_1 = \frac{d_1}{\lambda_1}, R_2 = \frac{d_2}{\lambda_2}, R_n = \frac{d_n}{\lambda_n}$$

d_1, d_2, \dots, d_n = ainekerroksen 1, 2, ..., n paksuus, m

$\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ = ainekerroksen 1, 2, ..., n lämmönjohtavuus, $W / (m \cdot K)$

R_g = rakennusosassa olevan ilmakerroksen lämmönvastus, $(m^2 \cdot K) / W$

R_b = maan lämmönvastus

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

$R_{si} + R_{se}$ = sisä- ja ulkopuolisten pintavastusten summa

Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa C4 on taulukoituna eri rakennusaineiden lämmönjohtavuudet sekä määritelty eri lämmönvastuksien arvot (7, s. 10–17).

U-arvot voidaan laskea myös suunnitteluohjelmilla. Ohjelmaan mallinnetaan rakennusosat rakenneaineineen ja näin saadaan tarvittavat lämmönläpäisykertoimet lämpöhäviölaskelmaa varten. Tässä työssä laskelmat kuitenkin tehtiin käyttäen Excel-ohjelmaa. Alla olevassa taulukossa on laskettu ulkoseinän U-arvo eristeen ja runkopuun kohdalta sekä näiden keskimääräinen U-arvo (taulukko 2).

TAULUKKO 2. Ulkoseinän U-arvon laskenta eristeen, ja runkopuun kohdalta

rak	mat	d	λ	R
US				
	R _{si}			0,13
	kipsilevy	0,013	0,23	0,06
	höyrysulku			0,04
	min.villa	0,125	0,055	2,27
	tuulensuoja	0,05	0,055	0,91
	R _{se}			0,04
		0,188	ΣR	3,45
			U	0,29
rak	mat	d	λ	R
US				
	R _{si}			0,13
	kipsilevy	0,013	0,23	0,06
	höyrysulku			0,04
	puu	0,125	0,12	1,04
	tuulensuoja	0,05	0,055	0,91
	R _{se}			0,04
			ΣR	2,22
			U	0,45
			keskim. U	0,30

4.3 Lämpöhäviöiden laskenta

Asuntojen huonekohtaiset lämpöhäviöt laskettiin käyttäen Cads Hepac ohjelmaa, jossa on sisäänrakennettu toiminto lämpöhäviöiden laskentaan. Ennen kuin laskenta voidaan aloittaa, täytyy ohjelmaan antaa tarvittavat projektitiedot (kuva 11). Näitä tietoja ovat rakenteiden U-arvot, tuloilman lämpötila, sekä säävyöhyke jo-

hon rakennus sijoittuu, jotta paikkakunnan mitoittava ulkoilman lämpötila saadaan laskentaan mukaan. Vuotoilmakerrointa ei määritetty projektitietoihin koska vuotoilman määrä laskettiin rakennusvaipan ilmanvuotoluvun q_{50} avulla. Vuotoilman laskenta esitetään myöhemmin luvussa 4.3.3.

Tila, projektitiedot

Rakenteet, oletusarvot

Seinä:	US1 (Ulkoseinä ; 300 ; 0.3)	Seinät...
Ikkuna:	IKKUNA1 (1.0)	Ikkunat...
Ovi:	OVI1 (1.0)	Ovet...
Alapohja:	AP1 (Maanvarainen ; 0.17)	Alapohjat...
Yläpohja:	YP1 (Ulkoilmaa vasten ; 495 ; 0.11)	Yläpohjat...
Kattoikkuna:	KI1 (1.0)	Kattoikkunat...

Lämpöhuviolisätiedot

Ulkolämpötila: III Jyväskylä-Luonetjärvi, -32°C -32 °C

Vuoden keskimääräinen ulkoilman lämpötila: 3.2 °C

Vuotoilmakerroin: VI_ (0.2) Kertoimet...

Tuloilman lämpötila: TI_ (-32) Lämpötilat...

Seinien esitystapa

Esitä ulkoseinät ja hirsiseinät leveällä viivalla

OK Peruuta Ohje

KUVA 11. Rakennuksen projektitiedot CADs Hepac -ohjelmassa

4.3.1 Sävyöhykkeet

Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D3 on Suomi jaettu neljään sävyöhykkeeseen (kuva 12). Jokaiselle sävyöhykkeelle on myös annettu omat mi-

toittavat ulkoilman lämpötilat. (8, s. 29.) Tämän työn kohteen sijoituessa säävyöhykkeelle 3 käytettiin laskennassa mitoittavana ulkoilman lämpötilana –32 °C:ta.



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 12. Säävyöhykkeet sekä mitoittavat ulkoilman lämpötilat (8, s. 29)

4.3.2 Korvausilma

Laskennassa täytyy huomioida myös tuloilman lämmittämisen tarvitsema teho. As Oy Voimatupoksen tapauksessa koneellista tuloilmaa ei varsinaisesti ole, vaan kyseessä on koneellinen poistoilmanvaihtojärjestelmä, jossa korvausilma otetaan ikkunoihin asennettujen korvausilmaventtiileiden kautta.

Tässä laskennassa korvausilma merkittiin tuloilmana laskentaohjelmaan, jonka lämpötilaksi annettiin paikkakunnan mitoittava ulkolämpötila $-32\text{ }^{\circ}\text{C}$. Voidaan ajatella, että korvausilmavirran määrä on yhtä suuri kuin poistoilmavirran määrä puoliteholla. Huonekohtainen korvausilman määrä saatiin jakamalla asunnon puolitehoinen poistoilmavirta huoneiden lukumäärällä.

4.3.3 Vuotoilma

Vuotoilma on rakennuksien epätiiviyksien kautta virtaavaa ilmavirtaa. Vuotoilmanvaihto aiheutuu tuulen sekä lämpötilaerojen synnyttämistä paine-eroista. Vuotoilman määrään vaikuttavat rakennustapa, ilmanvaihtojärjestelmä sekä sen käyttö.

Vuotoilmavirta lasketaan rakennusvaipan ilmavaihtoluvun q_{50} avulla. Tällä ilmanvaihtoluvulla tarkoitetaan rakennusvaipan keskimääräistä vuotoilmavirtaa yhden tunnin aikana rakennusvaipan neliometriä kohden, paine-eron ollessa 50 Pa. Olemassa olevan rakennuksen ilmanvuotoluku voidaan selvittää mittaamalla, suunnitelmista tai rakennuksen ajantasaisista asiakirjoista.

Mikäli rakennusvaipan ilmanvuotolukua q_{50} ei kuitenkaan voida selvittää, se voidaan laskea kaavalla 3 (9, s. 11).

$$q_{50} = \frac{n_{50}}{A_{vaippa}} \times V$$

KAAVA 3

q_{50} = rakennusvaipan ilmanvuotoluku 50 Pa:n paine-erolla, $\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$

n_{50} = rakennuksen ilmanvuotoluku 50 Pa:n paine-erolla, l/h

A_{vaippa} = rakennusvaipan pinta-ala (alapohja mukaan luettuna), m^2

V = rakennuksen tilavuus, m^3

Ympäristöministeriön asetuksessa 1048/2017 on taulukko, jossa on annettu ilmanvuotoluku n_{50} eri aikakausien rakennuksille (taulukko 3) (9, s. 11).

TAULUKKO 3. Rakennusvaipan ja rakennuksen ilmanvuotoluvut (9, s. 11)

Rakennusluvan vireilletulovuosi	- 1969	1969-	1976-	1978-	1985-	10/2003-	2008-	2010-	2012-2018-
Rakennuksen ilmanvuotoluku n_{50}	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	4,0	4,0	4,0	
Rakennusvaipan ilmanvuotoluku q_{50}									4,0

4.3.4 Lämpöhäviölisätiedot

Kun tarvittavat projektitiedot oli annettu ja korvausilman sekä vuotoilman määrä laskettu, aloitettiin varsinainen lämpöhäviöiden laskenta. Ohjelmaan tuotiin rakennusten pohjakuvat pdf-muodossa, ja pohjakuvien päälle määritettiin tilojen rajat, joihin laskenta suoritettiin.

Tilan rajoja määritettäessä ohjelmalle kerrotaan kyseessä oleva rakennusosa. Kun rajat on määritetty, aukeaa ikkuna, johon syötetään tilan tiedot (kuva 13).

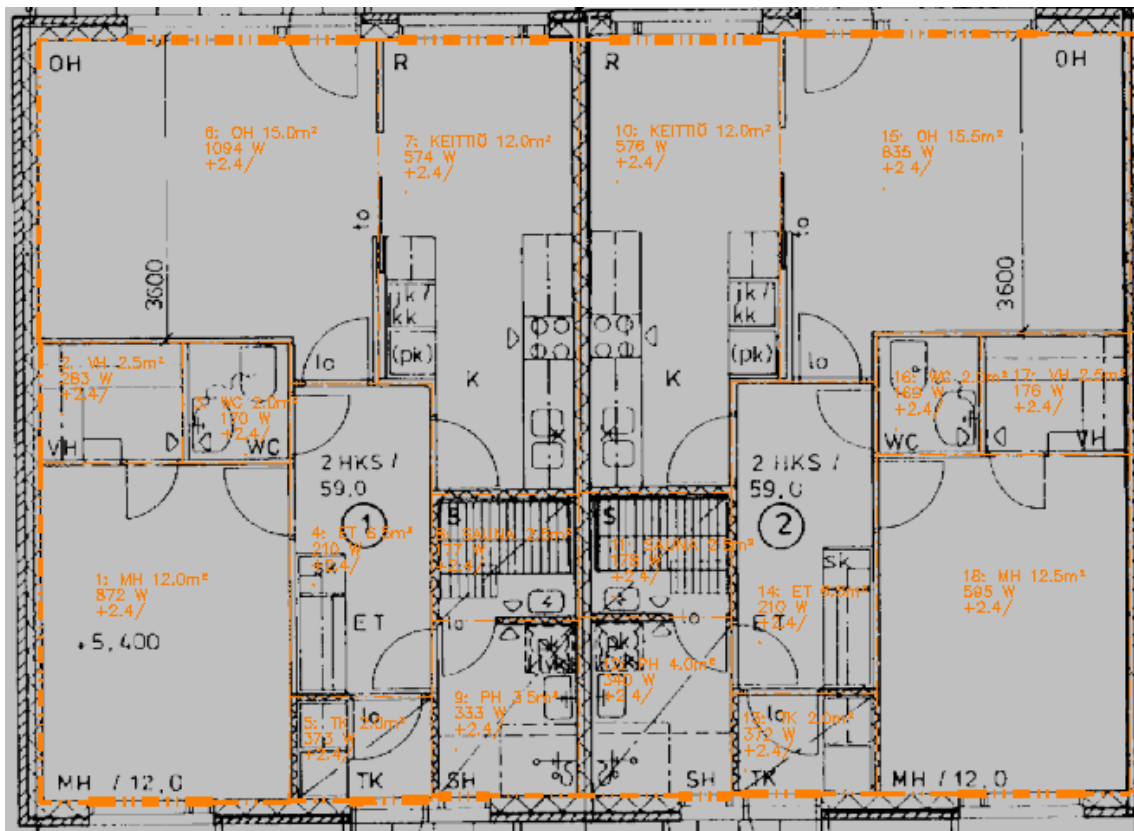
The screenshot shows the 'Tila' configuration window in Cadsin. The 'Yleistiedot' section includes fields for 'Tilan ID:', 'Numero: 1', 'Nimitys: MH', and 'Huoneisto: 1'. The 'Tilan korko ja korkeus (mm)' section has 'Lattiakorko:' set to 0 mm and 'Tasakorkuinen, korkeus:' set to 2500 mm. The 'Tilan yläpohja' section shows 'YP1 (Ulkoilmaa vasten ; 495 ; 0.11)'. The 'Tilan alapohja' section shows 'AP1 (Maanvarainen ; 0.17)'. The 'Tilan geometria- ja tilastotiedot' section lists: 'TASAKORKEA TILA, KORKEUS = 2500', 'Ylätason normaalin suunta 0,0,-1', 'Piste ylätasolta 9425,10975,2500', 'PINTA-ALA = 12,0 m²', 'TILAVUUS = 30,0 m³', 'ILMATILAVUUS = 30,0 m³', and 'PIIRI = 14050 mm'. The 'Lämpöhäviölisätiedot' section shows 'Sisälämpötila: 22 °C', 'Tuloilma: 2,4 l/s', 'Tuloilmalämpötila: TL_ (-32)', 'Lämmittin-/jäähdytinteho: 0 W', 'Vuotoilma' checked, 'Kerroin: VI_ (0,2)', 'Q50: 5,5 m³/(h·m²) X: 35, 1 kerros', and 'Lämpöhäviökerroin: 1,2' resulting in 'Lämpöhäviö: 872 W'.

KUVA 13. Tilan tiedot Cadsin lämpöhäviölaskennassa

Lämpöhäviölaskennassa käytettiin rakennuksen sisälämpötilana 22 °C:ta, koska kyseessä on vanha rakennus. Suositeltu 21 °C olisi todennäköisesti hieman alhainen lämpötila kyseiselle rakennukselle.

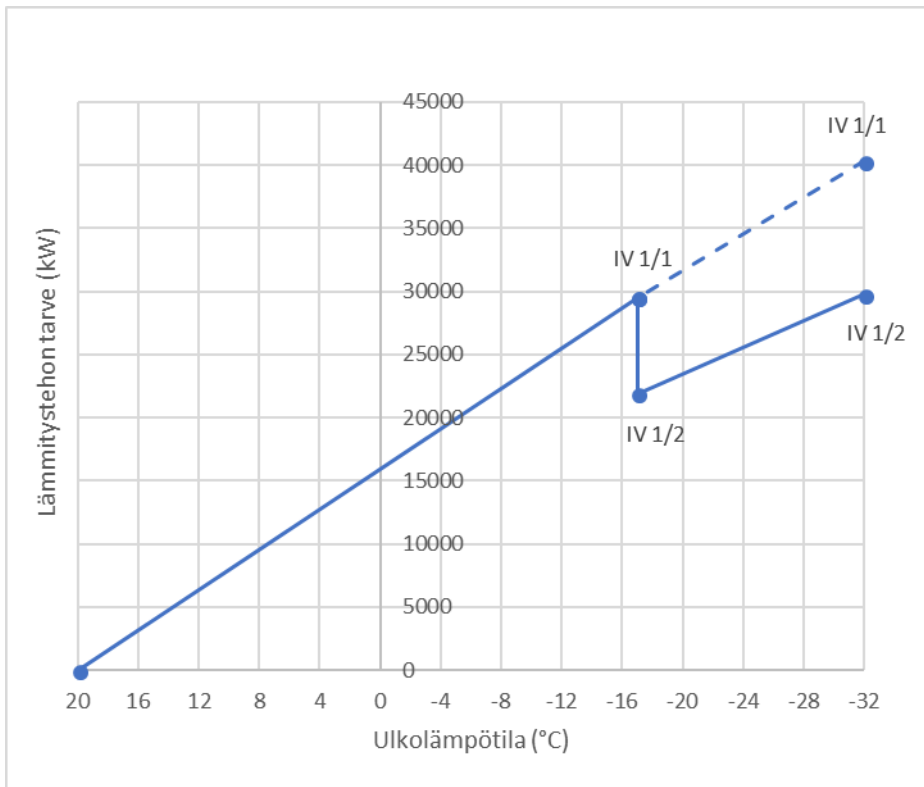
Cadsin lämpöhäviölisätietoihin (kuva 13) määritettiin myös rakennuksen kerrosten lukumäärä sekä lämpöhäviökerroin. Nurkkahuoneiden lämpöhäviökertoimenä käytettiin lukua 1.2, huoneille, jotka rajoittuvat yhteen ulkoseinään, käytettiin kertoimenä lukua 1.1 ja huoneille, jotka rajoittuvat väliseinien sisään, käytettiin kertoimenä lukua 1.

Kun kaikki tarvittavat tiedot on syötetty Cadsin lämpöhäviölisätietoihin, antaa ohjelma lasketut lämpöhäviöt watteina, ja ne siirtyvät pohjakuvaan. Pohjakuvassa näkyy myös huoneen numero, tunnus, pinta-ala sekä tuloilmavirta (kuva 14).



KUVA 14. Huonekohtaiset lämpöhäviöt Cads Hepac -ohjelmassa

Laskennassa saatiin rakennuksien yhteenlasketuksi lämmitystehontarpeeksi noin 30 kW, kun ilmanvaihto on puolitetuna. Alla olevassa kaaviossa näkyy lämmitystehontarve eri ulkoilman lämpötiloissa, ja kun ilmanvaihto puolitetaan lämpötilan ollessa $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$ (kuva 15).



KUVA15. Lämmitystehontarve eri tilanteissa

4.4 Lämmitysverkoston kartoitus

Mallinnettaessa lämmitysverkostoa on erittäin tärkeää saada tarkka tieto siitä, kuinka olemassa oleva verkosto on toteutettu, jotta ohjelma kykenee laskemaan painehäviöt todellisuutta vastaaviksi. Seuraavana tehtävänä olikin tutustua kohteen vanhoihin suunnitelmiin sekä kartoittaa lämmitysverkostoa paikan päällä kohteessa. Koska suuri osa verkostoa on rakenteiden takana piilossa tai kotelointuna, olisi tarkka kartoitus vaatinut rakenteiden avaamista taikka kotelointien pur-

kamista. Siihen ei kuitenkaan ryhdytty, vaan piilossa olevien verkoston osien kohdalla luotettiin siihen, että ne on toteutettu suunnitelmien mukaisesti. Ainoastaan näkyvillä olevia verkoston osia verrattiin vanhoihin suunnitelmiin.

4.4.1 Vanhat patterit

Koska kohteen vanhat Högforsin valmistamat radiaattorit oli tarkoitus säilyttää, täytyi varmistaa, että kyseisten pattereiden lämmönluovutustehot riittävät vastaamaan laskettuja lämpöhäviöitä. Tähän käytettiin apuna Högforsin vanhaa esitettä vuodelta 1986. Esitteessä on taulukoituna lämmönluovutustehoja eri patterimalleille (kuva 16). (10.)

Högfors-radiaattorit

Lämmönluovutus $W \Delta t 40$ (esim. 70...50/20)

Δt = radiaattorin keski-lämpötilan ja huonelämpötilan ero.

PITUUS mm	Korkeus ja malli																			
	300					400					500					600				
	P	K	PP	KP	KK	P	K	PP	KP	KK	P	K	PP	KP	KK	P	K	PP	KP	KK
600	170	240	280	370	450	220	310	360	480	580	270	380	440	580	700	320	450	520	680	810
800	220	320	370	500	610	290	410	480	640	770	350	510	590	780	930	420	600	700	910	1080
1000	280	400	470	620	760	360	520	610	800	960	440	630	740	970	1160	530	750	870	1140	1350
1200	330	480	560	750	910	430	620	730	960	1160	530	760	890	1170	1390	630	890	1050	1370	1620
1400	390	560	650	870	1060	500	720	850	1120	1350	620	880	1040	1360	1620	740	1040	1220	1600	1890
1600	440	630	750	1000	1210	580	820	970	1280	1540	710	1010	1190	1560	1850	840	1190	1400	1820	2160
1800	500	710	840	1120	1360	650	930	1090	1440	1730	800	1140	1330	1750	2090	950	1340	1570	2050	2430
2000	550	790	940	1250	1520	720	1030	1210	1600	1925	890	1260	1480	1950	2320	1050	1490	1750	2280	2700
2200	610	870	1030	1370	1670	790	1130	1330	1760	2120	980	1390	1630	2140	2550	1160	1640	1920	2510	2970
2400	660	950	1120	1500	1820	860	1240	1450	1920	2310	1060	1520	1780	2330	2780	1260	1790	2090	2740	3230
2600	720	1030	1220	1620	1970	940	1340	1580	2080	2500	1150	1640	1930	2530	3010	1370	1940	2270	2960	3500
2800	770	1110	1310	1750	2120	1010	1440	1700	2240	2700	1240	1770	2070	2720	3240	1470	2090	2440	3190	3770
3000	830	1190	1400	1870	2270	1080	1550	1820	2400	2890	1330	1900	2220	2920	3480	1580	2240	2620	3420	4040

KUVA 16. Högfors pattereiden lämmönluovutustehot

Jotta lämmönluovutusteho voitiin tarkistaa, täytyi ensin laskea radiaattorin keskilämpötilan ja huonelämpötilan ero Δt kaavalla 4.

$$\Delta t = \frac{t_m + t_p}{2} - t_s$$

KAAVA 4

Δt = radiaattorin keskilämpötilan ja huonelämpötilan ero, °C

t_m = patteriverkoston menoveden lämpötila, °C

t_p = patteriverkoston paluueden lämpötila, °C

t_s = huoneen sisälämpötila, °C

$$\Delta t = \frac{70\text{ °C} + 50\text{ °C}}{2} - 20\text{ °C}$$

$$\Delta t = 40\text{ °C}$$

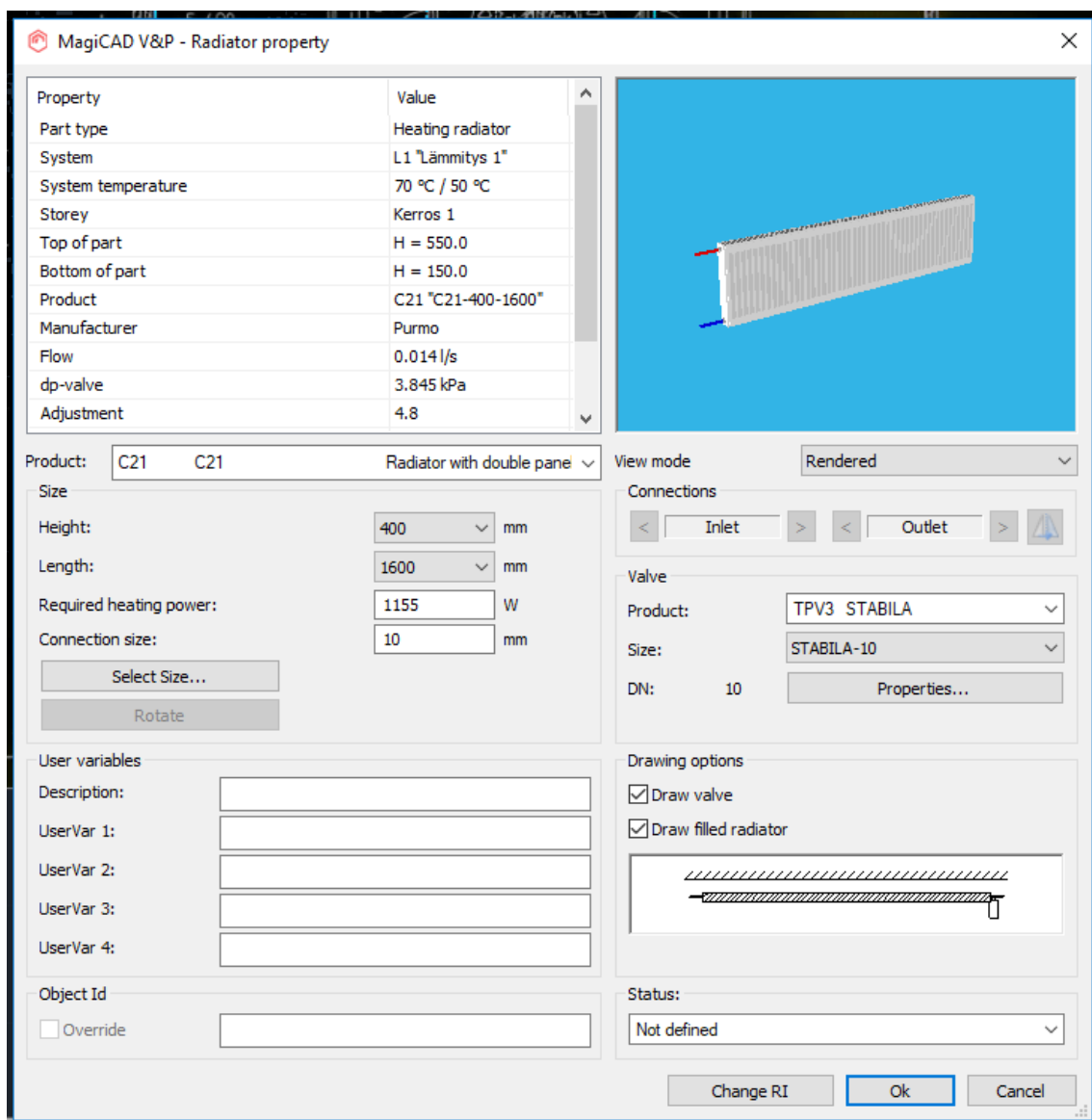
As Oy Voimatupoksen tapauksessa lämmitysverkoston menoveden lämpötilana käytettiin 70 °C:ta ja paluueden lämpötilana 50 °C:ta. Huonelämpötilana käytettiin 20 °C:ta Högforsin ohjeen mukaisesti, vaikka nykyään yleisemmin käytetään 21 °C:ta. Kaavalla 4 lämpötilaeroksi saatiin 40 °C.

Koska lasketulle lämpötilaerolle oli taulukko valmiina, ei lämmönluovutustehon määrittämiseen tarvitse käyttää muuntokerrointa vaan se nähdään suoraan kyseiselle lämpötilaerolle tarkoitetusta taulukosta (kuva 16).

Esimerkkinä a-talon erään asunnon makuuhuoneen laskettu lämpöhäviö on 595 W. Kyseisen huoneen patteri on 1400-400-PP-mallinen radiaattori. Taulukosta (kuva 16) nähdään, että kyseisen radiaattorin lämmönluovutusteho on 850 W, joten radiaattori kykenee helposti lämmittämään huoneen.

4.4.2 Verkoston mallinnus

Lämmitysverkoston mallinnus tehtiin käyttäen MagiCad-ohjelmaa, joka on ehkä yleisimmin käytetty ohjelma LVI-suunnittelussa. Vanhat piirustukset skannattiin ja tuotiin ohjelmaan referenssikuvana pdf-muodossa. Referenssikuvan päälle mallinnettiin verkosto ja tuotiin patterit Radiator selection -valikosta (kuva 17). Valikossa määritetään tarvittava lämmitysteho sekä huonelämpötila, jolloin ohjelma laskee valitun patterin lämmönluovutustehon sekä veden virtaaman patterin läpi.



KUVA 17. MagiCad radiator selection -valikko

Pattereiden lämmitystehon määrittämisessä kiinnitettiin huomiota pienien pattereiden vesivirtaan. Jotta patteriventtiili toimisi optimaalisesti, tulisi patterin vesivirran olla vähintään 10l/h. Niiden pattereiden osalta, joiden virtaama jäi alle tämän, tehoa oli nostettava, jotta tarvittava virtaama saatiin aikaiseksi. Pienellä virtaamalla venttiilin säätövyvyys on huono. Tämä ehkäisee myös liian pienien esisäätöarvojen syntyä. Pienellä esisäätöarvolla patteriventtiilin virtausaukko on erittäin ahdas, ja on näin ollen altis tukkeentumiselle. Käytännössä tehon lisäys toteutettiin niin, että suurempien pattereiden tehoa vähennettiin ja lisättiin tehoa pienimmille. Patteriventtiileiksi valittiin Danfoss RA-N -patteriventtiilit ja linjasäätöventtiileiksi TA Stad -säätöventtiilit.

Komponenttien valinnan jälkeen tehtiin tasapainotus, jolloin ohjelma laskee verkoston painehäviöt ja vesivirrat sekä antaa esisäätöarvot patteriventtiileille ja linjasäätöventtiileille. Tätä ennen lukittiin putkikoot, jotta ohjelma ei muuta niitä mitoituksessa.

Koska kyseessä oli rivitalo, jossa on kaksi erillistä rakennusta, täytyi myös rakennusten linjasäätöventtiilit tasapainottaa keskenään. Tämä tehtiin piirtämällä asemakaavakuvaan runkoverkostot linjasäätöventtiileineen ja asettamalla näiden runkojen päihin virtaamaliitokset connect node -käskyllä. Näille virtaamaliitoksille annettiin rakennusten mitoitettu teho ja painehäviö. Tällä tavoin ohjelma kykenee mitoittamaan verkoston yhtenä kokonaisuutena ja tasapainottaa rakennukset keskenään.

4.5 Lämmitysverkoston epäpuhtaudet

Työn tilaajan pyynnöstä tutkittiin myös lämmitysverkostoon asennettavan suodatimen tarvetta ja hyötyä. Koska kyseessä on vanha verkosto, se luultavasti pitää sisällään toimintaa haittaavan määrän epäpuhtauksia korroosion vaikutuksen vuoksi.

Korroosiota syntyy putkistoissa veteen pääsevän hapen vuoksi. Syitä tähän ovat korjaus- ja huoltotyöt, joissa verkostoon lisätään happipitoista vettä, sekä myös-

kin liitososat putkistossa, jotka päästävät hapetta verkostoon pienissä määrin. Happi pääsee liitososien läpi veteen, koska hapen osapaine verkostovedessä on pienempi kuin hapen osapaine ympäröivässä ilmassa.

Korroosiolla lämmitysverkostossa on useita esiintymismuotoja. Se voi olla piste-
mäistä, tasaista, eroosiosta johtuvaa tai galvaanista. Korroosion aiheuttamaa ir-
toainesta hilseilee kiertävän veden sekaan jatkuvasti muodostaen kerrostumia
putkiston, pattereiden sekä lämmönvaihtimien seinämiin (kuva 18). Kerrostumia
syntyy eniten kohtiin, joissa veden virtaus hidastuu. Näitä kohtia ovat esimerkiksi
pienten pattereiden kytkentäjohtot, joissa on alhainen virtausnopeus. Tällaiset
kytkentäjohtot voivat jopa saostua tukkoon.



KUVA 18. Kerrostumaa putken seinässä (11)

4.5.1 Verkoston huuhtelu

Lämmitysverkostoon asettunutta sakkaa ei saada poistettua suodatinlaitteen avulla. Suodatinlaite suodattaa vain veden mukana kulkevan irtoaineksen. Sakan poistamiseksi täytyy koko verkosto puhdistaa menetelmällä, jossa sakka pakotetaan liikkeelle käyttäen veden suurta virtausnopeutta. (11.) Näitä menetelmiä ovat mm. sykehuuhtelu ja kavitaatiopesu.

Sykehuuhtelussa lämmitysverkoston pumpun tilalle asennetaan laite, joka syöttää vettä ja ilmaa suurella nopeudella verkostoon pulsseittain (kuva 19). Menetelmä on tehokas ja ei aiheuta asukkaille suurta häiriötä, koska laite sijoitetaan lämmönjakohuoneeseen huuhtelun ajaksi. (12.)

Kavitaatiopesussa hyödynnetään kavitaatiosta syntyviä pieniä kavitaatiokuplia, jotka irrottavat likaa. Menetelmä toimii muilta osin samalla tavalla kuin sykehuuhtelu, eli laite voidaan sijoittaa lämmönjakohuoneeseen lämmitysverkoston pumpun tilalle, jolloin ei aiheudu suurta häiriötä asukkaille. (13.)

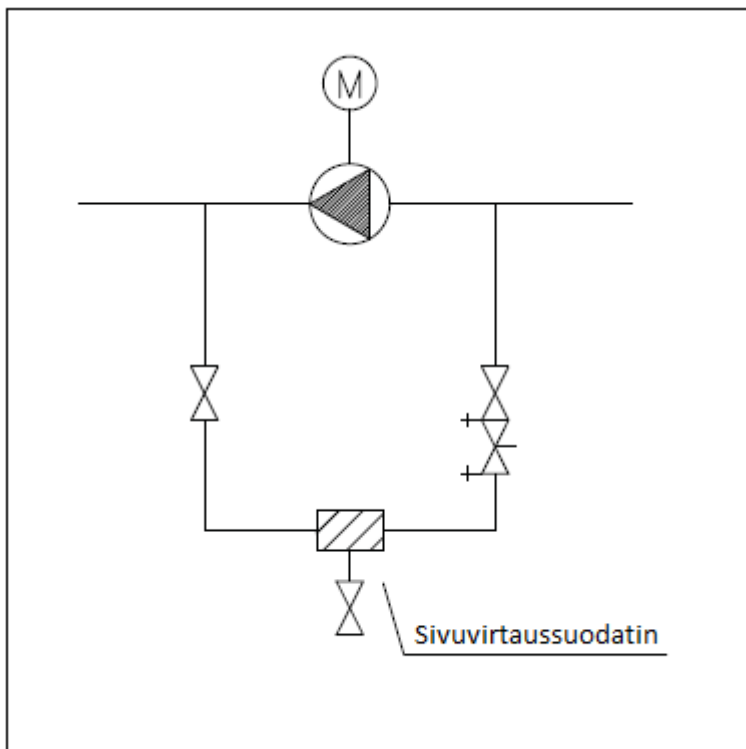


KUVA 19. Sykehuuhtelulaite (12)

4.5.2 Lämmitysverkoston suodatin

Lämmitysverkostoon asennettavia suodattimia on markkinoilla monenlaisia. Niistä yleisimmin käytettyjä ovat sivuvirtaussuodatin ja magneettisuodatin.

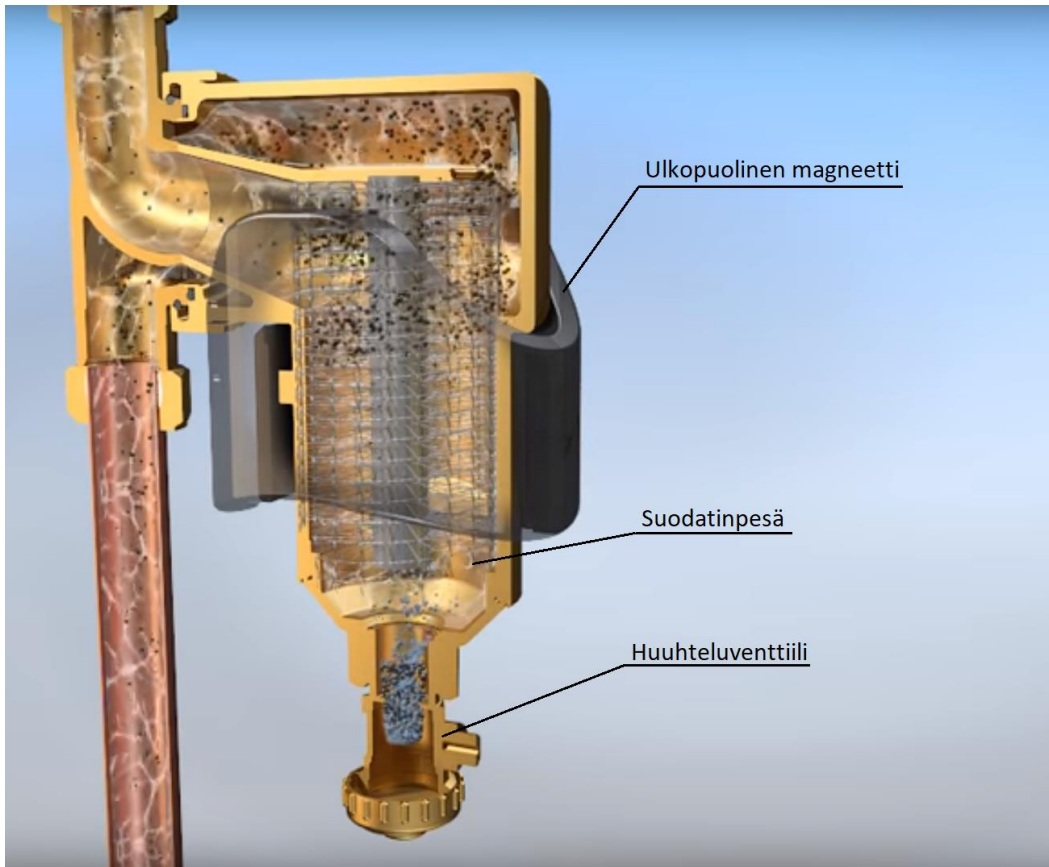
Sivuvirtaussuodattimessa on suodatinsäiliö sekä siihen asennettava suodatinpatruuna. Sen etu on syväsuodatus, joten se suodattaa pienimmätkin partikkelit mutta toisaalta, se aiheuttaa suuremman painehäviön verrattuna magneettisuodattimeen. Suodatinpatruuna on kertakäyttöinen ja vaatii vaihtamista uuteen säännöllisin väliajoin. Sivuvirtaussuodatin asennetaan erilliseen sivuyhteeseen pumpun rinnalle ja sinne ohjataan vain 3–5 % verkoston virtaamasta, tämä on kuitenkin pois verkoston virtaamasta (kuva 20). (14.)



KUVA 20. Sivuvirtaussuodattimen asennus (14)

Magneettisuodattimen toiminta perustuu suodatinsäiliön ulkopuolella olevaan irrotettavaan magneettiin. Magneetti luo suodattimen sisälle magneettikentän, ja magneettiset partikkelit tarttuvat suodatinsäiliön seinämään. Suodattimen rakenne on toteutettu niin, että veden virtaus suodatinsäiliön alaosassa on hyvin alhainen, jolloin ei-magneettiset partikkelit putoavat sakkapesän pohjalle painovoimaisesti. Suodattimen puhdistus tapahtuu irrottamalla ulkoinen magneetti vetämällä sitä alaspäin, jolloin magneettiset partikkelit jäävät sakkapesän pohjalle. Suodatinsäiliön pohjassa on venttiili, jota avaamalla partikkelit huuhtoutuvat

pois suodattimesta verkoston vedenpaineen ansiosta (kuva 21). (15.) Magneettisuodattimen helpon huollettavuuden sekä alhaisen painehäviön vuoksi se onkin suositeltavampi vaihtoehto tämän opinnäytetyön kohteeseen.



KUVA 21. Magneettisuodattimen rakenne (15)

5 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli mitoittaa ja tarkistaa As Oy Voimatupoksen asuntojen ilmapuhtaus, tehdä lämmitysverkoston 3D-mallinnus sekä tasapainotussuunnitelmat. Ennen tasapainotussuunnitelmien aloittamista tehtiin asuntoihin lämpötilamittaus, jonka perusteella todettiin, että rakennusten lämmitysverkosto on epätasapainossa. Työssä laskettiin rakennusten huonekohtaiset lämpöhäviöt Cadsillä, tehtiin verkoston mallinnus ja painehäviölaskelmat MagiCadillä sekä myös kartoitettiin lämmitysjärjestelmän komponenttien kuntoa. Lisäksi tutkittiin lämmitysverkoston huuhtelumenettelyjä ja verkostoon asennettavien suodattimien eroja, hyötyjä ja tarpeellisuutta. Ilmavirtojen mitoituksessa ei havaittu tarvetta muuttaa aikaisemmin säädettyjä arvoja.

Tarvittavat laskelmat ja suunnitelmat saatiin tehtyä, eikä niiden tekemisessä ollut suuria ongelmia lukuun ottamatta lämmitysverkoston huuhtelumenettelyitä, joista ei löytynyt paljoa tietoa. Työn tavoitteisiin päästiin ja aikaansaatiin tasapainotussuunnitelmat, kattava raportti kuntokartoituksesta, tasapainotuksesta ja siihen liittyvistä toimenpiteistä sekä lämmitysverkostoon asennettavista suodattimista. Työn tilaaja tulee toteuttamaan tasapainotustyön sekä suunnitelmien vaatimat toimenpiteet myöhemmässä vaiheessa.

LÄHTEET

1. Halton URH venttiili. Halton Oy. Saatavissa: https://www.halton.com/dh/BwDZ9dFc5r59owYexCBKMpt1VlulZKHe44T-840-iB6vFsKMMHY9Nosmbr_kaDh0fgnPVk3912qpeS0r6CHp7noWiKfNLRr-GhCUI5w/Halton_URH_-_fi.pdf
Hakupäivä 10.4.2018
2. D2 (1978). 1978. Rakennusten ilmanvaihto, määräykset ja ohjeet. D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Sisäasiainministeriö. Saatavissa: http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Kumotut
Hakupäivä 10.4.2018
3. Lämmitysverkoston perussäätö-esitys. 2002. Motiva. Saatavissa: <https://www.motiva.fi/files/781/perussaato-esitys.pdf>.
Hakupäivä 23.1.2018.
4. Patteriverkoston perussäätö. 2017. Motiva. Saatavissa: https://www.motiva.fi/koti_ ja_ asuminen/taloyhtiot/patteriverkoston_perussaato.
Hakupäivä 23.1.2018.
5. Pientalon huoltokirja. 2008. Ympäristöministeriö. Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Korjaustieto/Pientalot/Suunnitelmallinen_talompito/Pientalon_huoltokirja
Hakupäivä 9.4.2018.
6. LVI 41-10230. 1994. Lämmitysverkoston säätö. Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/tuotteet/LVI8362.html.stx> (vaatii käyttäjälisenssin).
Hakupäivä 9.4.2018.

7. C4 (2003). 2002. Lämmöneristys, ohjeet. C4 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto. Saatavissa: http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Kumotut
Hakupäivä 11.4.2018
8. D3 (2012). 2011. Rakennusten energiatehokkuus, määräykset ja ohjeet. D3 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. Saatavissa: http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Kumotut
Hakupäivä 17.4.2018
9. 1048/2017. (2017). Ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatodistuksesta. Saatavissa: http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakennuksen_energiatehokkuutta_koskeva_lainsaadanto
Hakupäivä 17.4.2018
10. Högfors radiaattorit ja konvektorit, tekniset tiedot. 1986. Högfors. Saatavissa: <https://www.purmo.com/fi/ladattavat-tiedostot/esite-ja-ohjearkisto.htm>
Hakupäivä 19.4.2018
11. Korroosio lämmitysverkostossa. 2016. Lämmönhuolto Oy. Saatavissa: <http://www.lammonhuolto.fi/korroosio.html>
Hakupäivä 24.4.2018
12. Sykehuuhtelulaitteet. 2018. Kaiko Oy. Saatavissa: <http://www.kaiko.fi/fi/tuotteet/1/sykehuuhtelulaitteet>
Hakupäivä 24.4.2018

13. Erkka Kulmala 2018. Lämmityspatteri ei lämpene, kavitaatiopesu auttaa. Saatavissa: <http://www.erkkakulmala.info/lammituspatteri-ei-lampene-auttaisiko-puhdistus/>
Hakupäivä 24.4.2018

14. Sivuvirtaussuodattimet. HögforsGST. Saatavissa: <http://hog-forsgst.com/fi/tuotteet/sivuvirtasuodattimet/>
Hakupäivä 25.4.2018

15. Spirotech. 2015. SpiroTrap MBL and SpiroTrap MB3 product movie. Video. Saatavissa: <https://www.youtube.com/watch?v=0amyaiqU6qo>
Hakupäivä 25.4.2018

Laite tai järjestelmä	Tekninen käyttöikä	Tarkastusväli	Kunnossapitajakso v, (kk)	Käyttöönottovuosi	Käyttöikä jäljellä, v
MÄRKÄTILAT					
Muovimatto	20	3	tarvittaessa		
Laattalattia ja kosteussulkusively	15	3	tarvittaessa		
Laattalattia ja bitumivedeneriste	30	3	tarvittaessa		
Laattalattia ja massamainen vedeneriste	30	3			
Maalatut sisäkatot	20				
Laattaseinä ja kosteussulkusively (levyrakenne)	15	3			
Laattaseinä, kosteussulkusively (kiviainesrakenne)	18	3			
Laattaseinä ja massamainen vedeneriste	30	3			
Muovitapetti	12	3			
Pesuhuoneen panelointi	12	3			
Saunan panelointi	20	3			
TALOTEKNIikka					
Lämmitysjärjestelmät					
Levylämmönsiirtimet, HST, kovajuotoksin	20	1, jos siirtimen ikä on 1–6 v: 2, jos ikä on 7–10 v: 4, jos ikä on > 10 v			
Kupariputkilämmönsiirtimet	20	1, jos siirtimen ikä on 1–6 v: 2, jos ikä on 7–10 v: 4, jos ikä on > 10 v			
Kumitiiviilliset lämmönsiirtimet	10	1, jos siirtimen ikä on 1–6 v: 2, jos ikä on 7–10 v: 4, jos ikä on > 10 v			
Öljysäiliöt, muovia, sisätiloissa	50	1, jos ikä on < 10 a 4 kk, jos ikä on 10–20 v 1 kk, jos ikä on > 20 v			
Öljysäiliöt, muovia, sisätiloissa	40	1, jos ikä on < 10 v 4 kk, jos ikä on 10–20 v 1 kk, jos ikä on > 20 v			
Öljysäiliöt, terästä, maassa	20	1, jos ikä on < 10 v 4 kk, jos ikä on 10–20 v 1 kk, jos ikä on > 20 v puhdistus 15 vuoden välein			

Laite tai järjestelmä	Tekninen käyttöikä	Tarkastusväli	Kunnossapitajakso v, (kk)	Käyttöönottovuosi	Käyttöikä jäljellä, v
Öljypolttimet, kevytöljy	15	1	1		
Öljylämmityskattilat, teräslevy	30-40	1 kk	Kattilan puhdistus ja polttimen säätö tarvittaessa, savukaasun lämpötilan ja nokisuuden perusteella		
Kiinteän polttoaineen kattilat (hake, pelletit jne.)	30	1 kk	Kattilan puhdistus ja polttimen säätö tarvittaessa, savukaasun lämpötilan ja nokisuuden perusteella		
Sähkökattilat	30	1	10-15 (vastukset)		
Sähkökäyttöiset lämminvesivaraajat	30	1	10-15 vastukset vesitilassa; 20-30 vastukset vaipassa		
Maalämpöpumput	25-30; maapiiri R	1 kk			
Savupiiput, teräs	30-50	1	1 (nuohous)		
Savupiiput, tiili	50	1	1 (nuohous)		
Teräsputket sisätiloissa	J/R				
Kupariputket sisätiloissa (ei kosketuksessa betoniin)	50	1			
Kupariputket sisätiloissa (kosketuksessa betoniin)	40	1			
Muoviputket		1			
Komposiittiputket	50	1			
Linjasäätöventtiilit	30	1			
Linjasulkuventtiilit	30	1			
Patteriventtiilit	15-20	1			
Moottoriventtiilin runko	20	1			
Moottoriventtiilin toimilaite	10-15	1			
Putkistovarusteet (lämpömittarit, lianerottimet jne.)		1			
Radiaattorit (lämpöpatterit)	J/R				
Ilmalämmityskoneet	20-25	1			

Laite tai järjestelmä	Tekninen käyttöikä	Tarkastusväli	Kunnossapitajakso v, (kk)	Käyttöönottovuosi	Käyttöikä jäljellä, v
Vesi- ja viemärijärjestelmät					
Pumput	20–25	1			
Linjasäätöventtiilit	30	1			
Sulkuventtiilit	30	1			
Moottoriventtiilit, runko	15–20	1			
Moottoriventtiilit, toimilaite	5–10	1			
Putkistovarusteet (lämpö- ja painemittarit jne.)		1			
Vesimittarit	20	3–5			
Kupariputket	40–50				
Galvanoidut teräsputket	50	1			
Muoviputket	50	1			
Pienpuhdistamot	50	1	1		
Sadevesikaivot, muoviset	50	1			
Jätevesiviemärit, betoniputket	25	1			
Jätevesiviemärit, valurauta	50	1			
Jätevesiviemärit, pantaliitokset	50	1			
Jätevesiviemärit, muovi	40	1			
Sekoittajat, kaksiote	20–25	1			
Sekoittajat, yksiote	15–25	1			
Sekoittajat, termostaatti	10–15	1			
Lattiakaivot	50	1	1		
WC-laitteet	50	1	vuotojen jatkuva tarkkailu		
Ilmastointi- ja ilmanvaihtojärjestelmät					
Puhaltimet (huippuimurit, aksiaalipuhaltimet)	20–25	1	riippuu käytäjäjoista		
Ilmastoinnin lämmityspatterit	20–25	1			
Lämmöntalteenottolaitteet	20–25	1			
Ilmanvaihdon päätelaitteet, poistoilma	J	1			
Ilmanvaihdon päätelaitteet, tuloilma	J	1			
Muut järjestelmät ja laitteet					
Kylmäkompressorit	20				
Palovaroitin		1 kk toimintakoe, 6 kk pyyhkiminen ja imurointi. Pariston vaihto valmistajan ohjeiden mukaan			
Sammutuspeitteet	Kertakäyttöisiä				
Käsisammuttimet	huoltoliike määrittelee käyttöiän				
Uima-altaat	25–30	1	1 (laatat, saumat)		
Uima-altaiden karkeasuodattimet		1 kk	1kk		

MITTAUSPÖYTÄKIRJA
As Oy Voimatupos
Pakolantie 4, 91900 Liminka

7.2.2018
Mittaja: Joni Vatjus
Mittalaite: Kimo TK 102E

Ukolämpötila [°C] -9

	Huone	Lämpötila [°C]
as. 1	OH	20,7
	MH	21,5
	K	21,2
	ET	21,8
	TK	
	PH	22,7
	S	
	VH	21,6
	WC	21,9

	Huone	Lämpötila [°C]
as. 5	OH	21,6
	MH	
	K	21,7
	ET	21,1
	TK	
	PH	24,7
	S	
	VH	

as. 2	OH	22,1
	MH	21,5
	K	22,1
	ET	21,1
	TK	
	PH	24,2
	S	
	VH	20,7
	WC	21,4

as. 6	OH	23,3
	MH	22,5
	K	23
	ET	22,2
	TK	
	PH	24,2
	S	
	VH	

as. 3	OH	20,7
	MH	20,8
	K	20,7
	ET	20,9
	TK	
	PH	23
	S	
	VH	20,1
	WC	21,4

as. 7	OH	24,7
	MH	24,7
	K	24,5
	ET	25,1
	TK	
	PH	24,8
	S	
	VH	

as. 4	OH	20,9
	MH	21,9
	K	20,5
	ET	21,9
	TK	
	PH	23,6
	S	23,9
	VH	22

as. 8	OH	24,2
	MH	23,9
	MH	24,2
	K	23,6
	ET	23,1
	TK	
	PH	24,3
	S	
	VH	23,5