

Mikhail Zaitsev

K1/2013-julkaisun *Rakennusten kaukolämmitys: määräykset ja ohjeet* uudistuksen vaikutus LVI-suunnitteluun

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

9.5.2015

Tekijä Otsikko	Mikhail Zaitsev K1/2013-julkaisun <i>Rakennusten kaukolämmitys: määräykset ja ohjeet</i> uudistuksen vaikutus LVI-suunnitteluun
Sivumäärä Aika	61 sivua + 5 liitettä 9.5.2015
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	LVI-suunnittelu
Ohjaajat	yliopettaja Aki Valkeapää toimitusjohtaja DI Juha Pihlajamäki
<p>Insinööriyön aiheena oli selvittää 1.9.2013 voimaan astuneen ”Rakennusten kaukolämmitys: määräys ja ohjeet”- K1/2013-julkaisun sekä tämän julkaisun täydennyksien (31.3.2014 ja 9.5.2014) keskeisiä päivityksiä ja päivityksien vaikutuksia taloteknisten lämmitysverkostojen suunnitteluun.</p> <p>Insinööriyön tavoitteena oli kartoittaa K1/2013-julkaisun talotekniikkaa koskevia keskeisiä muutoksia ja esittää muutosten taustaa. Lisäksi insinööriyön tavoitteena oli selvittää ensiö- ja toisiopuolen matalampien mitoituslämpötilojen vaikutus kaukolämmön kytkentöihin ja lämmitysjärjestelmiin kuuluvien komponenttien mitoitukseen. Insinööriyössä suoritettiin esimerkillisen lämmitysjärjestelmän mitoitukset K1/2003- ja K1/2013-ohjeiden mukaisilla mitoituslämpötiloilla. Lisäksi insinööriyössä tarkasteltiin esimerkillisen lämmitysjärjestelmän tilantarpeita ja investointikustannuksia eri mitoitusilanteissa. Insinööriyössä vertailtiin radiaattoreiden ja matalalämpösäteilijöiden sijoitusratkaisuja erilaisissa mallihuoneissa eri mitoituslämpötiloilla. Lisäksi tarkasteltiin matalalämpösäteilijän kannattavuutta matalammilla mitoituslämpötiloilla.</p> <p>Insinööriyön laitteiden ja komponenttien mitoituksissa käytettiin tuotevalmistajien mitoitusohjelmia. Lämmitysjärjestelmän mitoituksessa käytettiin Progran Oy:n MagiCAD Heating, Piping and Ventilation ohjelmistosovellusta.</p> <p>K1/2013- ja K1/2003-julkaisujen vertailusta voidaan päätellä, että oleellisemmat muutokset ovat mitoituslämpötilojen muutokset, jotka vaikuttavat sekä kaukolämmön kytkentäratkaisuihin että lämmitysjärjestelmien komponenttien mitoitukseen, tilanvarauksiin ja investointikustannuksiin. Insinööriyössä mitoitettujen mallihuoneiden perusteella voidaan päätellä, että matalalämpösäteilijä on tietyissä tilanteissa paremmin sovellettavissa matalammilla mitoituslämpötiloilla sekä lisäksi investointikustannuksiltaan on vertailukelpoinen ratkaisu.</p> <p>Insinööriyön mitoituksista saadut ohjearvot voidaan soveltaa lämmitysjärjestelmien suunnittelussa. Investointikustannuslaskelmista saadut arvot ovat suuntaa antavia ja niitä voidaan soveltaa hankesuunnitteluvaiheessa laadittavan kustannusarvion yhteydessä.</p>	
Avainsanat	K1/2013, K1/2003, kaukolämpö, lämmitys, matalalämpösäteilijä

Author Title	Mikhail Zaitsev Changes in the guideline for district heating connections for building heating systems – impacts on building services engineering
Number of Pages Date	61 pages + 5 appendices 9 May 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineer
Specialisation option	HVAC Engineering, Design Oriented
Instructors	Aki Valkeapää, Principal Lecturer Juha Pihlajamäki, Managing Director
<p>The aim of this Bachelor's thesis was to define the major modifications in the revised guidelines for district heating explained in the publication K1/2013, and to establish the major changes that influence building services systems. The aim was also to study the changes affecting on one hand the space reservations for heating systems in a building, and on the other hand the cost of components of the systems. Moreover, the thesis compares various heaters that were measured according to both the new and earlier K1 guidelines. The calculations used in this thesis are based on various production dimensioning methods and on the Finnish construction standards and guidelines.</p> <p>As a result, one can say that the sets of values modified in the guideline K1/2013 affect mostly the sizing of heaters, but also other heating system components. It was established that a low temperature radiator panel was sometimes a better solution than a common radiator in heating systems sized according to lower temperatures. The modified guideline affects also the district heating connection methods in heat exchangers.</p> <p>The results gained by calculation are useful guidelines for heating system design on the new construction sector. Furthermore, the results give approximal values for changes in costs and space reservations for heating systems, which are useful in the draft stage of a project.</p>	
Keywords	K1/2013, heating, low temperature heating system, district heating, heater

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	K1/2013:n määräysten ja ohjeiden keskeiset muutokset	2
2.1	Teknisen laittilan tilantarve	3
2.2	Lämmitysjärjestelmien suunnittelun ja mitoituksen lähtökohdat	4
2.3	K1/2013-ohjeen ensiö- ja toisiopuolen mitoituslämpötilat	5
2.4	Putkistojen, venttiilien ja varusteiden mitoitus	8
2.5	Lämpimän veden kiertojohdon mitoitus	8
2.6	Lämmitysjärjestelmien mitoitus korjausrakentamisessa	8
2.7	Kaukolämmön peruskytkentäkaaviot	10
2.8	Kaukolämmön esimerkkikytkennät	11
2.9	K1/2013- julkaisun muut muutokset ja täydennykset	12
3	K1/2013-ohjeen uusien mitoituslämpötilojen vaikutus lämmönluovuttimien mitoitukseen	13
3.1	Radiaattoreiden ja konvektoreiden mitoitus	13
3.1.1	Purmo Compact -mitoitus	14
3.1.2	Purmo Hygiene -mitoitus	16
3.1.3	Purmo Vertical -mitoitus	17
3.1.4	Konvektorilämmittimet	19
3.1.5	Purmo Kon -mitoitus	19
3.2	Vesikiertoiset lattialämmitysjärjestelmät	21
3.3	Ilmanvaihdon lämmitys	22
3.4	Sulanapitojärjestelmä	25
3.5	Matalalämpösäteilijät	26
3.6	Kiertoilmakojeet	28
3.6.1	Lattiaan upotettava puhallinkonvektori	28
3.6.2	Kattoon asennettavat puhallinkonvektorit	29
3.7	Oviverhopuhaltimet	32
4	Lämmitysjärjestelmän ja komponenttien mitoitusvertailu eri mitoituslämpötiloilla.	34
4.1	Putkimitoitukset eri mitoituslämpötiloilla	36

4.2	Putkien lämmöneristyksen mitoitus ja eristeen lämpöhäviön vertailu eri mitoitusilanteissa	eri 37
4.3	Venttiilit	39
4.4	Pumppujen mitoitukset eri mitoituslämpötiloilla	40
4.5	Lämmönsiirtimet eri mitoitusilanteissa	42
4.6	Paisunta-astioiden mitoitus	42
4.7	Lämmitysjärjestelmän tilantarve eri mitoitusilanteissa	44
4.8	Lämmitysjärjestelmän kustannusarvio eri mitoitusilanteissa	46
5	Lämmitysratkaisut erityyppisissä mallihuoneissa	48
5.1	Asuinhuoneiston lämmönluovuttimien mitoitus esimerkki	48
5.2	Avotoimiston lämmönluovuttimien mitoitus esimerkki	51
5.3	Hotellihuoneen lämmönluovuttimien mitoitus esimerkki	54
5.4	Lämmönluovuttimien otsapinta-alan ja hinnan vertailu eri mitoitusilanteissa	57
6	Päätelmät	58
	Lähteet	60
	Liitteet	
	Liite 1. Peruskytkentöjen valintakriteerit	
	Liite 2. Kaukolämmön esimerkkikytkennät	
	Liite 3. Langattoman lattialämmitysjärjestelmän kytkentäkaavio	
	Liite 4. Lämmönsiirtimen mitoitus toisiopuolen mitoituslämpötiloilla 60/30 °C	
	Liite 5. Lämmönsiirtimen mitoitus toisiopuolen mitoituslämpötiloilla 45/30 °C	

1 Johdanto

Kaukolämmön historia ulottuu 1870-luvulle, jolloin Yhdysvalloissa, New Yorkin osavaltiossa otettiin käyttöön ensimmäinen kaukolämpölaitos. Suomessa kaukolämpöä aloitettiin kaavoittamaan vasta 1950-luvun alussa, ja ensimmäinen kaukolämmön tuotantolaitos käynnistyi virallisesti vuoden 1954 alussa Espoon Tapiolassa. Kaukolämpöverkoston pituus oli silloin vain 700 metriä, ja lämmöntuotto oli tarkoitettu uudelle 16 000 asukkaan asuinalueelle. 1960-luvun alussa kehitettiin ensimmäinen CHP-laitos, eli sähkön ja kaukolämmön yhteistuotantolaitos, jolloin yhteistuotannon ansiosta polttoaineen hyötysuhde kasvoi 40 prosentista 80 prosenttiin. Energiateollisuus ry:n mukaan vuoden 2012 lopussa kaukolämpöverkoston pituus oli noin 13 500 kilometriä koko Suomen alueella ja pituuden arvioitiin kasvavan vuosittain 250–500 km. (1, s. 10; 2.)

Kaukolämmön perusideana on siirtää lämpö asiakkaille epäsuoraa menetelmää käyttäen. Epäsuorassa menetelmässä kaukolämpöverkossa oleva vesi johdetaan rakennuskohtaiselle lämmönsiirtimelle, jossa lämpöä luovutetaan rakennuksen sisäiseen suljettuun lämmitysvesi- tai liuospiiriin. Rakennuksen sisäinen lämmityspiiri muodostuu lämmönluovutuslaitteista, kuten esimerkiksi radiaattoreista, ilmanvaihtokoneiden lämmityspattereista, lämmönsiirtimistä ja kytkentäputkistoista varusteineen. Jäähdytynyt neste tuodaan takaisin siirtimelle, jossa se lämpenee uudestaan kaukolämpöveden avulla. Kaukolämpöverkostosta käytetään termiä ensiöpuolen piiri ja rakennuksen sisäistä piiriä kutsutaan toisiopuolen piiriksi.

Kaukolämmön yleistyttyä Suomessa energiatuotantolaitosten edustajat ovat kokoontuneet yhteen luodakseen yhteiset ohjeet, joilla ohjattaisiin suunnittelijoita rakennusten kaukolämpölaitteiden ja niihin kuuluvien komponenttien mitoituksessa. Lisäksi ohjeissa rajattiin tarkasti lämmönsiirtimille tulevien ensiöpuolen ja toisiopuolen meno- ja paluupuolen nesteiden lämpötilat. Ensimmäinen alustava ohje julkaistiin vuonna 1967, ja vuonna 1972 Suomen Kaukolämpö ry julkaisi virallisen ”K1- Rakennusten kaukolämmitys: Määräykset ja ohjeet” -ohjekokoelman. (3, s. 1.)

Vuoden 2013 syyskuun ensimmäisenä päivänä astui voimaan Energiateollisuus ry:n uusi ”K1/2013 Rakennusten kaukolämmitys: Määräykset ja ohjeet” -julkaisu. Tämän

insinööriyön tavoitteena on selvittää K1/2013-julkaisun oleelliset muutokset ja muutosten tausta sekä julkaisussa uudistettujen mitoituslämpötilojen vaikutusta taloteknisiin lämmitysjärjestelmiin ja lämmitysjärjestelmiin kuuluvien komponenttien mitoitukseen. Lisäksi insinööriyön tavoitteena on mitoittaa kuvitteellinen lämmitysjärjestelmä eri mitoituslämpötiloilla ja vertailla mitoituksista saatujen tulosten perusteella lämmitysjärjestelmän tilavarauksia ja investointikustannuksia. Tavoitteena on myös tuoda esille erityyppisten mallihuoneiden radiaattoreiden ja matalalämpösäteilijän sijoitusratkaisut eri mitoitus tilanteissa sekä selvittää matalalämpösäteilijän kannattavuutta.

2 K1/2013:n määräysten ja ohjeiden keskeiset muutokset

Tässä luvussa tarkastellaan keskeisiä muutoksia uudessa K1/2013-julkaisussa sekä muutoksia tämän julkaisun päivityksissä (täydennykset 31.3.2014 ja 9.5.2014).

K1-ohjeen uudistuksen keskeisenä tavoitteena on yllämmöstä johtuvan hukkaenergian säästö sekä rakennusten sisällä, että kaukolämmön tuotantoprosessissa, parempi säädettävyys radiaattorilämmityksessä ja uusiutuvien energianlähteiden tehokkaampi integrointi lämmitysjärjestelmiin. Taustana on vuoden 2010 rakentamismääräyskokoelman (RakMK) osan C3 ja vuoden 2012 rakentamismääräyskokoelman osan D5 julkaisut, joissa tiukennettiin rakennuksen vaipan lämmönläpäisykertoimia, eli U-arvoja, rakennuksen vaipan tiiveyttä ja ilmanvaihtokoneiden lämmöntalteenottolaitteiden vuosihyötysuhdetta. Taulukossa 1 on esitetty, miten U-arvot ovat muuttuneet vuosien varrella. Kun taulukossa 1 verrataan vuoden 1985 ja vuoden 2010 rakenteiden U-arvoja, rakenteista johtuvat lämpöhäviöt ovat 48 % uusimpien määräysten mukaisilla mitoitusarvoilla, eli rakennuksen vaipasta johtuvat lämpöhäviöt ovat puolittuneet. (3, s. 1.)

Taulukko 1. U-arvojen kehitys RakMK:ssa vuosina 1976–2010

	RakMK C3, rakenteiden U-arvot eri vuosijulkaisuissa					
U-arvo	1976	1978	1985	2003	2007	2010
Ulkoseinä	0,4	0,29	0,28	0,25	0,24	0,17
Yläpohja	0,35	0,23	0,22	0,16	0,15	0,09
Maanvarainen alapohja	0,4	0,4	0,36	0,25	0,24	0,16
Ikkuna	2,1	2,1	2,1	1,4	1,4	1

2.1 Teknisen laittilan tilantarve

K1/2013-ohjeen taulukossa A on määritelty kaukolämpölaitteiden vaatima ohjeellinen tilantarve teknisessä laittilassa. Kuvassa 1 on esitetty K1/2013-ohjeen teknisen tilan mitoitusohje (4, s. 4). Tekniseen laittilaan eli lämmönjakohuoneeseen sijoitetaan kaukolämpölaitteita, muun muassa ensiöpuolen putkistot komponentteineen, rakennuksen lämpöenergian kulutuksen mittauskeskus, lämmönsiirtimet, paisunta-astiat sekä toisio- puolen lämmönsiirtimen kytkentäputket varusteineen. Lisäksi lämmönjakohuoneessa on oltava tilaa vesipisteelle ja tarvittaville sähkölaitteille. Pienimmissä rakennuksissa, kuten esimerkiksi omakotitaloissa, lämmönjakokeskukseen voidaan sijoittaa myös sähköpääkeskus, telekeskus ja ilmanvaihtokone. Tästä syystä K1-ohjeessa määritellään ainoastaan kaukolämpölaitteiden tilantarve, eikä koko teknisen tilan tilantarvetta. Lisäksi taulukko A käsittelee ainoastaan asuinkeuhkalojen ohjeellisia tilantarpeita, sillä muiden rakennustyyppien, kuten esimerkiksi liikerakennuksien ja kauppakeskusten kaukolämpölaitteiden tilantarvetta on arvioitava tapauskohtaisesti, koska näiden rakennusten lämmitysjärjestelmien ratkaisut ja tehontarpeet ovat hyvin erilaisia. K1/2013:n luvussa 15.1 on esitetty esimerkkejä laitteiden sijoitteluratkaisuista teknisissä laittiloissa.

K1/2013-julkaisun taulukon A muutos koskee kaukolämpölaitteiden tilantarpeen mitoitusperustetta. Aikaisemmassa K1-julkaisussa tilantarpeen mitoitusperusteina ovat olleet lämmityksen ja ilmanvaihdon tehontarve (kW) sekä asuinrakennuksen tilavuus. Uudessa julkaisussa mitoitusperusteina ovat lämmityssiirtimien lukumäärä ja rakennuksen tilavuus. Muutoksen taustalla on rinnakkaislämmönluovuttimien, esimerkiksi mukavuuslattialämmitysjärjestelmän, toteutus asuinrakennuksessa rinnan asuintiloja palvelevan lattialämmitysjärjestelmän kanssa. Tällöin siirtimien lukumäärä on kaksinkertainen, vaikka lämmitysjärjestelmän kokonaisteho pysyy samana, jolloin kyseisen ratkaisun siirtimet putkistoineen ja komponentteineen vaativat myös enemmän fyysistä tilaa teknisestä tilasta. Tästä syystä teknisen laittilan kokoa ei voida enää määritellä pelkästään tehontarpeiden mukaan vaan tilantarve on määritettävä siirtimien lukumäärän mukaan. (5)

K1/2013-ohjeen taulukossa A siirtimien lukumäärään on otettu mukaan lämpimän veden valmistuksesta vastaava siirrin. Lisäksi teknisen laitetilan pinta-alaan on otettu huomioon myös lämmönsiirtimien huoltoa vaativa huoltotila, joka on 600 mm niiltä siirripaketin huoltoa vaativilta sivuilta. Tekninen laitetila sijoitetaan rakennuksessa niin, että rakennuksen sisälle tai rakennuksen alle sijoitettavien ensiöpuolen putkien reitti on mahdollisimman lyhyt.

Taulukko A. Kaukolämpölaitteiden vaatima ohjeellinen tilantarve. Muille samaan tilaan sijoitettaville laitteille on varattava erikseen riittävästi tilaa.

Asuinrakennuksen tilavuus m ³	Lämmönsiirrinten lukumäärä	Kaukolämpölaitteiden tilantarve m ²	Muiden laitteiden tilantarve m ²
500	2	2	määritetään laitteiden tilantarpeen mukaisesti ja lisätään kaukolämpölaitteiden tilantarpeeseen
500	3	2,5	
1 000	3	3	
1 000	4	4	
10 000	4	5	
20 000	4	5	

Kuva 1. K1/ 2013-ohjeen Taulukko A

2.2 Lämmitysjärjestelmien suunnittelun ja mitoituksen lähtökohdat

Verrattuna aikaisempaan julkaisuun K1/2013-julkaisussa otetaan enemmän kantaa lämmitysjärjestelmien optimointiin lämmitysjärjestelmien suunnittelun ja mitoituksen lähtökohdasta. Lämmitysjärjestelmien optimointi tarkoittaa lämpöenergian tehokasta ja tarpeenmukaista käyttöä tilatyypikohtaisesti. Lämmitysjärjestelmien optimointiin on monta keinoa riippuen rakennustyyppistä ja käyttötarkoituksesta. Yleisimmän keinot ovat lämmitysjärjestelmien suunnittelu mahdollisimman symmetrisesti, lämmöntalteenoton käyttö ilmanvaihtokoneissa, tilatyypikohtainen lämmitysjärjestelmä, lämmitysjärjestelmien suunnittelu matalammilla lämpötiloilla sekä ohjaus- ja säätöjärjestelmien hyödyntäminen tarpeenmukaisessa lämmityksessä.

Tilatyypikohtainen lämmitysjärjestelmä tarkoittaa sellaista ratkaisua, jossa käyttötarkoituksen perusteella toisistaan poikkeavat tilat ja lämmityslaitteet toteutetaan omilla lämmönsiirtimillä, jotka mitoitetetaan tarpeenmukaisilla lämpötiloilla. Näin voidaan toteuttaa esimerkiksi märkätilojen, eli suihkujen, saunojen ja WC-tilojen lämmitys mukavuuslattialämmitysjärjestelmällä, jossa on oma siirrin. Samalla periaatteella voidaan toteuttaa myös puolilämpimien tilojen, kuten parkkihallien, lämmitys erillisenä lämmitysjärjestelmänä.

Lämmitysjärjestelmien suunnittelu matalammilla lämpötiloilla tarkoittaa optimaalisen menoveden lämpötilan arviointia jo suunnittelun alkuvaiheessa. Tätä ratkaisua sovelletaan enemmän asuinkerrostalojen patterilämmitysjärjestelmän mitoituksessa. Mitoitusperusteena on rakennuksen lämpöhäviö ja lämmönluovuttimien tilantarve asuintiloissa. Tavoitteena on löytää lämmönluovuttimien optimikoko, jolla katetaan tarvittavat ulko-vaipasta johtuvat lämpöhäviöt. Luvussa 3 on selostettu tarkemmin eri lämmönluovuttimien kokojen riippuvuutta toisiopuolen mitoituslämpötiloista. (4, s. 7; 6, s. 6.)

2.3 K1/2013-ohjeen ensiö- ja toisiopuolen mitoituslämpötilat

Yksi tärkeimmistä K1/2013-julkaisun muutoksista on lämmönsiirtimien mitoitus matalammilla mitoituslämpötiloilla toisiopuolen piirissä ja matalammalla ensiöpuolen paluuv veden lämpötilalla. Kuvissa 2 ja 3 on esitetty K1/2003- ja K1/2013-ohjeiden taulukot B, joissa on määritelty ensiö- ja toisiopuolen mitoituslämpötilat (4, s. 8; 6, s. 7). Toisiopuolen lämpötilan mitoituksen muutos on herättänyt eniten keskustelua, sillä K1/2013-julkaisun ensimmäisessä versiossa radiaattorilämmityksen mitoituslämpötilojen lämpötilaero puolitettiin. Tällöin, radiaattorilämmitys oli haastavaa toteuttaa tietyissä rakennustyypeissä johtuen radiaattorin fyysisen koon suurenemisesta. Tästä syystä Energia-teollisuus ry on julkaissut 31.3.2014 täydennetyt K1/2013-julkaisun, johon on lisätty radiaattorilämmityksen poikkeustapausmitoitus korkeammilla lämpötiloilla. Useimmiten uudisrakentamisessa hyväksytään mitoitus korkeimmilla menoveden lämpötiloilla. Yleensä kuitenkin suositellaan, etenkin asuinrakennuksissa, tutkimaan mahdollisuutta toteuttaa radiaattorilämmitys 45 °C menovedellä (5; 7, s. 7). Kuvaajassa 1 on esitetty, miten toisiopuolen mitoituslämpötilat ovat muuttuneet kaukolämpötuotannon alkua ajoista nykyhetkeen (3, s. 1). Luvussa 3 selostetaan tarkemmin, miten eri lämmönluovuttimien fyysinen koko muuttuu eri menoveden lämpötiloilla. Luvussa 5 tarkastellaan radiaattoreiden ja matalalämpösäteiliöiden sijoitusta erityyppisissä mallihuoneissa.

Taulukko B. Lämmönsiirtimien mitoituslämpötilat.

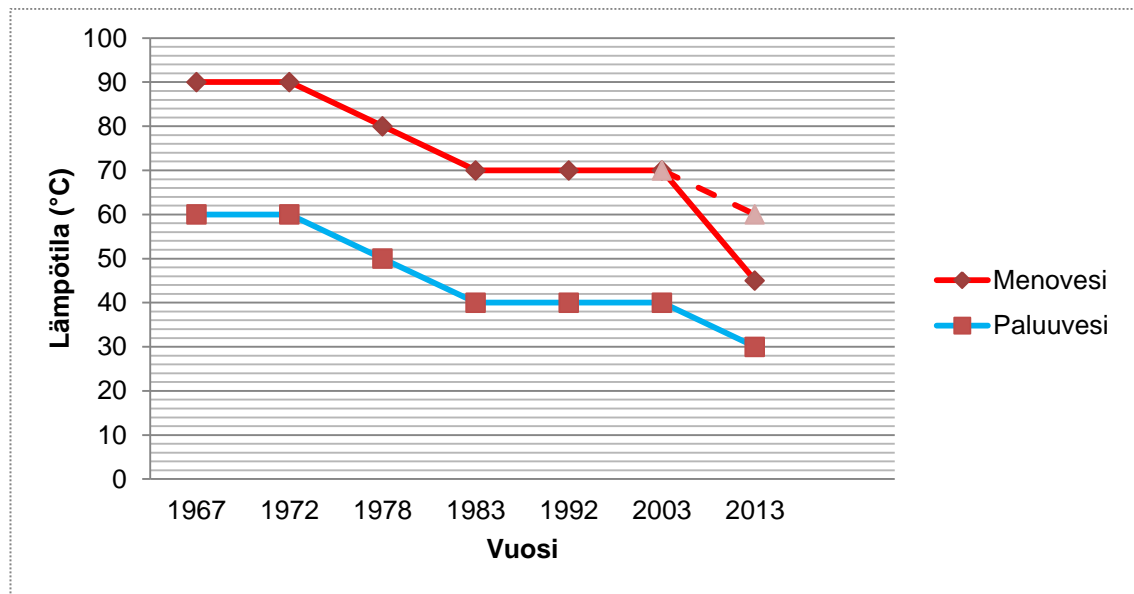
	LÄMMÖNSIIRTIMIEN MITOITUSLÄMPÖTILAT °C			
	ENSIÖ		TOISIO	
	alkulämpötila TULO	loppulämpötila PALUU	alkulämpötila PALUU	loppulämpötila MENO
Käyttöveden lämmönsiirtimet	70	enintään 25	10	58
Lämmityksen yms. lämmönsiirtimet mitoitusulkolämpötilassa	115	enintään 45	enintään 40	enintään 70
• lattialämmitys				enintään 45
Huomautukset • lämmityksen ja ilmanvaihdon lämmönsiirtimet		Ensiöpuolen paluulämpötila saa olla enintään 5 °C korkeampi kuin toisiopuolen paluulämpötila		
• lämpimän käyttöveden kiertojohto			Lämmönvesijohtoon lähtevän veden virtaus mitoitetaan ja lämpötila säädetään niin, että paluuveden lämpötila on yli 55 °C /D1/	

Kuva 2. K1/ 2003-ohjeen Taulukko B

Taulukko B. Lämmityksen ja ilmanvaihdon lämmönsiirtimien mitoituslämpötilat mitoitusulkolämpötilassa – uudisrakennukset

	LÄMMÖNSIIRTIMIEN MITOITUSLÄMPÖTILAT °C			
	ENSIÖ		TOISIO	
	TULO	PALUU	PALUU	MENO
Lämmityksen lämmönsiirtimet, radiaattorilämmitys - suositus	115	33 (max)	30 (max)	45 (max)
Lämmityksen lämmönsiirtimet, radiaattorilämmitys - poikkeustapaukset	115	33 (max)	30 (max)	60 (max)
Lämmityksen lämmönsiirtimet, lattialämmitys	115	33 (max)	30 (max)	35 (max)
Kosteiden tilojen mukavuuslattialämmitys	70	28 (max)	25 (max)	30 (max)
Ilmanvaihdon lämmönsiirtimet	115	33 (max)	30 (max)	60 (max)
Huomautus		Ensiöpuolen paluulämpötila saa olla enintään 3 °C korkeampi kuin toisiopuolen paluulämpötila		

Kuva 3. K1/ 2013-ohjeen Taulukko B



Kuvaaja 1. Toisiopuolen mitoituslämpötilat vuosina 1967–2013

K1/2013-julkaisussa on eroteltu lisäksi mukavuuslattialämmityksen toteutus erillisellä lämmönsiirtimellä, jonka mitoituslämpötilat poikkeavat yleisen lattialämmityksen mitoituslämpötiloista. Luvussa 3.2 selostetaan tarkemmin lattialämmityksen muutoksen taustoja. Myös ilmanvaihtojärjestelmän lämmityksen mitoituslämpötiloja on muutettu K1/2013-julkaisussa.

K1/2013-julkaisussa on alennettu ensiöpuolen kaukolämmön paluulämpötilan maksimiarvot sekä lämmityspiireissä, että käyttöveden valmistuksessa. Syynä on tuotantoprosessin parempi hyötysuhde matalammalla kaukolämmön paluulämpötilalla. Esimerkiksi Fortum Oyj:n kaukolämpöverkoston paluueden yhden asteen matalampi lämpötila säästää tuotantoprosessissa noin 2 000 000 € vuodessa (5). Koska uudisrakennusten osuus olemassa olevista rakennuksista on pieni, paluulämpötilan alentaminen ei vaikuta lähivuosina vielä paljoakaan tuotantoprosessiin. Korjausrakentamisen puolella K1/2013-julkaisussa on määritelty lämmönsiirtimien uusinnan yhteydessä siirtimien mitoituslämpötilat, jotka vastaavat vuonna 1983 asetettuja vaatimuksia. Luvussa 2.6 on selostettu lisää korjausrakentamisen mitoitusta.

2.4 Putkistojen, venttiilien ja varusteiden mitoitus

Uudessa K1-julkaisussa on eroteltu sekä ensiö- että toisiopuolen putkistojen, putkistojen liitosten, venttiilien ja varusteiden mitoituskriteerit. Mitoituskriteerit ovat eri ensiö- ja toisiopuolella, koska ensiö- ja toisiopuolella on erilaiset olosuhteet putkistoissa. Ensinäkin ensiöpuolella putkistossa sallitaan maksimipaineeksi 1,6 MPa ja toisiopuolella 1,0 MPa. Myös käyttölämpötilat ovat ensiöpuolella korkeammat kuin toisiopuolella. Lisäksi ensiöpuolella paineen vaihtelu on paljon suurempi kuin toisiopuolella. Tästä syystä muun muassa putkistojen materiaali, liitokset ja komponentit on sovitettava tarkoituksenmukaisesti käyttöolosuhteisiin. Esimerkiksi ensiöpuolella sallitaan kupariputkien käyttö vain pientalokytkenän yhteydessä, kun taas toisiopuolella kuparia käytetään käyttövesijärjestelmässä sekä joissain tapauksissa myös lämmitysjärjestelmässä. Lisäksi ensiö- ja toisiopuolen varustelutaso on erilainen. K1-julkaisussa myös lämpötilamittarien lukematarkkuus on muutettu 2 °C:ksi. Muutoksen taustalla on se, että nykyään kaikki tärkeimmät mittaustiedot luetaan etäyhteydellä valvontakeskuksesta, jolloin putkistoihin asennettavat pintalämpötilamittarit ovat vain varajärjestelmänä, esimerkiksi sähkökatkoksen sattuessa sähköjakeluverkossa. (5)

2.5 Lämpimän veden kiertojohtoon mitoitus

K1/2013-julkaisussa kiertojohtoon mitoituksen perusteeksi on viitattu RakMK D1:ssä asetettuihin mitoituskriteereihin, muun muassa putkiston sallittuun veden nopeuteen ja putken lämmöneristyksen lämmönjohtavuuteen. Uudessa julkaisussa on myös tiukennettu kiertoveden alhaisinta sallittua lämpötilaa 55 °C:seen, joten kiertoveden jäähtyminen sallitaan vain kolmella asteella. Korjausrakentamisen puolella kuitenkin sallitaan kiertoveden jäähtyminen K1/2003:n mukaiseen lämpötilaan, eli 50 °C:seen. Lisäksi kiertoveden pumpun mitoituksessa vaaditaan laskennallisia mitoitusvirtaamia, kun taas aikaisemmin mitoituskriteerinä on ollut vähintään 30 % lämpimän veden mitoitusvirtaamasta. (4, s. 58.)

2.6 Lämmitysjärjestelmien mitoitus korjausrakentamisessa

K1/2013:n taulukossa K on esitetty lämmitysjärjestelmien mitoituslämpötilat korjausrakentamisessa. K1/2013:n taulukko K on esitetty kuvassa 4. Aikaisemmassa K1-

julkaisussa ei ollut erikseen eritelty korjausrakentamisen mitoitusohjeita, koska mitoituslämpötilat ovat pysyneet samoina vuodesta 1983. K1/2013-julkaisun taulukossa K on erikseen eritelty toisiopuolen mitoituslämpötilat 80/60 °C vanhoille rakennuksille, jotka ovat valmistuneet ennen vuotta 1983. Muissa tapauksissa käytetään K1/2003:n mukaisia mitoituslämpötiloja. Toisiopuolen mitoituslämpötilat 90/60 °C, joita on käytetty vuoteen 1972, ei enää käytetä korjausrakentamisessa. Perusteena on se, että vanhojen rakennusten ulkovaippa on peruskorjattu, jolloin lämpöhäviöt ulkovaipassa ovat pienemmät kuin alkuperäisessä mitoituslanteessa. Korjausrakentamisen suunnittelussa on huomioitava, että myös ensiöpuolella paluuveden lämpötilan asteisuus on muutettu samalla periaatteella kuin uudisrakennuksen puolella. Tällöin ensiöpuolen paluuveden lämpötilan sallitaan olevan maksimissaan 3 °C korkeampi kuin lämmitysjärjestelmän siirtimelle palaavan nesteen lämpötila. (4, s. 57.)

Taulukko K. Lämmityksen ja ilmanvaihdon lämmönsiirtimien mitoituslämpötilat – olemassa olevat rakennukset

	LÄMMÖNSIIRTIMIEN MITOITUSLÄMPÖTILAT °C				
	TULO	ENSIÖ		TOISIO	
		PALUU	PALUU	MENO	
Lämmityksen lämmönsiirtimet, radiaattorilämmitys	115	43 (max)	40 (max)	70 (max)	
Lämmityksen lämmönsiirtimet, radiaattorilämmitys – vanhat rakennukset	115	63 (max)	60 (max)	80 (max)	
Lämmityksen lämmönsiirtimet, lattialämmitys	115	33 (max)	30 (max)	40 (max)	
Kosteiden tilojen mukavuuslattialämmitys	70	28 (max)	25 (max)	35 (max)	
Ilmanvaihdon lämmönsiirtimet	115	43	40	70	
Huomautus		Ensiöpuolen paluulämpötila saa olla enintään 3 °C korkeampi kuin toisiopuolen paluulämpötila			

Kuva 4. K1/2013-ohjeen Taulukko K

2.7 Kaukolämmön peruskytkentäkaaviot

Kaukolämmön kytkentäkaaviot jaetaan kolmeen pääryhmään: peruskytkentä, pientalokytkentä ja välisyöttökytkentä. Peruskytkentä on nimestä päätellen yksinkertaisin kaukolämmön kytkentä, jota on käytetty vuosien ajan. K1/2013-ohjeessa peruskytkentä on säilynyt samana. Pienenä muutoksena on ainoastaan lämpimän käyttöveden hälytyksellä varustettu lämpömittarin siirto lämmitysverkoston täyttöhaaran jälkeen. Sijainnilla ei ole kuitenkaan teknistä vaikutusta, sillä veden täyttö on normaalisti kiinni-asennossa. (5)

Pientalokytkentää käytetään omakoti- ja rivitaloissa. Pientalokytkennän kaavio on säilynyt ennallaan, ainoana täydennyksenä K1/2013-ohjeen kaavioon on vaihtoehtoinen tasaussäiliön lisäys lämpimän käyttöveden runkojohtoon. Tasaussäiliön tarkoituksena on ylläpitää määräysten mukainen lämpötila, jolla saavutetaan hyväksyttävä säätöarvo. Tasaussäiliötä käytetään silloin, kun syystä tai toisesta lämpimän käyttöveden kiertojohtoa ei asenneta.

Välisyöttökytkennän periaatteena on lämmityssiirtimeltä palaavan kaukolämpöveden hyötykäyttö lämpimän käyttöveden esilämmityksessä, jolloin esilämmityksen kaukolämpövedestä saatava teho on niin sanotusti ilmaislämpö. Myös tuotannolle on edullista, kun käytetään käyttöveden esilämmitystä, sillä kaukolämmön paluuvesi saadaan kylmemmäksi, mikä parantaa kaukolämmön tuotantoprosessin hyötysuhdetta. Liitteessä 1 on esitetty ohje, jossa on selostettu käyttöalueet peruskytkennöille (7, s. 19). Kyseinen ohje ei ole selkeä, sillä lämmitys- ja ilmastointisiirtimet on mitoitettava kuvassa 3 olevan taulukon mukaisilla lämpötiloilla, eli kaukolämmön paluueden lämpötilan on oltava maksimissaan 33 °C, kun taas liitteen 1 ohjeessa lämpötilat ovat 40...45 °C tai yli 45 °C. Toisin sanoen oikealla siirrinmitoituksella ei missään tapauksessa saavuteta vaadittavaa tilannetta, jossa voitaisiin käyttää välisyöttökytkentää. Välisyöttökytkentää voidaan hyödyntää sellaisissa rakennuksissa, joissa on jatkuva vedenkäyttö, kuten esimerkiksi isoissa asuinkerrostaloissa, liikuntahalleissa ja uimahalleissa. Kuitenkin, riippumatta lämpimän veden siirtimen mitoitustehosta, välisyöttökytkentää voidaan käyttää, esimerkiksi tilanteissa, joissa rakenneteknisistä syistä se on järkevämpi ratkaisu. Esimerkiksi peruskytkennällä toteutettu siirrinpaketti on noin 200...300 mm suurempi pituussuunnassa kuin välisyöttökytkennällä toteutettu siirrinpaketti. Välisyöttökytkennän toteutuksesta on sovittava tapauskohtaisesti lämmönmyyjän kanssa. (8; 9.)

2.8 Kaukolämmön esimerkkikytkennät

K1/2013-julkaisussa on peruskytkentävaihtoehtojen lisäksi esitetty erilaisia kaukolämmön esimerkkikytkentöjä sekä sekoitusventtiilin eli shunttiryhmän, ilmanvaihtokoneen lämmityspatterin ja kiertoilmakojeen kytkennät. Kaukolämmön esimerkkikytkennät ovat erilaisiin käyttötilanteisiin sovellettavat peruskytkentöjen variaatiot. K1/2013-julkaisun kaukolämmön esimerkkikytkennät on esitetty liitteessä 2.

Esimerkkikytkentä 1 kuvaa pientalon kytkentää, jossa käytetään kahta erillistä lämmityspiiriä rinnan, esimerkiksi radiaattorilämmitystä ja lattialämmitystä.

Esimerkkikytkentä 2 kuvaa pientalon ratkaisua, jossa ei ole käytössä lämpimän veden kiertojohtoa, vaan se korvataan noin 10...15 litran tasaussäiliöllä, joka varmistaa lämpimän veden saatavuuden suuremmassa hetkellisessä veden kulutuksessa.

Esimerkkikytkentä 3 kuvaa pientalon lattialämmitysjärjestelmää, joka on varustettu yli-
lämpösuojauksella, sillä kiertoveden lämpötila muoviputkissa ei saa ylittää lukemaa 50 °C.

Esimerkkikytkentä 4 kuvaa variaatiota välisyöttökytkennästä, jossa ilmanvaihtosiirtimestä palaavaa ensiöpuolen vettä ei käytetä hyväksi lämpimän veden esivalmistuksessa. Lisäksi esimerkissä on esitetty lämpimän veden mittaus, joka kuuluu tässä tapauksessa siirrinpaketin laitevalmistajan hankintaan.

Esimerkkikytkentä 5 kuvaa variaatiota välisyöttökytkennästä, jossa osa ilmanvaihtosiirtimestä palaavasta ensiöpuolen vedestä käytetään hyväksi lämpimän veden esivalmistuksessa. Lisäksi kaukolämmön meno- ja paluupuolella on vakiopaineventtiilit, jotka säätävät tarvittavaa paine-eroa siirrinpaketissa. Joillakin lämmönmyyjillä, kuten Vantaan Energia Oy:llä, vakiopaineventtiili on vakiovaruste kytkentäkaaviossa. K1/2013-julkaisuun on päivitetty paine-erosäätimen käyttötärpeen ohjekaavio, jossa on esitetty selkeämmin, milloin paine-erosäätöä on tarpeellista käyttää. Lisäksi, lämmönmyyjän on kaikissa tapauksissa ilmoitettava ensiöpuolen käytettävissä oleva paine-ero vaihtelurajoihin. Ilmoitettu paine-ero esitetään kaukolämpökaavion teknisessä erittelyosassa.

(10)

Esimerkkikytkentä 6 kuvaa ulkoalueen sulanapitojärjestelmän kytkentäesimerkkiä. Sulanapitoverkostossa käytetään veden sijaan glykoliliuosta, joka ei jäädy ulkoilman pakkasessa.

Esimerkkikytkennät 7 ja 8 kuvaavat energianlähteiden kytkentöjä lämmitysjärjestelmiin rinnan kaukolämmön kanssa. Esimerkkikytkentä 7 kuvaa lämmityspiirin kytkentää. Toimintaperiaatteena on shunttiryhmän toiminta, jolloin uusiutuva energia toimii primäärienergiana ja kaukolämmöllä varaudutaan huippukulutukseen. Esimerkki 8 kuvaa lämpimän veden valmistukseen kytkentää. Uusiutuvan energialähteen ensiöpuoli kytketään keskimmäiseen siirtimeen sen takia, että kaukolämmön paluuvesi pitää jäähtyä K1/2013-ohjeen määräyksen mukaisesti 20 °C:seen. Jos uusiutuva energia kytketään ensimmäisenä lämpimän veden esivalmistukseen, kaukolämmön paluuvettä ei saada jäähtymään tarvittavaan lämpötilaan. (5)

2.9 K1/2013- julkaisun muut muutokset ja täydennykset

Toinen oleellinen syy K1/2013-julkaisun päivitykseen on tekniikan kehittyminen ja määräysten uudistuminen menneen vuosikymmenen aikana. Muun muassa valvontalaitteet ja säätölaitteet ovat kehittyneet merkittävää vauhtia, ja nykyaikana melkein kaikki mitaustiedot ja käyntiajot voidaan seurata ja ohjata tietokoneen tai jopa puhelimen välityksellä. Tästä syystä ohjeet on päivitetty vastaamaan näitä uudistuksia. Lisäksi on rajoitettu selkeämmin lämmönmyyjän ja kuluttajan välisiä käyttöehtoja rakennuksen sisäisissä kaukolämpölaitteissa ja näiden mittaus- ja ohjauslaitteissa sekä kaukolämpölaitteiden sähköistyksessä.

K1/2013-julkaisun täydennyksessä on myös muokattu ja täydennetty asennusteknisiä dokumentointimalleja ja tarkistuspyötkirjoja. Myös K1-ohjeen lukemisen helpottamiseksi kaikki K1-ohjeen laskentaesimerkit on koottu lukuun 15 ja ne on päivitetty vastaamaan nykyisiä määräyksiä. (5)

3 K1/2013-ohjeen uusien mitoituslämpötilojen vaikutus lämmönluovuttimien mitoitukseen

Tässä luvussa tarkastellaan eri lämmönluovuttimien mitoitus- ja tilavarausmuutoksia uusilla K1/2013-ohjeessa taulukossa B esitetyillä lämpötiloilla.

3.1 Radiaattoreiden ja konvektoreiden mitoitus

Vesikiertoinen patterilämmitys on nykyään yleisin lämmitysmuoto sekä asuinrakennuksissa, että julkisissa rakennuksissa. Vesikiertoiset lämmityspatterit voidaan jakaa toimintaperiaatteen perusteella kahteen ryhmään: radiaattoreihin ja konvektoreihin. Radiaattoreiden lämmönluovutus ympäröivään tilaan tapahtuu suurimmaksi osaksi lämpösäteilyllä, kun taas konvektorilämmittimien lämmönluovutus tapahtuu konvektiolla.

Lämmityspatterin lämmönluovutusteho valitaan huoneen lämmitystehontarvetta vastaavaksi. Koska lämmityspatterit sijoitetaan ikkunan alapuolelle, ikkunan alareunan korkeus lattiapinnasta ja ikkunan pituus ovat tärkeimmät patterin valintaan vaikuttavat tekijät lämmönluovutustehon ohella. Lisäksi lämmityspatterin lämpöteho kokemukseräisesti suositellaan ylimitoittamaan vähintään 10 % kokonaistehontarpeesta, sillä ajan myötä lämmityspatterin lämmönluovutus heikkenee patterin pintojen tummumisen ja likaantumisen myötä. Lämmityspatterin lämmön luovutusteho lasketaan logaritminen yllilämpötilan avulla. Logaritminen yllilämpötila lasketaan kaavalla 1 ja lämmityspatterin lämmitysteho lasketaan kaavalla 2. (11, s. 12–13; 12.)

$$\theta_{ln} = \frac{\theta_1 - \theta_2}{\ln \frac{\theta_1}{\theta_2}} \quad (1)$$

θ_{ln} on logaritminen yllilämpötila (°C)

θ_1 on menoveden lämpötilan ja huonelämpötilan välinen erotus (°C)

θ_2 on paluueden lämpötilan ja huonelämpötilan välinen erotus (°C)

$$\emptyset = \emptyset_r \left(\frac{\theta_{ln}}{\theta_{lnr}} \right)^n \quad (2)$$

\emptyset on lämmityspatterin lämpöteho (W)

\emptyset_r on lämmityspatterin lämmönluovutuksen vertailuteho, joka on laskettu tunnettujen vertailulämpötilojen mukaan (W)

$\Theta_{l,n}$ on logaritminen ylälämpötila (°C)

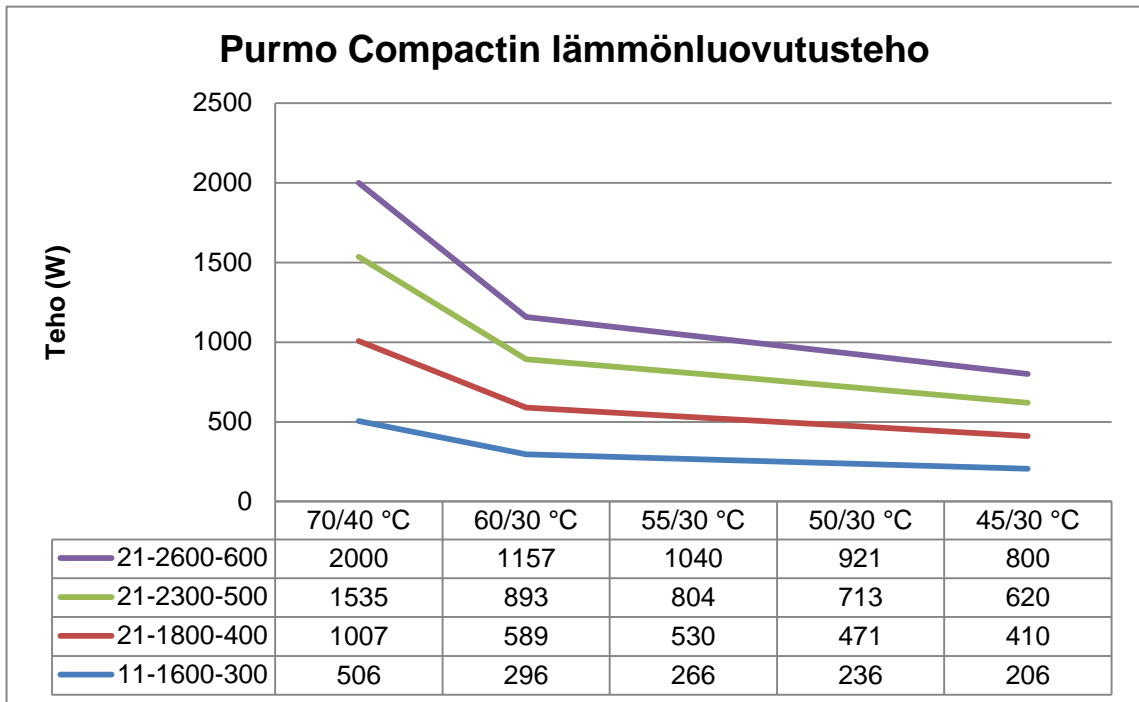
$\Theta_{l,n}$ on vertailulämpötiloilla laskettu logaritminen ylälämpötila (°C), tyypillisesti 49,83 °C

n on lämmityspatterin lämpötilaeksponentti, tyypillisesti 1,3

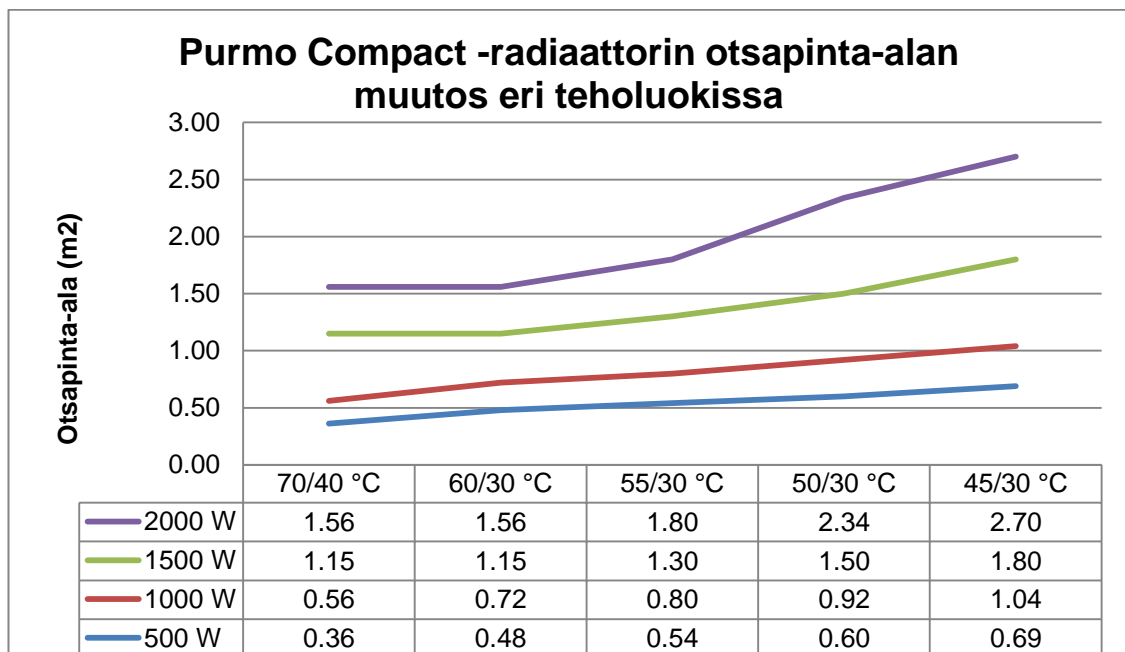
Euroopan suurin patterivalmistaja on Rettig-konserni, joka on tunnettu Suomessa Purmo-nimisen tuotesarjan valmistajana. Alun perin Purmo Tuote -niminen yritys on valmistanut monenlaisia metallialan tarvikkeita ja kalusteita, joista tunnetuin tuote oli Purmo-saha. Vuonna 1959 Purmo Tuote osti pienen peltiradiaattoreita valmistavat metalliyrityksen ja kehitti uudenlaisen radiaattorituotannon. Vuonna 1971 Oy Rettig Ab konserni osti Purmo Tuotteen. Tällä hetkellä Purmon tuotevalikoimassa on hyvinkin erilaisia lämmityspattereiden tuotesarjoja jokaisen sisustusmakuun. (13)

3.1.1 Purmo Compact -mitoitus

Purmon tuotevalikoimasta yleisimmin käytetty radiaattori on mallia Purmo Compact -teräslevyradiaattori, joka soveltuu kaikkiin oleskelutiloihin. Radiaattorin lämpöjohtojen kytkentäratkaisut ovat hyvin erilaisia, joten niitä voidaan soveltaa erilaisiin suunnitteluratkaisuihin. Kuvaajassa 2 on esitetty miten Purmo Compact -radiaattorin lämmön luovutusteho muuttuu kiertävän veden eri mitoitustemperatuuroilla. Kuvaajassa 3 on esitetty miten Purmo Compact -radiaattorin otsapinta-ala muuttuu eri mitoitustemperatuuroilla lämmitystehon pysyessä vakiona. Kaikki radiaattoreiden ja konvektoreiden mitoitukset on suoritettu Purmon internet-sivuilla olevien mitoitustaulukoiden avulla. (12)



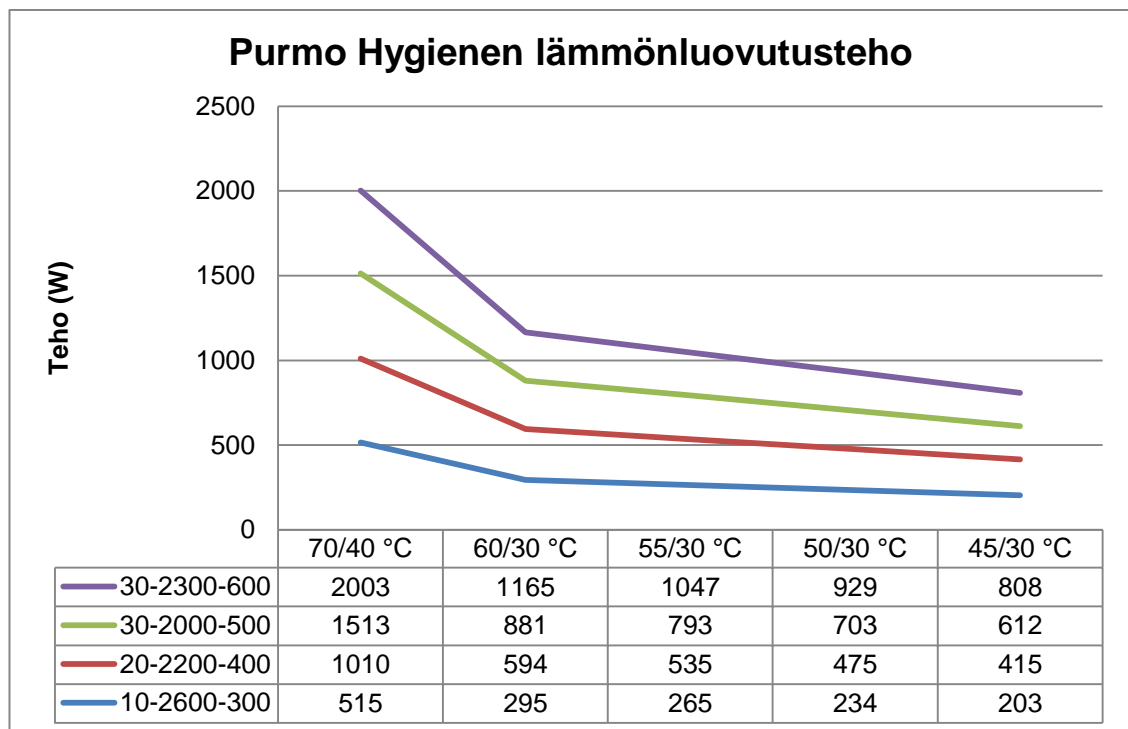
Kuvaaja 2. Purmo Compact -radiaattoreiden lämmönluovutusteho eri mitoituslämpötiloilla



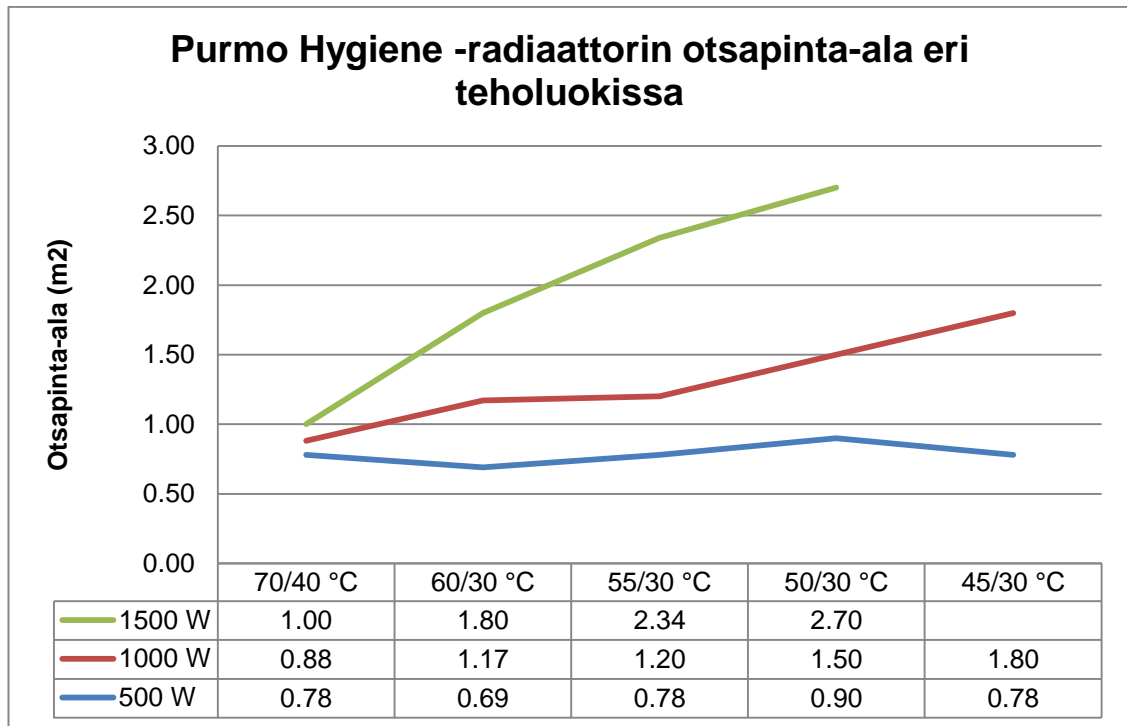
Kuvaaja 3. Purmo Compact -radiaattorin otsapinta-alan muutos eri mitoituslämpötiloilla

3.1.2 Purmo Hygiene -mitoitus

Purmo Hygiene -radiaattori poikkeaa rakenneteknisesti muista radiaattoreista. Purmo Hygiene -radiaattoreissa ei ole konvektiolamelleja, päärtilää eikä päätylevyä. Nämä rakenneosat on jätetty pois, jolloin estetään lian ja pölyn kerääntymisen radiaattorin sisäpinnoille, joten radiaattorin pinojen puhdistaminen on helppoa. Koska radiaattorin rakenteessa ei ole konvektiolamelleja, radiaattorin lämmönluovutusteho on heikompi kuin normaaleissa radiaattoreissa. Purmo Hygiene -mallia käytetään niissä tiloissa, joissa tilan puhtaus on yksi tärkeimmistä kriteereistä. Näitä tiloja ovat esimerkiksi sairaaloiden potilashuoneet, vastaanottohuoneet ja laboratoriot. Kuvaajassa 4 on esitetty, miten Purmo Hygiene -radiaattorin lämmönluovutusteho muuttuu kiertävän veden eri mitoitukslämpötiloilla. Kuvaajassa 5 on esitetty, miten Purmo Hygiene -radiaattorin otsapinta-ala muuttuu eri mitoitukslämpötiloilla lämmitystehon pysyessä vakiona. Koska Hygiene -radiaattoreiden lämmönluovutus on heikompi, isoimpia lämmitystehoja ei saavuteta matalammilla mitoitukslämpötiloilla.



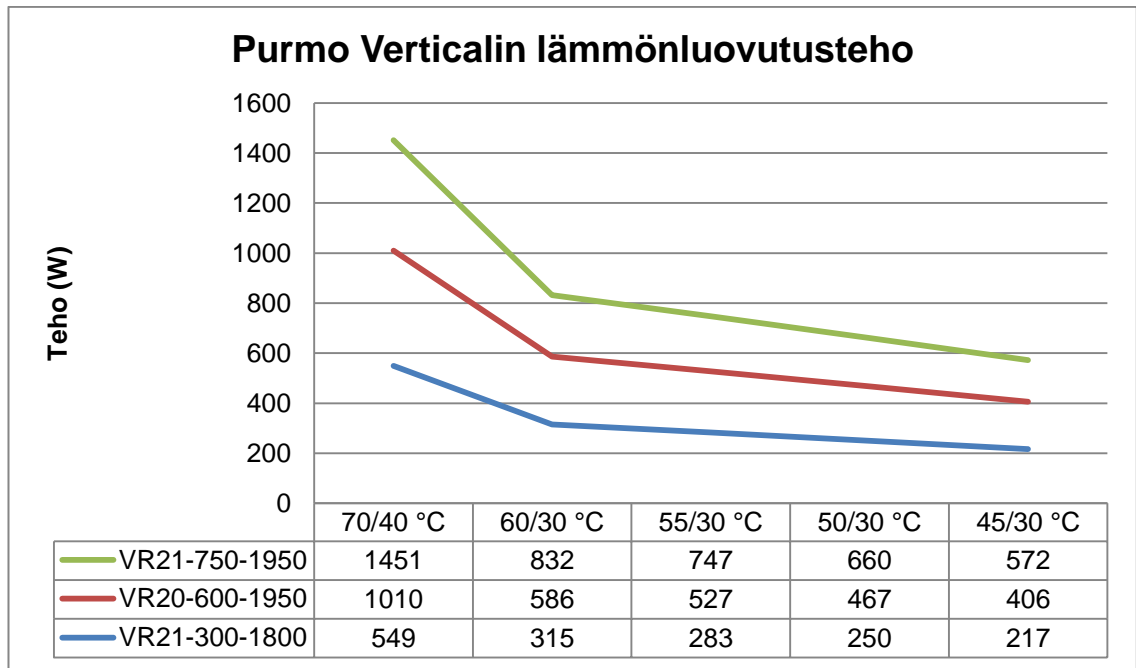
Kuvaaja 4. Purmo Hygienen lämmönluovutusteho eri mitoitukslämpötiloilla



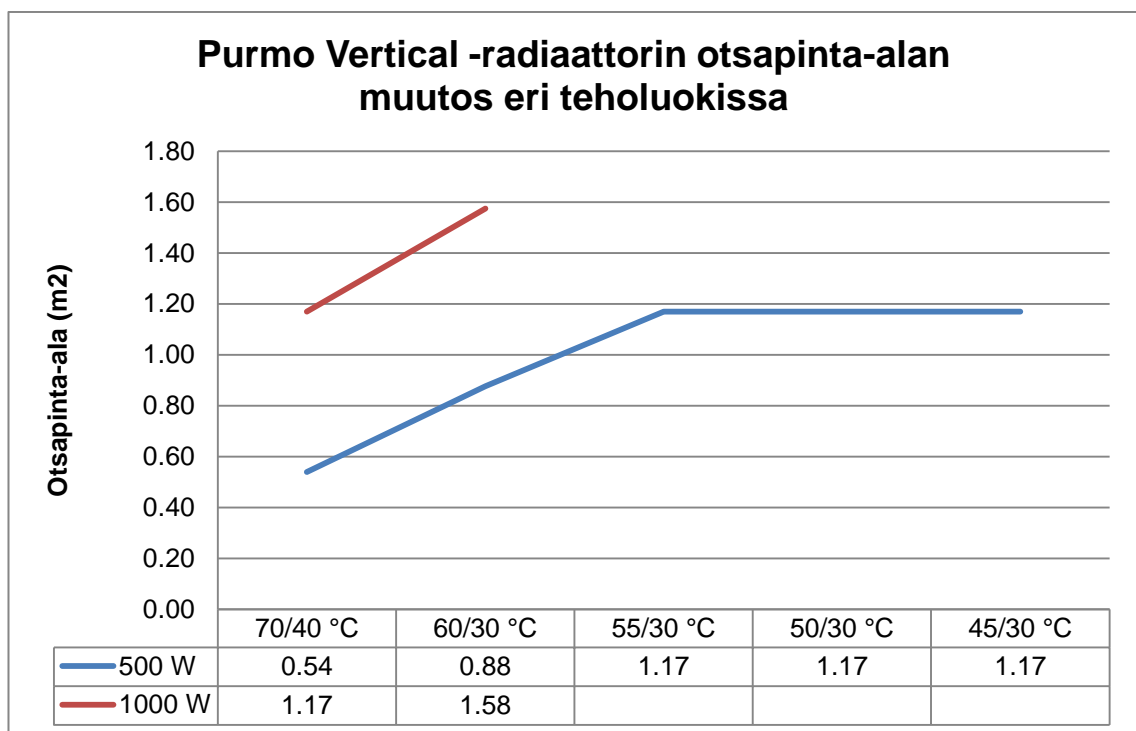
Kuvaaja 5. Purmo Hygienen otsapinta-alan muutos eri mitoituslämpötiloilla

3.1.3 Purmo Vertical -mitoitus

Purmo Vertical -radiaattori on nimensä mukaisesti pystymallinen radiaattori. Pystymallisia radiaattoreita käytetään muun muassa porraskäytävissä sekä varastotiloissa. Purmo Vertical on rakenteeltaan samanlainen kuin perusradiaattorit, mutta sen lämpöjohdot kytketään radiaattorin alapuolelta. Kuvaajassa 6 on esitetty, miten Purmo Vertical,- radiaattorin lämmönluovutusteho muuttuu kiertävän veden eri lämpötilaeroilla. Kuvaajassa 7 on esitetty, miten Purmo Vertical -radiaattorin otsapinta-alan muuttuu eri mitoituslämpötiloilla lämmitystehon pysyessä vakiona. Purmo Vertical -radiaattoreiden valikoima on suppeampi, joten suurempia lämpötehoja, kuten Purmo Compact -mallissa, ei saavuteta.



Kuvaaja 6. Purmo Verticalin lämmönluovutus eri mitoituslämpötiloilla



Kuvaaja 7. Purmo Verticalin otsapinta-alan muutos eri mitoituslämpötiloilla

Erityyppisten radiaattoreiden mitoitusten perusteella voidaan päätellä, että lämpöteho-muutos on verrannollisesti sama kaikissa Purmon radiaattoreissa. Mitoituslämpötiloilla

60/30 °C lämpöteho on 58 % verrattuna mitoituslämpötiloihin 70/40 °C. Mitoituslämpötiloilla 45/30 °C lämpöteho on 40 % verrattuna mitoituslämpötiloihin 70/40 °C. Mitoituslämpötiloilla 45/30 °C lämpöteho on vain 70 % verrattuna mitoituslämpötiloihin 60/30 °C, joten mitoitusilanteessa 45/30 °C radiaattoreiden lämpötehon muutos ei ole niin suuri, kun verrataan mitoitusiloihin 70/40 °C ja 60/30 °C. Toisaalta, kun mitoitetaan yhden radiaattorin otsapinta-ala kuvaajissa 3, 5 ja 7 esitettyjen lämpötehojen mukaan, pinta-ala kasvaa keskimäärin 25...35 % mitoituslämpötiloilla 60/30 °C ja 50...60 % mitoituslämpötiloilla 45/30 °C verrattuna mitoituslämpötiloihin 70/40 °C. Myös Hygiene- ja Vertical -malleissa alemmilla menoveden lämpötiloilla 1 500 W ja 2 000 W ei enää saavuteta, vaan tarvittava lämpöteho on jaettava useampaan radiaattoriin. Näiden tilantarve ei ole suoraan verrattavissa, sillä mitoitukset on tarkistettava tapauskohtaisesti huoneen lämmitystehontarpeen ja muodon mukaan.

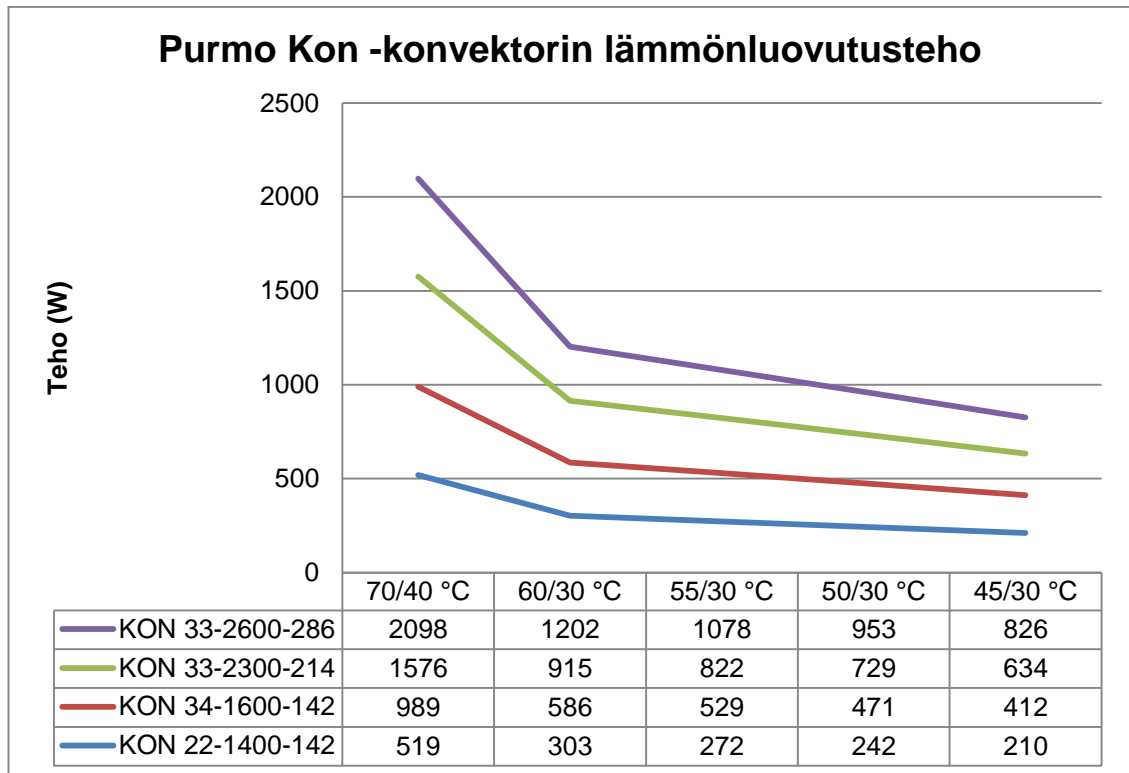
3.1.4 Konvektorilämmittimet

Konvektoreiden toimintaperiaate poikkeaa radiaattorilämmittimistä siten, että lämpö siirtyy lämmitettävään tilaan väliaineen, eli kiertävän ilman kautta eikä lämpösäteilyn kautta. Konvektorit ovat joko painovoimaisia, eli ilma kiertää konvektoreissa painovoimaisesti, tai kiertoilmakojeilla varustettuja. Kiertoilmakoje imee ilmaa ja puhalttaa sen lämmityslamelleiden kautta takaisin lämmitettävään tilaan.

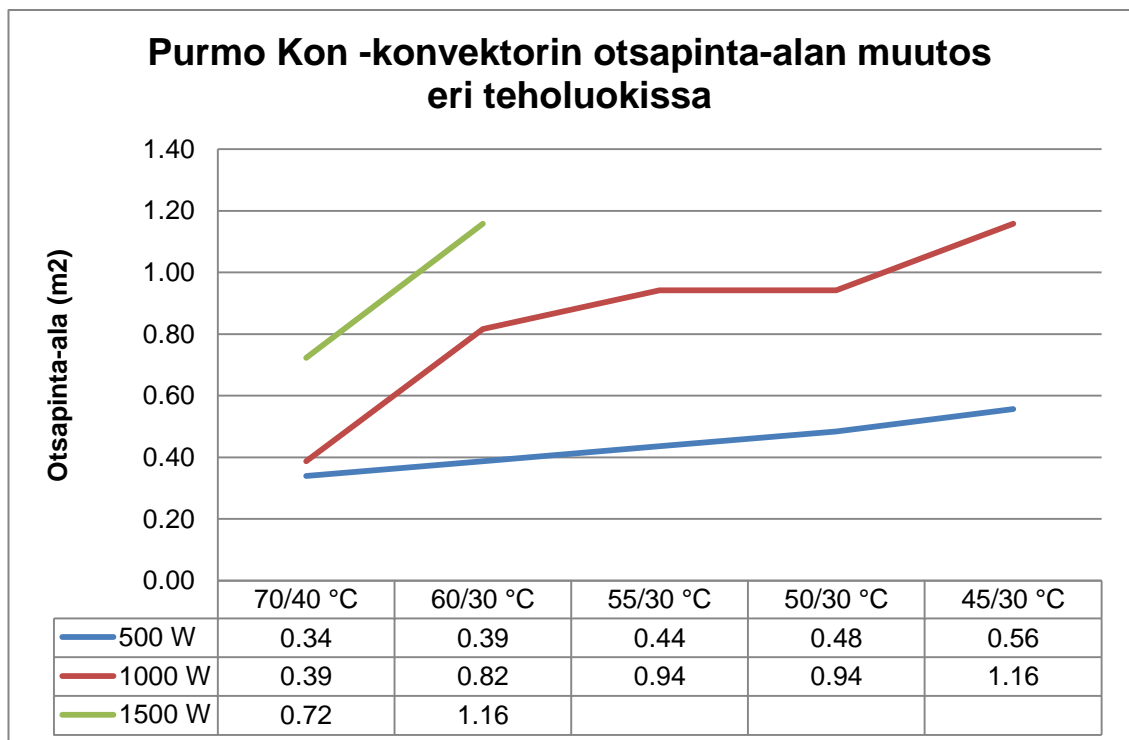
Painovoimaisesti toimivan konvektorin eteen on jätettävä vapaata tilaa, jotta ilma pääsee kiertämään konvektorin kautta. Myös kiertoilmakojeilla varustetuissa konvektoreissa on huomioitava kiertoilman imu- ja puhallusaukkojen suunta, jottei syntyisi ilman oikosulkuvirtausta. Tilassa, jossa on konvektori, on mietittävä erityisen tarkkaan tulo- ja poistoilmalaitteiden sijoittaminen ilmanvaihdon suunnittelussa. Kiertoilmakojeiden mitoitukset on esitetty luvussa 3.7, jossa on selostettu myös lattiaan asennettavan kiertoilmakojeella varustetun Purmo Aquilo -konvektorin mitoitukset.

3.1.5 Purmo Kon -mitoitus

Purmo Kon Tuote on konvektori, jota käytetään suurikokoisten ikkunoiden yhteydessä. Käyttökohteet ovat esimerkiksi avarat asuintilat, aulat ja avokonttorit. Kuvaajassa 8 on esitetty, miten Purmo Kon -konvektorin lämmönluovutusteho muuttuu kiertävän veden eri mitoituslämpötiloilla. Kuvaajassa 9 on esitetty, miten Purmo Kon -konvektorin otsapinta-ala muuttuu eri lämpötilaeroilla lämmitystehon pysyessä vakiona.



Kuvaaja 8. Purmo Kon -konvektorin lämmönluovutusteho eri mitoituslämpötiloilla



Kuvaaja 9. Purmo Kon -konvektorin otsapinta-alan muutos eri mitoituslämpötiloilla

Purmo Kon -konvektoreissa, kuten myös Purmo Hygiene- ja Purmo Vertical -radiaattoreissa, matalammilla menoveden mitoitustilapötiloilla yksittäisellä lämmönluovuttimella ei saavuteta isoimpia tehoja, joten tarvittaessa lämpöteho on jaettava useisiin konvektoreihin lämmitystehontarpeesta riippuen. Mitoitusten perusteella Purmo Kon -konvektorin lämmönluovutuskyky ja otsapinta-ala muuttuvat samoissa suhteissa kuin Purmon radiaattoreissa.

3.2 Vesikiertoiset lattialämmitysjärjestelmät

Yksi rakennuksen lämmitysmuodoista on lattialämmitys. Koko rakennuksen lämmitykseen lattialämmitystä käytetään enimmäkseen asuinrakennuksissa. Toisarvoisissa tiloissa, kuten varastoissa ja käytävissä lämmitys toteutetaan kuitenkin radiaattoreilla. Tässä tapauksessa radiaattorit on syytä liittää ilmanvaihdon lämmitysverkostoon.

Koko rakennukseen käytettävä lattialämmitys voidaan jakaa oleskelutiloja palvelevaan lattialämmitykseen ja märkätilojen mukavuuslattialämmitykseen. K1/2013-julkaisussa on eroteltu lattialämmityksen ja mukavuuslattialämmityksen meno- ja paluuvesien mitoitustilapötilat sillä periaatteella, että mukavuuslattialämmityksessä käytetään alempia lämpötiloja. K1/2013-ohjeen taulukossa B on esitetty lattialämmitysjärjestelmien mitoitustilapötilat. Koska märkätiloissa on paljon kosteutta, niissä on syytä pitää lämmitystä myös kesäaikana, jotta kosteutta ei kertyisi rakenteisiin.

Asuinrakennuksessa, jossa asuintilojen lämmitys toteutetaan pelkästään lattialämmitysjärjestelmällä, ei ole järkevää toteuttaa lattialämmitystä ja mukavuuslattialämmitystä erillisinä lämmitysjärjestelminä, sillä lämmönsiirrin, putkistot, jakotukit ja varusteet joudutaan asentamaan kaksinkertaisesti. Tällöin myös lämmitysjärjestelmän tilantarve ja hankintahinta kasvavat. Oleskelu- ja märkätilojen lattialämmitys voidaan kuitenkin toteuttaa yhteislattialämmitysjärjestelmänä. Tällöin lämmönsiirtimen yhteyteen ei voida asentaa kesäsulkua, vaan asuintiloja palvelevat kiertopiirit on suljettava jakotukeista magneetti- tai moottoriventtiilien avulla joko aikaohjauksella tai asuintiloihin sijoitettavilla sisäilmalämpötilan antureiden ohjauksella. Sisäilmalämpötilaohjauksella märkätilojen lattialämmitys saadaan käyttöön myös kesäaikaan, koska märkätiloja säätävä lämpötila-anturi sijoitetaan lattiarakenteeseen. Yhteinen lattialämmitysjärjestelmä voidaan toteuttaa esimerkiksi Uponor Control Systemin (DEM) langallisella tai langattomalla järjestelmällä. Liitteessä 3 on esitetty langattoman järjestelmän toimintakaavio. Oikean

säädön ja toiminnan varmistamiseksi asuinhuoneiston lopullinen toteutussuunnittelun laadinta on syytä ohjata lattialämmitysjärjestelmän tuotevalmistajalle. (14)

Lattialämmitysjärjestelmä on suunniteltava maksimissaan 10 °C:n lämpötilaerolla. Kun toteutetaan yhteislattialämmitysjärjestelmää, se voidaan suunnitella mitoituslämpötiloilla 35/25 °C, vain jos asuintilojen lattian rakenne kestää suurempia lämpötilaeroja. Vaihtoehtoina on jakaa lattialämmitysjärjestelmän mitoituslämpötilat talvi- ja kesäaikaan. Tässä tapauksessa talviaikana, eli lämmityskauden aikana, ensiöpuoli mitoitetaan lämpötiloilla 115/33 °C ja toisiopuoli mitoitetaan lämpötiloilla 35/30 °C. Kesäaikaan, kun on käytössä pelkästään märkätilojen lattialämmitys, ensiöpuoli mitoitetaan lämpötiloilla 70/28 °C ja toisiopuoli mitoitetaan lämpötiloilla 30/25 °C. Tässä ratkaisussa on tarkistettava, kumpi mitoitus tilanne on määräävä siirripaketin mitoitusta varten. Jos kesäajan mitoitus tilanne on määräävä, kaukolämpökaavion teknisessä erittelyssä on esitettävä sekä talvi- että kesämitoitusajot. Talvitilanteen ollen määräävä kaukolämpökaavion tekniseen erittelyyn riittävät vain talvitilanteen mitoitus tiedot. (9; 10.)

Kesäajan mitoitus tilanteen on oltava noin 51 % koko lattialämmitysjärjestelmän lämmitystehosta, jotta se olisi määräävä. Tosin, koska kyseinen toteutus ratkaisu on sovellettavissa enimmäkseen asuinrakennuksissa, kesäajan mitoitus tilanne ei ole koskaan määräävä, sillä märkätilojen lämmitysteho on tyypillisesti 10...25 % koko asuintilojen lämmitystehosta. Lattialämmityksen ja mukavuuslattialämmityksen toteutus erillisinä järjestelminä on kuitenkin parempi ratkaisu säädön ja toimivuuden kannalta. Lisäksi kun lattialämmitys järjestelmään halutaan integroida lattiaviilennys, on mukavuuslattialämmitys toteutettava erillisenä järjestelmänä.

3.3 Ilmanvaihdon lämmitys

Nykyisten määräysten mukaan uudisrakennuksissa ilmanvaihto toteutetaan aina koneellisesti. Koneellisella ilmanvaihdolla saavutetaan hyvä ja viihtyisä sisäilman taso rakennuksen sisätiloissa. Kylmänä ja viileänä vuodenaikana raitista ulkoilmaa on lämmitettävä ennen tuloilman puhallusta sisätiloihin, jotta ei syntyisi vedon tunnetta oleskelutiloihin. Lisäksi tuloilman lämmityksellä voidaan osittain korvata rakennuksen ulkovai-pasta johtuvaa lämpöhäviötä, jolloin patteriverkoston lämmitystehontarve on pienempi. Useimmiten tuloilma lämmitetään +18 °C...+21 °C:seen. Joissakin tapauksissa, kuten puolilämpimissä tiloissa, tuloilmaa voidaan lämmittää +5 °C...+16 °C:seen.

Tuloilman lämmitys toteutetaan ilmanvaihtokoneessa olevan lämmityspatterin avulla. joko sähköllä tai kiertovedellä. Sähköllä toimivaa lämmityspatteria käytetään pienimmissä ilmanvaihtokoneissa, esimerkiksi omakotitalojen ja porraskäytävien ilmanvaihtokoneissa. Isoimmissa ilmanvaihtokoneissa käytetään vesikiertoista lämmityspatteria. Kaukolämmöllä toimiva vesikiertoinen lämmitysjärjestelmä on elinkaaren aikana edullisempi ratkaisu kuin sähkölämmiteinen ratkaisu, vaikka vesikiertoisen järjestelmän toteutuskustannukset ovat huomattavasti suurempia.

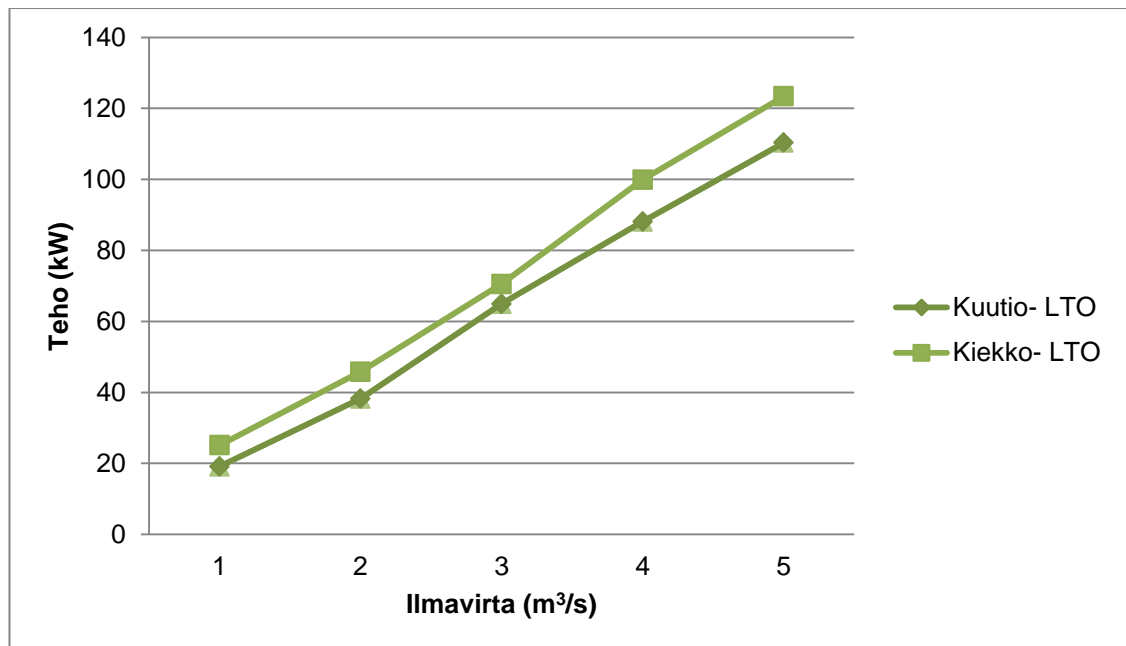
K1/2013-ohjeessa taulukossa B on määritelty uudet toisiopuolen lämmitysjärjestelmän mitoituslämpötilat ilmanvaihdon lämmitysjärjestelmän putkimitoitusta varten. K1/2013-ohjeen kohdassa 3.4.3 on määritelty ilmanvaihtokoneiden lämmityspatterin uudet mitoituslämpötilat uudisrakennuskohteisiin. K1/2013-ohjeen ilmanvaihtojärjestelmän mitoituslämpötilojen muutoksen taustalla on se, että ensiöpuolen paluulämpötilan asteisuus on oltava sama kuin muiden patterilämmitysjärjestelmissä. Tällöin ensiöpuolen paluulämpötila on mitoitettava maksimissaan lämpötilaan 33 °C. Tästä syystä myös toisiopuolen menoveden lämpötilaa on jouduttu alentamaan, jotta meno- ja paluuv veden lämpötilaero pysyisi samana.

Ilmanvaihtokoneiden lämmityspattereiden mitoitusvertailussa verrataan mitoituslämpötiloja 50/30 °C ja 60/40 °C. Mitoituksissa on käytetty Recair Modular-ilmanvaihtokoneiden mitoitusohjelmaa. Mitoitukset on suoritettu kiekko- ja kuutiolämmöntalteenottolaitteilla (LTO) varustetuissa ja rakenteeltaan samantyyppisissä ilmanvaihtokoneissa noudattaen Suomen rakentamismääräyskokoelmassa asetettuja mitoituskriteereitä. Ilmanvaihtokoneet on mitoitettu tulo- ja poistoilmamäärillä 1...5 m³/s ja kanaviston painehäviöllä 300 Pa. Taulukossa 2 on esitetty eri mitoitustilanteiden ilmanvaihtokoneiden konekoot, kuivan tuloilman lämpötila lämmöntalteenoton jälkeen ja lämmöntalteenoton tuloilman lämpötilahyötysuhde. Mitoitettujen Ilmanvaihtokoneiden lämmityspattereiden tehontarve on suoraan verrannollinen lämmityspatterille tulevan ilman lämpötilasta. Mitoitettujen ilmanvaihtokoneiden lämmityspattereiden tarvittava lämmitystehot on esitetty kuvaajassa 10. Lämmityspattereiden lammellijakona on 2,0 mm ja lämmityspattereiden nesteen maksimipainehäviönä on 50 kPa. Mitoituksesta saatujen tulosten mukaan lämmityspatterin syvyys on pysynyt samana kaikissa mitoitustilanteissa. Lämpötiloilla 50/30 °C mitoitettujen lämmityspattereiden vesitilavuus on kiekko-LTO-ilmanvaihtokoneissa kasvanut keskimäärin 40 % ja lämmityspatterin kiertoveden painehäviö on kasvanut keskimäärin 72 % verrattuna mitoitustilanteeseen 60/30 °C. Kuutio-LTO-koneissa vesitilavuus on molemmissa mitoituslämpötiloissa py-

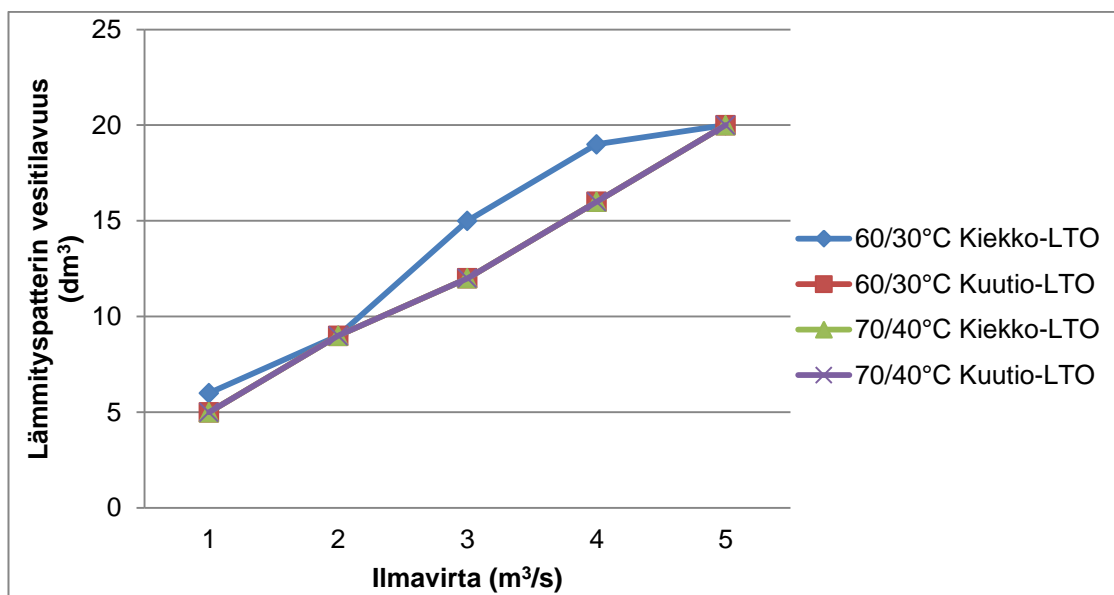
synyt samana, ja lämmityspatterin kiertoveden painehäviö on kasvanut 6 %. Kuvaajassa 11 on esitetty mitoitettujen ilmanvaihtokoneiden lämmityspattereiden vesitilavuudet.

Taulukko 2. Recair-ilmanvaihtokoneiden mitoitukset eri lämmöntalteenottolaitteilla

Ilmavirta (m ³ /s)	Pyörivä lämmöntalteenotto			Kuutio lämmöntalteenotto		
	Recair IV- koneen koko	Tuloilman lämpötila LTO:n jäl- keen (°C)	Lämpötila hyötysuhde (°C)	Recair IV- koneen koko	Tuloilman lämpötila LTO:n jäl- keen (°C)	Lämpötila hyötysuhde (°C)
1	4B	10,1	77	3C	5	66
2	4D	10,1	77	4D	6,9	70
3	4F	8	72	4E	6,4	69
4	5F	7,6	72	5E	5,2	66
5	5F	7,6	72	5F	5,4	67



Kuvaaja 10. Lämmityspattereiden tehontarve eri ilmanvaihtokoneiden mitoituksilla



Kuvaaja 11. Mitoitettujen ilmanvaihtokoneiden lämmityspattereiden vesitilavuudet

3.4 Sulanapitojärjestelmä

Sulanapitojärjestelmiä käytetään ulkoalueiden, muun muassa kävelykatujen ja ajoluisien, sulattamiseen liukkaalla kelillä. Sulanapitojärjestelmän toiminta on periaatteeltaan samankaltainen kuin lattialämmityksen toiminta, poikkeuksena on kuitenkin kiertopiirissä kiertävä neste, joka on glykoliliuos veden sijaan. Glykoliliuosta käytetään jäätymisen estämiseksi lämmitysjärjestelmän kiertopiirissä. Yleensä sulanapitoverkosto mitoitetaan lämpötiloilla 35/20 °C. Lämmitystehon mitoitusperiaatteena on yleensä 300 W/m². On kuitenkin on syytä selvittää tarkemmat mitoitusarvot ja -kriteerit sulanapitojärjestelmän laitetoimittajalta.

Sulanapitojärjestelmä ei ole järkevää pitää koko ajan talvella päällä, sillä käyttökustannukset kasvavat suuriksi. Tästä syystä sulanapitojärjestelmän toiminta on syytä ohjata kosteusanturin, eli lumianturin, lämpötila-anturin tai näiden yhdistelmän avulla. Tällöin sulanapitojärjestelmä on päällä vain silloin, kun on liukas keli.

Sulanapitojärjestelmä voidaan kytkeä kaukolämpöverkkoon eri tavoin. Kun sulanapitojärjestelmä on liitetty rakennuksen lämmitysjärjestelmiin, voidaan harkita osan lämmityspiirin kaukolämmön paluveden hyödyntämistä, jolloin kaukolämmön paluvesi sekoitetaan kaukolämmön menoveteen sopivissa suhteissa sillä periaatteella, että su-

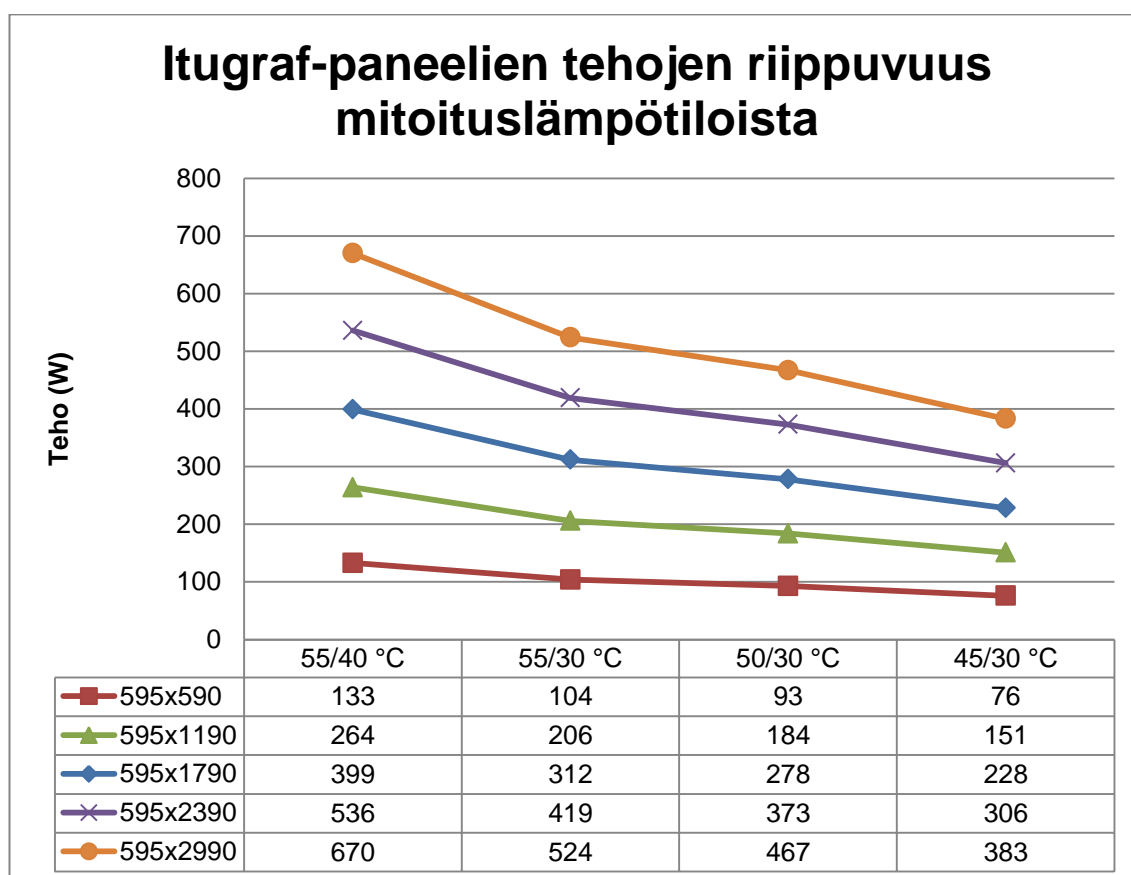
lanapitojärjestelmän siirtimelle tulevan kaukolämmön menoveden lämpötila vastaa kaukolämpökaaviossa ilmoitettua mitoituslämpötilaa. Jos sulanapitojärjestelmä toteutetaan toisiopuolen mitoituslämpötiloilla 35/20 °C, K1/2013-julkaisun mukaisilla ensiöpuolen mitoituslämpötiloilla ei voida enää hyödyntää kaukolämmön paluuvettä koko sulanapitojärjestelmän lämmittämiseen, sillä lämmityssiirtimeltä tuleva kaukolämmön paluueden lämpötila on matalampi. Liitteessä 2 on esitetty sulanapitojärjestelmän kaukolämmön periaatekytkentäkaavion esimerkkikytkentä jossa on esitetty kaukolämmön paluu- ja menoveden sekoituskytkentä. Toinen vaihtoehto on liittää sulanapitojärjestelmän siirrin suoraan kaukolämmön ensiöpuolelle. Tämä vaihtoehto on helpompi toteuttaa, mutta kaukolämmön paluuvesi ei ole tällöin hyödynnettävissä. Kaukolämmön kytkentäratkaisuvaihtoehdot on sovittava erikseen lämmönmyyjän kanssa. (10)

3.5 Matalalämpösäteilijät

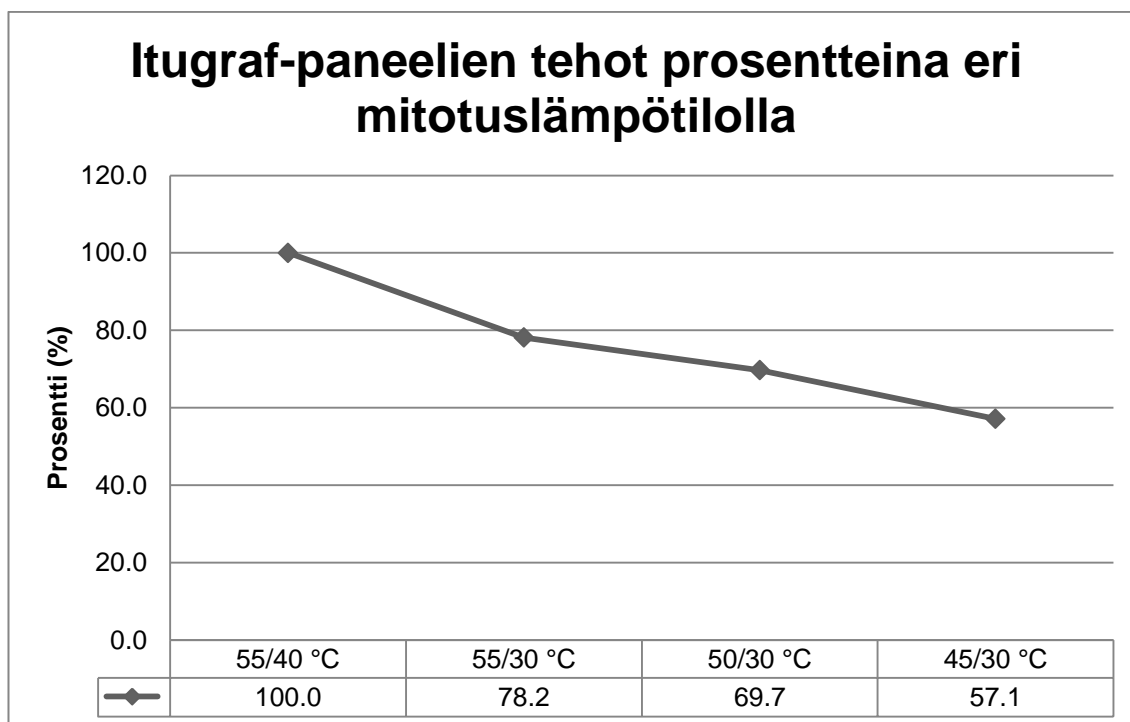
Matalalämpösäteilijät ovat tulleet markkinoille vasta vähän aikaa sitten, eivätkä ne ole monelle vielä kovinkaan tuttuja lämmitysratkaisuja. K1/2013-julkaisun muutettujen toisiopuolen mitoituslämpötilojen ansiosta matalalämpösäteilijät ovat hyvä vastine radiaattorilämmitykselle, sillä nimestä päätellen säteilijät soveltuvat paremmin matalammille mitoituslämpötiloille. Matalalämpösäteilijä- ja radiaattorilämmityksen vertailut käydään tarkemmin läpi luvussa 5.

Matalalämpösäteilijät voidaan asentaa alakattoon ja myös kiinni kattoon, jolloin säteilijät eivät vie tilaa oleskeluvyöhykkeellä. Jäähdytystoiminnolla varustettuja paneeleja ei ole kuitenkaan suositeltavaa käyttää kattoasennuksessa silloin kun kattorakenteessa on lämmöneristyskerros. Paneelit on sijoitettava lämmitettävään tilaan tasaisesti, kuitenkin lähemmäs rakennuksen ulkovaippaa. Säteilijäpaneeleja voidaan käyttää hyvin erilaisissa rakennustyypeissä, esimerkiksi asuinrakennuksissa, hotelleissa ja toimistorakennuksissa. Tiloissa, joissa muuntojoustavuus on tärkeä kriteeri, lämmitystä ei kannata jättää pelkästään säteilijöiden varaan, vaan on syytä varmistaa lämmityksen riittävyys myös radiaattorilämmityksellä esimerkiksi jakamalla tarvittava teho tasan lämmitysjärjestelmien kesken. Syynä tähän on se, että tilojen käyttötarkoitus voi muuttua, jolloin esimerkiksi alakattoon asennetut säteilijät voivat jossain tilanteessa rajoittaa tilan käyttöä, esimerkiksi valaisimien käyttöä, sillä paneelit syövät ison osan kattopinta-alasta.

Yksi Suomen markkinoiden johtavista matalasäteilijävalmistajista on Itula Oy, joka valmistaa Itugraf-nimistä grafiitista valmistettua matalalämpösäteilijäpaneelia. Itugraf-paneelit soveltuvat hyvin alakattoon asennettavaksi alakaton ruudukkojaolla 600x600 mm. Itugraf-paneelija on saatavilla vakiokokoisina pituussuuntaisesti yhdestä viiteen alakattoruudukon kokoisina. Itugraf-paneelissa korkein sallittu menoveden lämpötila on 55 °C ja maksimi meno- ja paluuv veden keskilämpötila alle 3 metrin korkuisissa tiloissa on 45 °C. Tästä syystä K1/2003-ohjeen taulukko B:n mitoituslämpötiloilla 70/40 °C Itugraf-paneeli ei ollut vertailukelpoinen radiaattoreiden kanssa, sillä paneelin lämmitysteho on heikompi korkeamman menoveden rajoituksen vuoksi. Tällöin K1/2003-ohjeen mitoituslämpötiloilla Itugraf-paneelit mitoitetiin joko mitoituslämpötiloilla 55/40 °C tai alle 3 metrin korkuisissa tiloissa mitoituslämpötiloilla 50/40 °C edellä mainittujen rajoitteiden vuoksi. K1/2013-julkaisun taulukko B:n toisiopuolen mitoituslämpötiloilla Itugraf-paneelia voidaan mitoittaa lämpötiloilla 55/30 °C...45/30 °C. Kuvaajassa 12 on esitetty erikokoisten Itugraf-paneelien lämmönluovutustehon muutos eri mitoituslämpötiloilla. Kuvaajassa 13 on esitetty paneelien keskimääräisen lämmönluovutustehon riippuvuutta mitoituslämpötiloista prosenttiyksiköissä. (15)



Kuvaaja 12. Itugraf-paneelien lämmönluovutustehot eri mitoituslämpötiloilla



Kuvaaja 13. Itugraf-paneelien keskimääräinen lämmönluovutusteho eri mitoituslämpötiloilla prosenttiyksiköissä

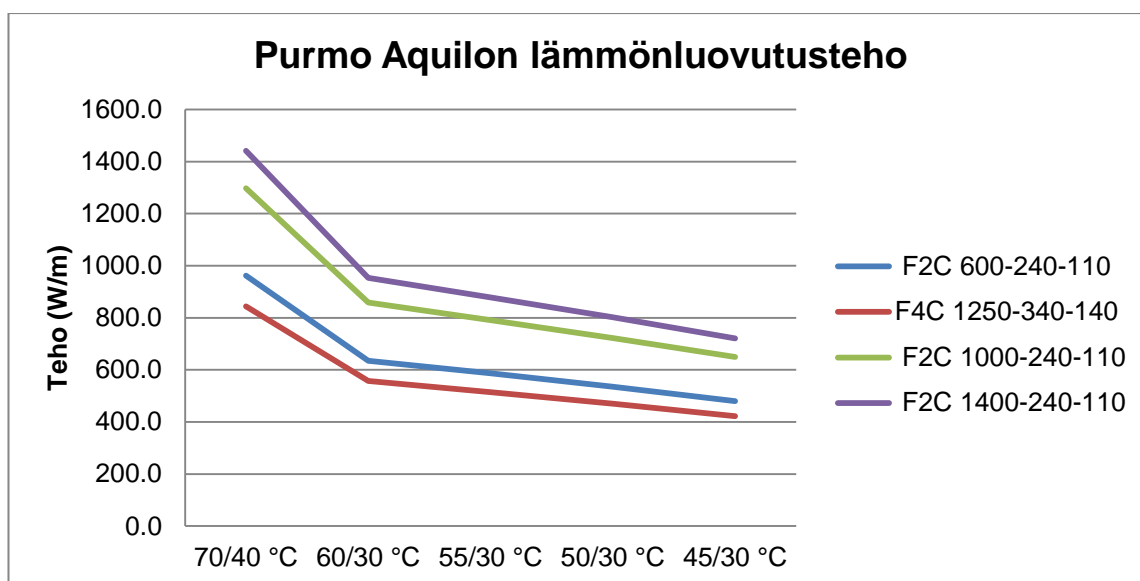
3.6 Kiertoilmakojeet

Kiertoilmakojeita sovelletaan hyvin erilaisiin tilanteisiin. Kiertoilmakojeiden toimintaperiaate perustuu sisäilman puhaltamiseen kojeen sisällä olevaan lämmitys- tai kylmäpatteriin, jolloin konvektion ansiosta kiertoilmaan siirtyy lämpöä tai jäähdytystilanteessa vastaavasti kylmää. Tässä insinööriyössä ei oteta kantaa jäähdytyksen toteutukseen. Kiertoilmakojeen lämmitysteho on riippuvainen kiertävän ilman nopeudesta sekä kiertoilman ja lämmityspatterissa kiertävän veden lämpötilaerosta.

3.6.1 Lattiaan upotettava puhallinkonvektori

Esimerkkinä lattian rakenteeseen asennettavasta puhallinkonvektorista on kiertoilmakojeella varustettu Purmo Aquilo -konvektori. Purmo Aquilo -malleja voidaan soveltaa sekä lämmitykseen että jäähdytykseen. Laite sijoitetaan lähelle ikkunapintoja siten, että kiertoilman reittiä ei estetä sisustuskalusteilla. Laite sijoitetaan rakenteeseen siten, että imu- ja puhallusaukot ovat lattiapinnassa ja kaikki tekniikka on sijoitettu lattian rakenteeseen. Tämä lämmitysratkaisu on sisustuksen kannalta erinomainen ratkaisu, mutta

rakenneteknisistä syistä suunnittelu ja toteutus ovat haasteellisia. Kiertoilmakoje kuluttaa sähköä, jolloin tarvitaan myös sähkökaapelointia. Näin ollen laitteen hankinta- ja käyttökustannukset ovat suuremmat kuin perusradiaattoriratkaisussa. Kuitenkin riippumatta toteutushaasteista Purmo Aquilo on sovellettavissa erilaisiin rakennustyyppeihin. Laitteen etuna on piiloasennuksen lisäksi myös jäähdytyksen integrointimahdollisuus samaan laitteeseen, jolloin säästetään jäähdytyslaitteiden hankintakustannuksissa. Kuvaajassa 14 on esitetty, miten Purmo Aquilo -konvektorin lämmönluovutusteho metripituutta kohti muuttuu kiertävän veden eri mitoituslämpötila. Laitteen tilantarvetta ei ole tarpeellista tarkistaa, sillä laite ei sijoitu rakennuksen oleskelutiloihin.



Kuvaaja 14. Purmo Aquilon lämmönluovutus (W/m) eri mitoituslämpötiloilla

Mitoituslämpötiloilla 60/30 °C saman laitteen lämmönluovutusteho on 66 % ja mitoituslämpötiloilla 45/30 °C lämmönluovutusteho on 50 % verrattuna mitoituslämpötiloihin 70/40 °C. Mitoituslämpötiloilla 45/30 °C laitteesta saadaan 75 % tehoa verrattuna mitoituslämpötiloihin 60/30 °C.

3.6.2 Kattoon asennettavat puhallinkonvektorit

Kattoon asennettavia puhallinkonvektoreita sovelletaan lämmitykseen ja jäähdytykseen sekä näiden yhteiskäyttöön. Puhallinkonvektorit ovat suosittuja tuotteita niissä tiloissa, joissa hetkellinen jäähdytystehontarve on suuri, esimerkiksi neuvotteluhuoneissa ja myymälöissä. Puhallinkonvektoreita käytetään lämmitykseen useimmiten isoissa avo-

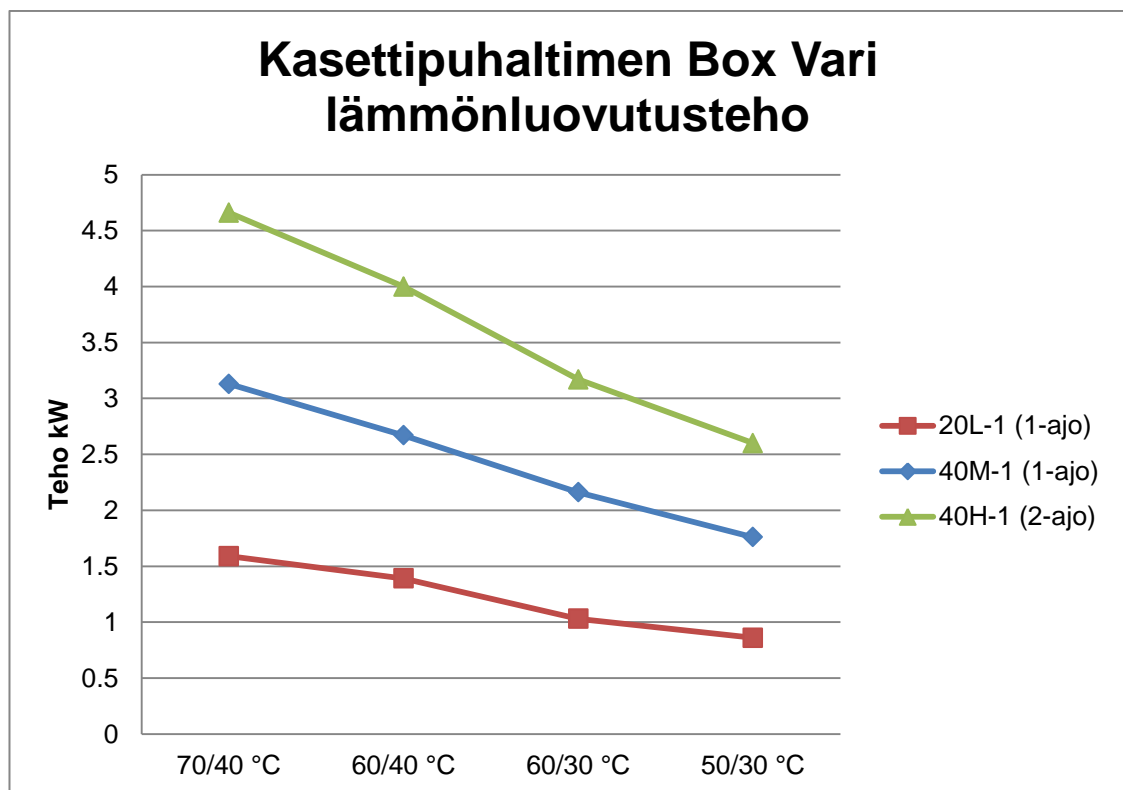
naisissa tiloissa, joissa oleskelu on satunnaista, esimerkiksi isoissa varastotiloissa ja lämpimissä tai puolilämpimissä parkkihalleissa. Puhaltimia voidaan ohjata termostaateilla, läsnäolotunnistimilla, ajastimilla sekä lämpötila-antureilla. Lämmityksessä konvektoreita ohjataan useimmiten lämpötila-anturilla, jolloin puhallin käynnistyy lämpötilan laskiessa asetusarvoon.

Puhallinkonvektorit voidaan kytkeä sekä lämmitysverkostoon, että ilmanvaihdon lämmitysverkostoon. Vanhoilla K1/2003-lämpötiloilla oli samantekevää, kumpaan järjestelmään puhallinkonvektorit kytkettiin, sillä meno- ja paluuveden lämpötilat olivat samat molemmissa verkostoissa. Verkoston valinta oli enemmänkin kiinni runkoputkien sijainnista, eli konvektorit kytkettiin siihen verkostoon, johon kojeen sai helpoiten liitettyä. K1/2013-julkaisun uusilla toisiopuolen lämpötiloilla ei enää ole järkevää liittää kiertoilmakoje lämmitysverkostoon siinä tapauksessa, jos lämmitysverkoston mitoituslämpötilat ovat 45/30 °C, koska kojeiden lämmitysteho on heikompi pienemmällä lämpötilaerolla. Tästä syystä joissakin tapauksissa joudutaan tekemään enemmän putkituksia, jos ilmanvaihdon lämmitysverkoston runkoputket eivät osu lähelle kiertoilmakojeiden suunniteltua sijoituspaikkaa. Kiertoilmakoje voidaan kuitenkin kytkeä lämmitysjärjestelmään silloin, kun lämmitysjärjestelmä mitoitetaan lämpötiloilla 60/30 °C. Kiertoilmakojeet voidaan kytkeä joko suoraan lämmitysverkostoon tai kiertopiiriin eli shunttiryhmän kautta. Shunttiryhmäkytkennällä kiertoilmakoje on mitoittava lämpötiloilla 50/30 °C. Vanhan K1/2003-ohjeen mukaan kiertoilmakojeet mitoitettiin tässä tapauksessa lämpötiloilla 60/40 °C.

Tässä insinööriyössä tarkastellaan Chiller Box Vari -kasettipuhaltimien mitoituksia eri mitoituslämpötiloilla. Chiller Box Vari -kasettipuhaltimet on suunniteltu siten, että ne soveltuvat hyvin normaaliin alakattojakoon moduuleilla 600x600 mm tai 1200x600 mm. Kuvaajassa 15 on esitetty, miten Chillerin Box Vari kasettipuhaltimien lämmönluovutus-tehot muuttuvat eri mitoituslämpötiloilla sisäilman lämpötilan ollessa 20 °C. Taulukossa 3 on esitetty esimerkkikoneajot lämmitystehoilla 1,5 kW, 3 kW ja 4,5 kW. Taulukkoon 3 on määritelty kojeiden virtaamat, painehäviöt ja äänitasot 10 metrin etäisyydellä.

Taulukko 3. Chiller Box Varin koneajot eri teholuokissa

1500 W Tehontarve				
		Virtaama (dm ³ /s)	Painehäviö (kPa)	Äänitaso (dB) 10m etäisyydellä
70/40 °C	20L1 1-ajo	0,013	1,1	23
60/40 °C	20L1 2-ajo	0,019	2,3	28
60/30 °C	20H1 1-ajo	0,015	1	37
50/30 °C	40EL-1 2-ajo	0,019	5,2	24
3000 W Tehontarve				
70/40 °C	40L1 2-ajo	0,025	6,7	28
60/40 °C	40L1 3-ajo	0,037	13,2	32
60/30 °C	60L1 3-ajo	0,025	10,4	26
50/30 °C	100EL-1 3-ajo	0,036	4	29
4500 W Tehontarve				
70/40 °C	60M2 2-ajo	0,038	3,1	35
60/40 °C	100EL1 3-ajo	0,055	7,8	29
60/30 °C	100M1 2-ajo	0,036	3,8	35
50/30 °C	120L2-1 3- ajo	0,052	1,8	35



Kuvaaja 15. Chiller Box Varin lämmönluovutusteho eri mitoituslämpötiloilla

Mitoitusten perusteella Chiller Box Vari -kasettipuhaltimen lämmönluovutusteho suoralla kytkennällä eli mitoituslämpötiloilla 60/30 °C on noin 67 % kuin mitoituslämpötiloilla 70/40 °C. Epäsuoralla kytkennällä eli mitoituslämpötiloilla 50/30 °C lämmönluovutusteho on 64 % kuin mitoituslämpötiloilla 60/40 °C.

3.7 Oviverhopuhaltimet

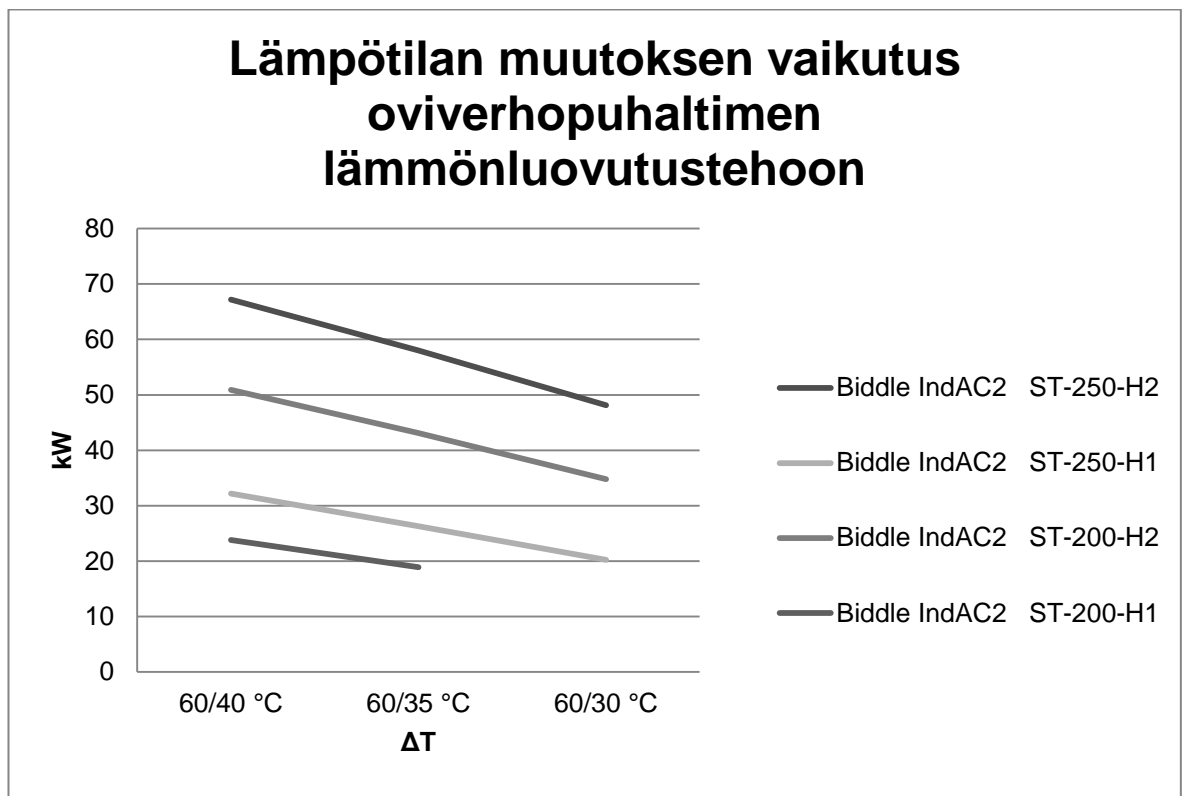
Oviverhopuhaltimia käytetään silloin, kun rakennusten ulkovaipassa olevista oviaukoista virtaa paljon ulkoilmaa rakennuksen sisälle. Esimerkkitapaukset ovat kauppakeskusten tuulikaapit, sisäänajot lämmitettyyn parkkihalliin sekä varastojen lastausovet. Oviverhopuhaltimen toiminta perustuu ilmaverhon luomiseen rakennuksen sisälle oviaukon eteen. Lämmin ilmaverho estää kylmän ilman virtauksen rakennuksen sisälle, jolloin estetään myös vedon tunne oviaukon läheisyydessä.

Oviverhopuhaltimet voidaan jakaa kahteen ryhmään. Yhdessä ryhmässä kierrätysilma sekoitetaan ilmanvaihtokoneessa esilämmittyyn ilmaan ja toisessa ryhmässä kierrätysilma lämmitetään suoraan oviverhopuhaltimessa olevan lämmityspiirin avulla. Useimmiten käytetään oviverhopuhaltimia, jotka on varustettu lämmityspattereilla, sillä laitteiden tilantarpeet, toteutus- ja hankintakustannukset ovat tällöin edullisemmat. Lisäksi oviverhopuhaltimet voidaan jaotella sijoituksen perusteella: ylhäältä päin puhaltavat ja sivuilta puhaltavat. Yleisin sijoitusratkaisu on ylhäältä päin puhallettava oviverhopuhallin, sillä esimerkiksi Stravent Oy:n ylhäältäpäin asennettavien oviverhopuhaltimien ilmaverhon lämmitystehontarve on puolet verrattuna sivuilta päin puhaltavaan oviverhopuhaltimeen (16). Sivuilta päin puhallettavia oviverhopuhaltimia käytetään silloin kun oven yläpuolella ei ole riittävästi tilaa tai silloin kun sivuilta päin puhaltava oviverhopuhallin on arkkitehtuurin kannalta parempi ratkaisu.

Oviverhopuhaltimien tehontarve on tuotevalmistajasta riippuen 20...50 % lämpöhäviön tehontarpeesta. Oviverhopuhaltimien tehontarpeen mitoitukseen vaikuttavat monet seikat, kuten oviaukon koko, sijoitusratkaisu ja tuulen nopeus. Tästä syystä oviverhopuhaltimien tehontarpeen mitoitus ja optimaalinen tuotevalinta on syytä selvittää tuotevalmistajalta.

Yleensä kierrätysilmaperiaatteella toimivien oviverhopuhaltimien lämmityspiiri kytketään ilmanvaihtolämmityspiiriin, joten uudessa K1/2013-julkaisussa taulukossa B päivi-

tetty meno- ja paluulämpötila vaikuttaa oviverhpuhaltimien tehontarpeeseen. Kuvaajassa 16 on esitetty Stravent Oy:n neljän eri tuotteen lämmönluovutustehon mitoitus eri mitoituslämpötiloilla. K1/2003-ohjeen toisiopuolen mitoituslämpötiloilla oviverhpuhaltimien lämmönluovutusteho mitoitetiin mitoituslämpötiloilla 60/40 °C. K1/2013-ohjeen toisiopuolen mitoituslämpötiloilla oviverhpuhaltimien lämmönluovutusteho on mitoittava mitoituslämpötiloilla 60/30 °C. Ääritapauksissa, kuten Biddle IndAC2 ST-200-H1:n tapauksessa, voidaan laitteet mitoittaa lämpötilaerolla 60/35 °C, koska isommalla lämpötilaerolla laitteessa kiertävän veden virtaus muuttuu laminaariseksi.



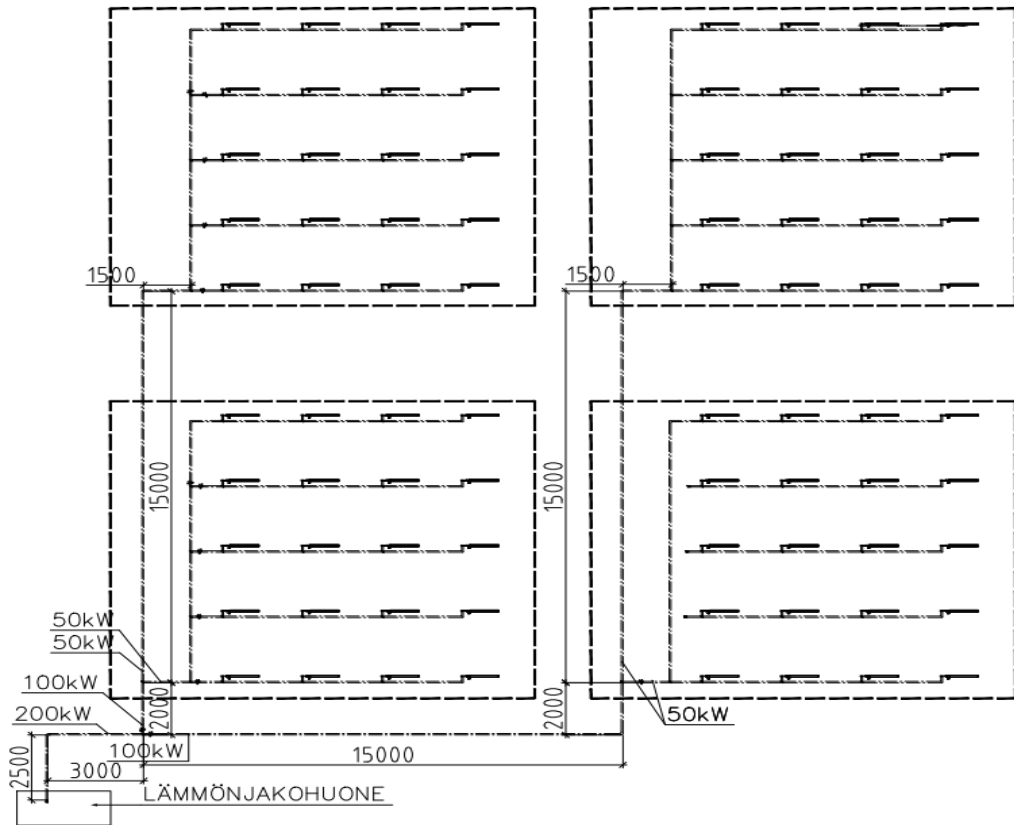
Kuvaaja 16. Stravent Biddle -oviverhpuhaltimien tehot eri mitoituslämpötiloilla

Mitoituksien perusteella mitoituslämpötiloilla 60/35 °C oviverhpuhaltimien lämmitysteho on 80..85 % ja mitoituslämpötiloilla 60/30 °C lämmönluovutusteho on 60...70 % verrattuna mitoituslämpötiloihin 60/40 °C. Koska oviverhpuhaltimien lämmitysteho on huonompi uusilla mitoitusarvoilla, jossain tapauksissa joudutaan valitsemaan pykälää suurempi laite, jotta tarvittava lämmitysteho voidaan saavuttaa, jolloin myös laitteiden tilantarve kasvaa.

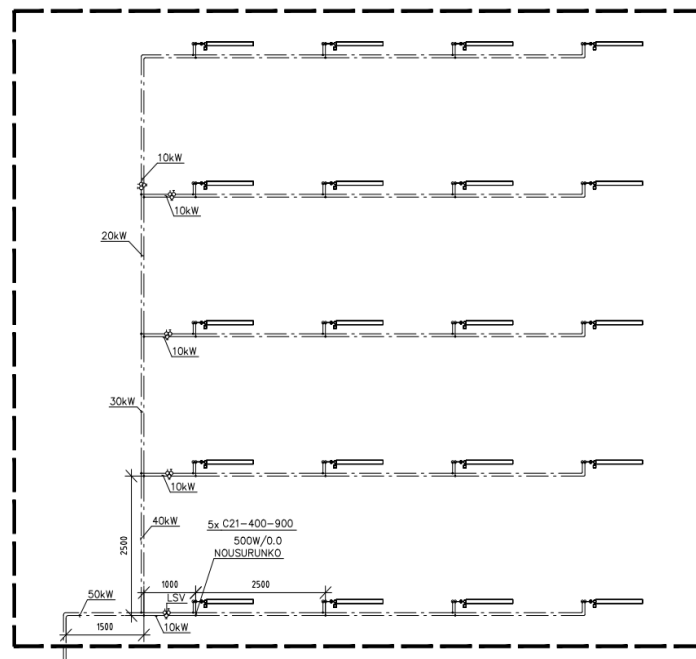
4 Lämmitysjärjestelmän ja komponenttien mitoitusvertailu eri mitoituslämpötiloilla.

Tässä luvussa käsitellään yksinkertaisen lämmitysjärjestelmän mitoituksia eri mitoituslämpötiloilla. Mitoitustapaus on 200 kW:n kaukolämpöön kytketty lämmitysjärjestelmä, johon kuuluu neljä lohkoa, joissa jokaisessa on viisi vaakarunkoa. Runkoon on kytketty neljä nousua, joihin jokaiseen on kytketty viisi 500 W Purmo Compact -radiaattoria. Mitoitukset suoritetaan lämpöteholtaan yhdenmukaisilla radiaattoreilla. Lämmitysjärjestelmä mitoitetaan meno- ja paluueden mitoituslämpötiloilla 70/40 °C, 60/30 °C ja 45/30 ° sisäilmälämpötilan ollessa +20 °C. Radiaattorit on mitoitettu Purmon mitoitus-taulukon mukaan sillä periaatteella, että radiaattoreiden lämmitysteho on mahdollisimman lähellä 500 W:a. Mitoitustilanteessa 70/40 °C on käytetty tuplalevyradiaattoreita Purmo Compact 21-400-900. Mitoitustilanteessa 60/30 °C radiaattoreiden koko oli 21-450-1400 ja mitoitustilanteessa 45/30 °C radiaattoreiden koko oli 21-450-2000. Lämmitysjärjestelmän hahmottamisen helpottamiseksi kuvissa 5–7 on esitetty järjestelmä kokonaisuudessaan mittoineen ja kytkentöineen. Kuvia ei ole esitetty mittakaavassa.

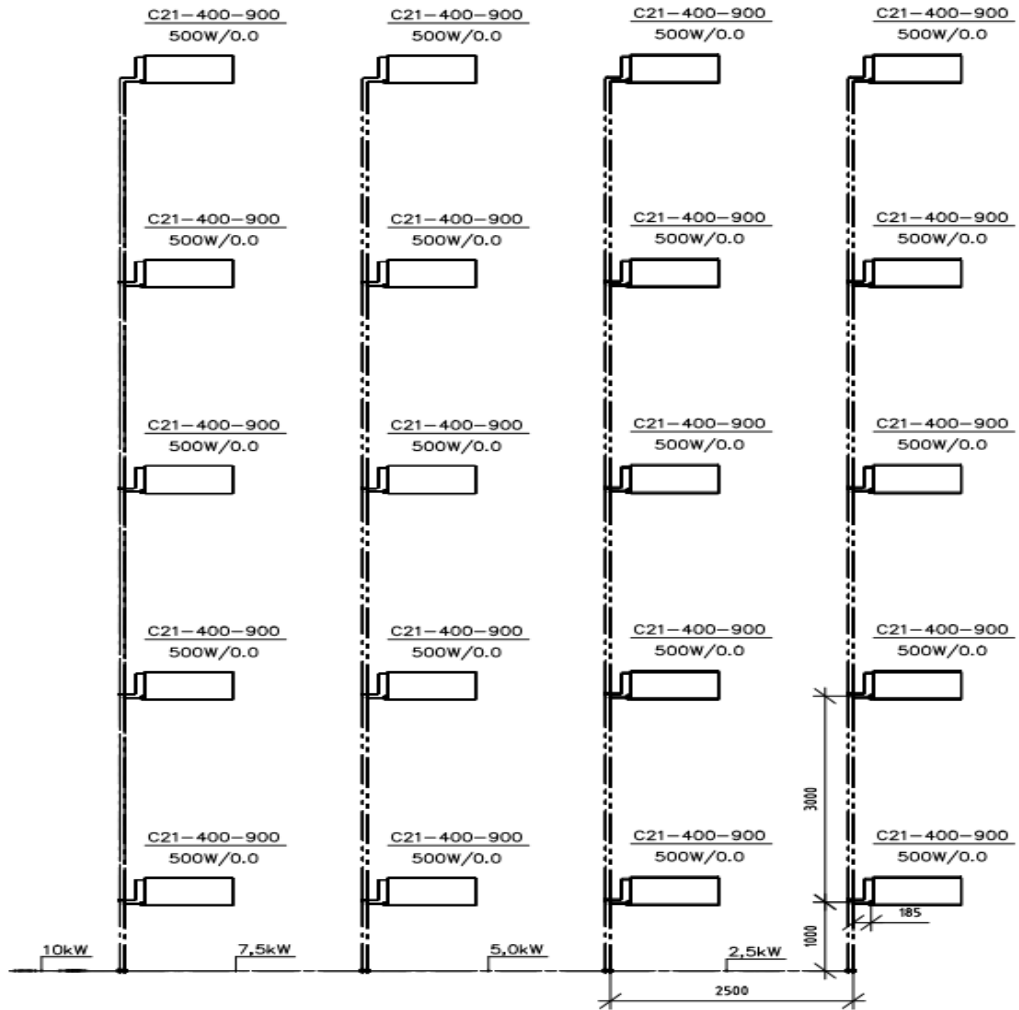
Ilmanvaihdon lämmitysjärjestelmää ei oteta tässä mitoitus-esimerkissä esille, koska, kuten todettiin luvussa 3.3, ilmanvaihtokoneen lämmityspattereiden tilavuudenmuutos on suhteellisen pieni, jolloin verkoston tilavuus pysyy samana, ellei putkikoko muutu matalimmilla mitoituslämpötiloilla. Ilmanvaihdon lämmitysjärjestelmän mitoituslämpötilat ovat 60/30 °C, joten putkikokojen muutoksia voidaan vertailla samoilla mitoituslämpötiloilla kuin radiaattorilämmitysjärjestelmän tapauksessakin.



Kuva 5. Järjestelmä kokonaisuudessaan



Kuva 6. Yhden lohkon kytkentäjärjestelmä



Kuva 7. Mitoitustilanteen 70/40 °C yksittäisen vaakarungon leikkaus

4.1 Putkimitoitukset eri mitoituslämpötiloilla

Putkien mitoitus suoritettiin Progran Oy:n MagiCAD Heating, Piping and Ventilation -ohjelmistosovelluksella. Mitoitusesimerkissä putkimateriaalina on käytetty mustaa putkea. Putket mitoitettiin maksimipainehäviöllä 50 Pa/metri. Mitoituksessa on otettu huomioon veden ominaisuuksien, kuten tiheyden, viskositeetin ja ominaislämpökapasiteetin muutokset eri keskilämpötiloilla. Taulukossa 4 on esitetty esimerkkijärjestelmän putkien mitoitusarvot eri lämpötiloilla. Putket on mitoitettu portaittain lämpötehon (kW) kasvaessa. Taulukossa on ilmoitettu mitoitetujen putkien nimelliskoot eli dimensiot (DN), tilavuusvirta (dm^3/s) ja painehäviö (Pa/m).

Taulukko 4. Putkien nimelliskoot mitoitus eri mitoituslämpötiloilla

	70/40°C			60/30°C			45/30°C		
(kW)	(DN)	dm ³ /s	(Pa/m)	(DN)	dm ³ /s	(Pa/m)	(DN)	dm ³ /s	(Pa/m)
0,5	10	0,004	2,4	10	0,004	3,0	10	0,008	6,7
2	10	0,016	20,9	10	0,016	20,8	15	0,032	23,8
5	15	0,04	32,7	15	0,04	34,3	20	0,08	35
7,5	20	0,061	19,6	20	0,06	20,6	25	0,12	21,9
10	20	0,081	32,6	20	0,081	34,2	25	0,16	36,4
20	25	0,16	34,3	25	0,16	35,7	32	0,32	34,6
30	32	0,24	19,4	32	0,24	20,2	40	0,48	35,1
40	32	0,32	32,7	32	0,32	34	50	0,64	18,8
50	32	0,4	49,2	40	0,4	24,8	50	0,8	28,2
100	50	0,81	26,7	50	0,81	27,7	65	1,6	28,7
200	65	1,6	27,4	65	1,6	28,2	80	3,2	46,9

Tulosten perusteella mitoituslämpötiloilla 70/40 °C ja 60/30 °C putkien mitoitusarvot ovat melkein yhdenmukaiset, kuitenkin mitoitusilanteessa 60/30 °C painehäviö on hieman suurempi. 50 kW:n lämpöteholla mitoitusilanteessa 60/30 °C putkikoko on kasvanut yhtä kokoa suuremmaksi, mutta mitoitusilanteessa 70/40 °C putken painehäviö on todella lähellä suurinta sallittua painehäviötä. Pitkillä putkivedoilla ei ole suositeltavaa käyttää sellaista painehäviötä, vaan putkikoko on valittava kokoa suuremmaksi. Syynä on se, että pitkillä putkivedoilla kriittinen painehäviö voi vaikuttaa huomattavasti kiertopumpun nostokorkeuteen. Tässä tapauksessa kyseinen putki on mitoitettu kriittisellä painehäviöllä, jotta pumppujen nostokorkeuden sekä putkikuilujen mitoituksessa järjestelmän mitoituslämpötilojen muutos on selkeämmin havaittavissa. Mitoitusilanteessa 45/30 °C putkikoko muuttuu jo 2 kW:n lämpöteholla ja mitoitusvirtaama on kaksinkertainen verrattuna mitoitusilanteeseen 60/30 °C. Syynä on meno- ja paluuvien lämpötilaeron puolittuminen, jolloin putkikoot kasvavat ja putkiston painehäviö muuttuu. Mitoitusilanteiden painehäviöiden vaikutusta pumpun nostokorkeuteen tarkastellaan luvussa 4.4.

4.2 Putkien lämmöneristyksen mitoitus ja eristeen lämpöhäviön vertailu eri mitoitusilanteissa

Laskentaesimerkin putkien eristysmateriaalina käytetään LVI-kortin 50-10344 taulukon 1 mukaista Aa-mineraalivillakourua, jonka lämmönjohtavuus on 0,05 W/mK. Lämmöneristeen paksuus mitoitetaan LVI-kortin 50-10345 taulukon 1 mukaisesti sarjal-

la 24. Oletuksena on, että kaikki runkoputket sijoitetaan näkymättömään tilaan, jolloin putkien eristeen ulkopinta voidaan jättää päällystämättä. Nousuputket ja radiaattoreiden kytkentäputket jätetään eristämättä, sillä oletuksena on, että ne sijoittuvat näkyville oleskelutilaan. Taulukossa 5 on esitetty mitoitetujen putkien eristepaksuudet. Taulukosta päätellen mitoitusilanteen 70/40 °C ja 60/30 °C putkien eristyspaksuudet ovat yhdenmukaisia. Mitoitusilanteessa 45/30 °C eristepaksuus kasvaa lohkojen runkoputkessa. Muilta osin lämmöneristeen paksuus säilyy samana. Lämmöneristeen materiaalia tulee käytettyä kuitenkin enemmän mitoitusilanteessa 45/30 °C, sillä putkien halkaisijat kasvavat kokoa suuremmaksi.

Taulukko 5. Eristepaksuuden ja lämpöjohtumisen mitoitus eri putkidimensiolla

Putken- nimellis- halkaisija	Fe-35 Putkien sisähalkaisija (mm)	Fe-35 Putken ulkohalkaisija (mm)	Eristeker- roksen paksuus (mm)	Lämmön- vastus R (mK/W)	Lämpö- häviö (W/m) 70/40 °C	Lämpö- häviö (W/m) 60/30 °C	Lämpö- häviö (W/m) 45/30 °C
DN10	13,6	17,2	50	5,43	6,4	4,6	3,2
DN15	17,3	21,3	50	4,81	7,3	5,2	3,6
DN20	22,3	26,7	50	4,20	8,3	5,9	4,2
DN25	28,5	33,7	50	3,62	9,7	6,9	4,8
DN32	37,2	42,4	50	3,10	11,3	8,1	5,6
DN40	43,1	48,3	50	2,83	12,4	8,8	6,2
DN50	54,5	60,3	60	2,75	12,7	9,1	6,4
DN65	70,3	76,1	60	2,32	15,1	10,8	7,6
DN80	82,5	88,9	60	2,05	17,0	12,2	8,5

Putken lämpöhäviöön vaikuttavat virtaavan veden ja ympäröivän tilan lämpötilat. Mitoituksessa on käytetty mitoitusilanteiden keskilämpötilaa sisäilman olleessa +20 °C. Lisäksi lämpöhäviöön vaikuttavat putken ja lämpöeristeen materiaalit, putken halkaisija ja lämmöneristeen paksuus. Kaavassa 3 on esitetty lämmönvastuksen laskentamenetelmä. Kaavassa 4 on esitetty lämpöeristetyn putken lämpöhäviön laskentamenetelmä. Taulukossa 5 on esitetty lämpöeristettyjen putkikokojen lämpöhäviöt eri meno- ja paluuv veden mitoituslämpötiloilla, kun lämpöeriste mitoitetaan LVI-kortin 50-10345 sarjan 24 mukaan. (17, s. 211.)

$$R = \frac{1}{\pi \cdot d_s \cdot \alpha_s} + \frac{1}{2\pi \cdot \lambda_1} \cdot \ln\left(\frac{d_2}{d_1}\right) + \frac{1}{2\pi \cdot \lambda_2} \cdot \ln\left(\frac{d_3}{d_2}\right) + \frac{1}{\pi \cdot d_3 \cdot \alpha_u} \quad (3)$$

R on lämmönvastus (mK/W)

d_s on putken sisähalkaisija (mm)

d_2 on putken ulkohalkaisija (mm)

d_3 on eristeen ulkohalkaisija (mm)

α_s on putkimateriaalin sisäpinnan lämmönsiirtokerroin (W/m²K)

α_u on eristeen ulkopinnan lämmönsiirtokerroin (W/m²K)

λ_1 on putkimateriaalin lämmönjohtavuus (W/mK)

λ_2 on eristeen lämmönjohtavuus (W/mK)

$$\emptyset = \frac{t_m - t_p - t_s}{R} \quad (4)$$

\emptyset on lämpöhäviö (W/m)

t_m on menoveden lämpötila (°C)

t_p on paluueden lämpötila (°C)

t_s on sisälämpötila (°C)

R on lämmönvastus (mK/W)

Vuonna 2013 julkaistun RakMK D5:n taulukossa 6.2 on esitetty radiaattorijärjestelmän vuosihyötysuhde mitoituslämpötiloilla 70/40 °C ja 45/35 °C. Taulukossa on ilmoitettu eristämättömien jakojohdojen kytkennällä vuosihyötysuhteen kasvavan 5 prosenttiyksikköä matalimmilla mitoituslämpötiloilla. Saman taulukon eristettyjen jakojohdojen kytkentäratkaisun vuosihyötysuhde pysyy kuitenkin samana. Esimerkilaskelmasta huomataan lämpöhäviön mitoituksen perusteella, että mitoituslanteessa 60/30 °C putkesta johtuva lämpöhäviö on 71,4 % verrattuna mitoituslanteeseen 70/40 °C ja mitoituslanteessa 45/30 °C lämpöhäviö on tasan tarkkaan 50 % verrattuna mitoituslanteeseen 70/40 °C. Jos tämän esimerkkijärjestelmän putkien eristepaksuudet mitoitettaisiin sillä periaatteella, että putken lämpöhäviö pysyisi vakiona, esimerkiksi mitoituslanteessa 60/30 °C DN65-putken lämmöneristeen paksuudeksi riittäisi 39 mm:n mineraalivillakouru 60 mm:n sijasta. Mitoituslanteessa 45/30 °C vastaavan putken lämmöneristeen paksuudeksi riittäisi jo 25 mm:n eriste. Tällöin putken eristys voitaisiin mitoittaa sarjan 21 mukaan. Putkikokojen pienentyessä lämpöhäviöiden ero kuitenkin pienenee eri mitoituslanteissa, sillä muutos ei ole lineaarinen.

4.3 Venttiilit

Esimerkkikytkentä varustetaan ulkokierteisin TA Hydronic -istukkaventtiilein ja runkoputkien ORAS-pallosulkuventtiilein. Lämmönjakohuoneeseen sijoitettavan kiertopum-

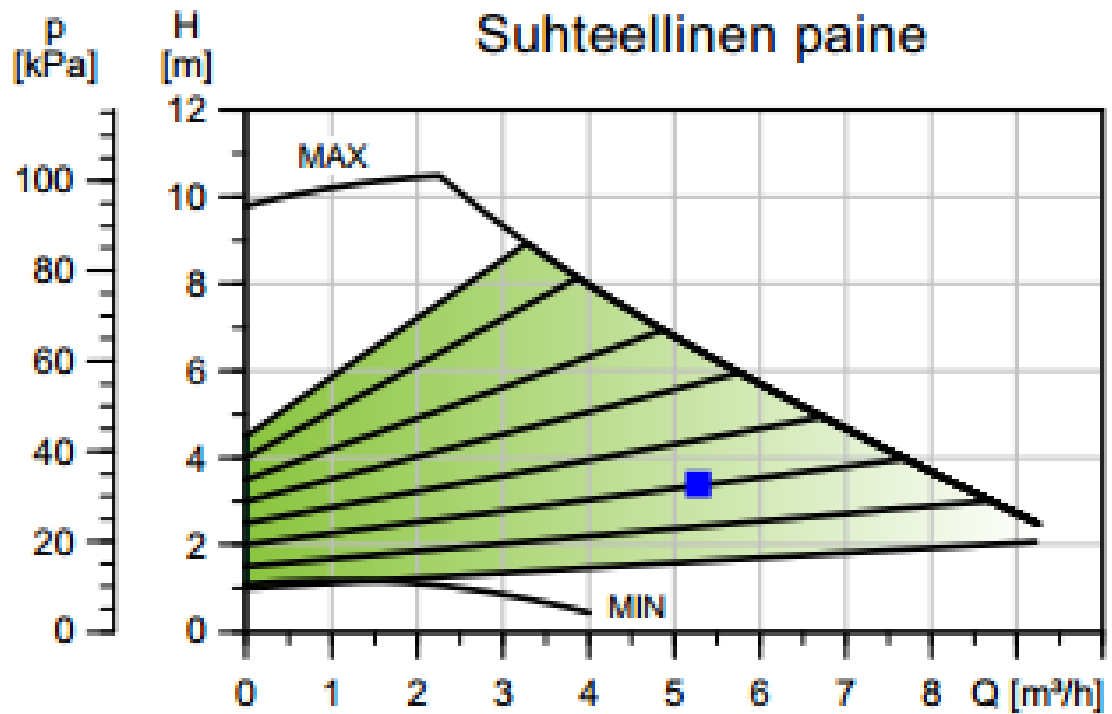
pun sulkuventtiilit ovat mallia TA 60, ja niissä on laippaliitokset. Linjasäätöventtiilit ovat STAD- ja STAF-säätöventtiilejä, joissa on virtauksen rajoitus, paine-eron ja virtauksen mittausyhteet. Lisäksi STAD-säätöventtiili toimii myös tarvittaessa sulkuventtiilinä. Sulkuventtiilit sijoitetaan nousurunkoihin, linjarunkoihin, lohkoja palveleviin runkoihin sekä kiertopumpun molemmin puolin, jotta pumppu on vaihdettavissa ilman suurempia toimenpiteitä. Linjasäätöventtiilit sijoitetaan linjarunkojen sekä lohkoja palvelevien runkojen paluuputkiin. ORAS-palloventtiilit ja STAD-venttiilit soveltuvat putkikokoihin DN 10–50. TA 60 -sulkuventtiilit ja STAF-säätöventtiilit soveltuvat suurempiin putkikokoihin. Radiaattorit varustetaan TA Hydronic TRV -termostaattiventtiilein.

4.4 Pumppujen mitoitus eri mitoituslämpötiloilla

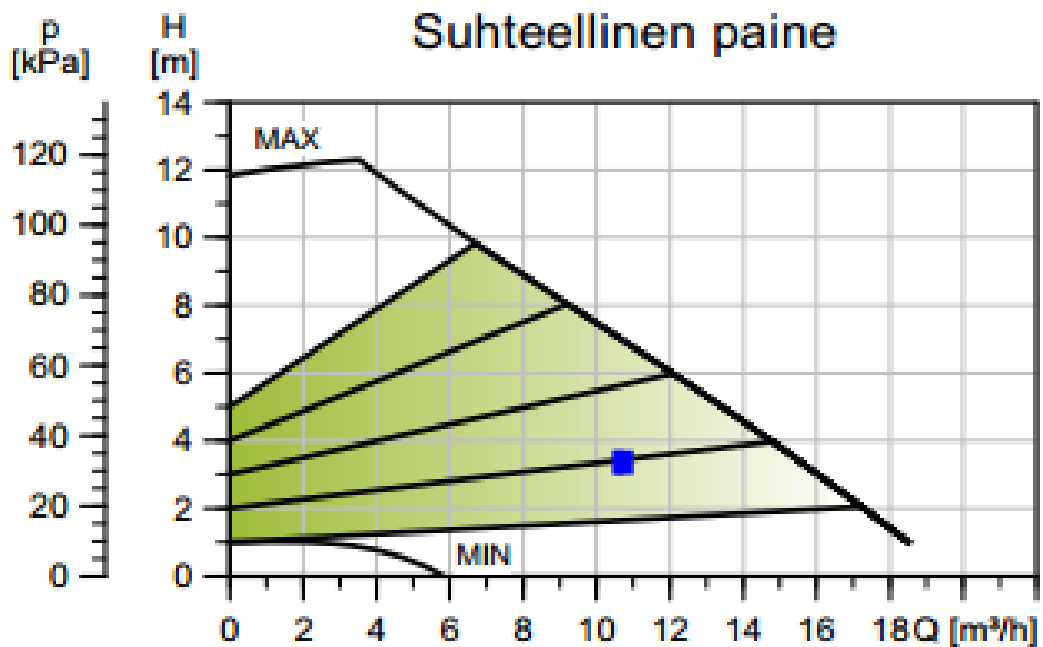
Esimerkkikytkennässä käytetään Grundfos Magna3 -taajuusmuuttajapumppuja. Pumpun mitoitukseen vaikuttavat verkoston mitoitusvirtaama ja verkoston kokonaispainehäviö, eli nostokorkeus. Verkoston kokonaispainehäviö koostuu putkiston sisäisistä painehäviöistä, etäisimmän radiaattorin termostaattiventtiilin ja linjasäätöventtiilin painehäviöstä, joka on 3 kPa venttiilin ollessa täysin auki, sekä lämmönsiirtimen painehäviöstä. Koska lämmitysjärjestelmä on suljettu piiri, pumpun ja korkeamman radiaattorin korkeusero ei vaikuta pumpun nostokorkeuteen. Taulukossa 6 on esitetty esimerkkikytkennän mitoitusarvot eri mitoituslämpötiloilla sekä mitoituslaitteiden nostokorkeudet ja pumppujen tyyppivalinnat. Lämmönsiirtimien painehäviöt on mitoitettu lämmönsiirrinvalmistajan Gebwell Oy:n lämmönsiirtimillä. Lämmönsiirtimien mitoituksia käsitellään luvussa 4.5. Kuvissa 8 ja 9 on esitetty pumppujen valitut toimintapisteet.

Taulukko 6. Laskentaesimerkin lämmitysverkoston mitoitusarvot ja pumppujen valinta eri mitoituslaitteissa

Mitoituslämpötilat	Putkiston painehäviö (kPa)	Lämmönsiirtimen painehäviö (kPa)	Mitoitusvirtaama (dm ³ /s)	Mitoitusvirtaama (m ³ /h)	Pumpun nostokorkeus (kPa)	Pumpun Magna 3 -tyyppi
70/40°C	13,6	20	1,6	5,12	33,6	25-100
60/30°C	12,4	20	1,6	5,12	32,4	25-100
45/30°C	13,7	19	3,2	10,24	32,7	32-120F



Kuva 8. Grundfos Magna 3 25-100 -toimintapiste mitoitusilanteissa 70/40 °C ja 60/30 °C



Kuva 9. Grundfos Magna 3 30-120F -toimintapiste mitoitusilanteessa 45/30 °C

4.5 Lämmönsiirtimet eri mitoituslaitteissa

Tässä esimerkkimitoituksessa käytetään Gebwell Oy:n lämmönsiirtimiä. Lämmönsiirtimien mitoitukset ja tekninen erittely on saatu Gebwell Oy:ltä (liitteet 4 ja 5). Käyttövesisiirrin mitoitetaan 200 kW:n lämmitysteholla ja ilmanvaihdon siirrin mitoitetaan 400 kW:n lämmitysteholla. Lämmityssiirrin mitoitetaan 200 kW:n lämmitysteholla. Mitoitustehot pysyvät vakiona kaikissa mitoituslaitteissa, ainoastaan lämmityssiirtimen toisiopuolen mitoituslämpötilat muuttuvat. Tarkoituksena on selvittää lämmityssiirtimen painehäviön ja vesitilavuuden muutos, kun siirrin mitoitetaan matalammilla toisiopuolen lämpötiloilla. Lisäksi on pyydetty Gebwell Oy:ltä kuvattua järjestelmän lämmönsiirrinpakettin mittatiedot eri mitoituslämpötiloilla. Taulukossa 6 on esitetty lämmitysjärjestelmän siirtimen mitoitusarvot sekä siirrinpaketin mitat eri mitoituslämpötiloilla. Siirrinpaketin mitat ovat suuntaa antavia. Mitoituslaitteissa 70/40 °C ja 60/30 °C siirtimen malli on SWEP IC28x56 ja mitoituslaitteessa 45/30 °C SWEP IC16x120 (8). Lämmönsiirrin on täten samanlainen mitoituslaitteissa 70/40 °C ja 60/30 °C. Mitoituslaitteessa 45/30 °C lämmönsiirtimen virtaama kasvaa kaksinkertaiseksi, ja vesitilavuus kasvaa 67 %. Siirrinpaketin pituus kasvaa 300 mm, jolloin siirrinpaketin tilantarve kasvaa 11 %.

Taulukko 6. Gebwell SWEP -lämmityssiirtimen mitoitusarvot eri mitoituslaitteissa

Mitoitus- lämpö- tilat	Ensiö- puolen virtaama (dm ³ /s)	Toisio- puolen virtaama (dm ³ /s)	Ensiön paine- häviö (kPa)	Toision paine- häviö (kPa)	Vesi- tilavuus (dm ³)	Siirrinpaketin mitat (mm)		
						Pituus	Leveys	Korkeus
70/40 °C	0,58	1,6	3	20	3,108	2700	900	2000
60/30 °C	0,58	1,6	3	20	3,108	2700	900	2000
45/30 °C	0,58	3,21	1	19	4,92	3000	900	2000

4.6 Paisunta-astioiden mitoitus

Paisunta-astian tarkoitus on ylläpitää lämmitysjärjestelmän verkoston painetasoa men- ja paluueden lämpötilojen muuttuessa. Paisunta-astiat varustetaan varoventtiilein, jotka laukeavat, kun verkoston paine ylittää varoventtiilin avautumispainetta. Paisunta-astian mitoitukseen vaikuttavat paisunta-astian esipaine, verkoston vesitilavuus, veden lämpölaajenemiskerroin ja varoventtiilin avautumispaine. Yleensä esipaine valitaan vähintään 100...150 kPa:ksi. Lisäksi otetaan huomioon verkoston ylemmän ja alimman lämmitysjärjestelmään kuuluvien komponenttien nostokorkeuden erosta johtuvaa suh-

teellista paine-eroa. Yleensä varoventtiilin avautumispaine mitoitetaan 100...150 kPa esipainetta suuremmaksi riippuen lämmitysverkoston laajuudesta. Veden ja liuosten lämpölaajenemiskertoimet on esitetty LVI-kortin 11-10472 taulukoissa 2 ja 3. Verkoston tilavuus määritetään joko laskemalla kyseisen LVI-kortissa esitetyn ohjeen mukaisesti tai mitoittamalla MagiCAD Heating, Piping and Ventilation -ohjelmason avulla. Verkoston vesitilavuuteen vaikuttavat putkistojen ja radiaattoreiden kokonaisvesitilavuudet ja lämmönsiirtimen vesitilavuus. Taulukossa 7 on eroteltu komponenteittain laskentaesimerkin eri mitoitustilanteiden vesitilavuudet. Taulukon mukaan radiaattoreiden kokojen muutoksilla on suurin vaikutus vesitilavuuteen. Saatujen tulosten perusteella radiaattoreiden kokonaisvesitilavuus on noin 87 % koko verkoston vesitilavuudesta.

Taulukko 7. Laskentaesimerkin verkostojen vesitilavuudet komponenteittain eri mitoitustilanteissa

Mitoitus- lämpö- tilat	Putkiston vesitilavuus (dm ³)	Radiaattoreiden vesitilavuus (dm ³)	Lämmönsiirtimen vesitilavuus (dm ³)	Kokonais- vesitilavuus (dm ³)
70/40 °C	292,6	2000	3,1	2295,7
60/30 °C	295	3175	3,1	3473,1
45/30 °C	588,4	4350	4,9	4943,3

Paisunta-astiat ovat joko kompressorilla varustettuja paisunta-astioita tai kiinteällä kalvolla varustettuja paisunta-astioita. Kompressorilla toimivaan paisunta-astiaan voidaan liittää useampi lämmitysjärjestelmä, sillä kompressorin pitää yllä tarvittava paine paisunta-astiassa eri verkostojen painetasojen muuttuessa. Tämän ratkaisun investointikustannukset ovat selvästi korkeammat, joten sitä ei suositella käyttämään peruslämmitysverkostoissa. Kaavassa 5 on esitetty kiinteällä kalvolla varustetun paisunta-astian laskentatapa. Kaava 5 on muokattu LVI-kortin 11-10329 olevasta kaavasta 1 (18). Täydennyksenä ohjekortissa olevaan kaavaan on ilmanpaineen huomioon ottaminen kaavassa 5, joten varoventtiilin avautumispaine ja suhteellinen esipaine ovat suhteellisia paineita.

$$V = \frac{a \cdot V_0}{100} * \frac{1}{\frac{(100+P_{SV}) - (100+P_e)}{(100+P_{SV})}} \quad (3)$$

Kaava 5, jossa

V on paisunta-astian tilavuus (dm³)

V_0 on verkoston kokonaisvesitilavuus (dm^3)

a on veden lämpölaajenemiskerroin

P_{sv} on varoventtiilin suhteellinen avautumispaine (kPa)

P_e on suhteellinen esipaine (kPa)

Laskentaesimerkissä käytetään kiinteällä kalvolla varustettua Teknocalor Reflex N-6 -sarjaan kuuluvia paisunta-astioita. Laskentaesimerkin eri mitoituslaitteiden paisunta-astiat on mitoitettu Reflex N-6 -mitoitushjelmalla. Laskentaesimerkin eri mitoituslaitteiden paisunta-astioiden mitoituskriteerit ja mitoitusarvot on esitetty taulukossa 8. Mitoitusten perusteella mitoituslaitteissa $70/40\text{ °C}$ ja $45/30\text{ °C}$ voidaan valita sama tuote. Tämä johtuu siitä, että matalammilla lämpötiloilla ja pienemmällä lämpötilaerolla lämpölaajeneminen on pienempi, vaikka verkoston tilavuus on selvästi suurempi kuin muissa mitoituslaitteissa. Mitoituslaitteessa $60/30\text{ °C}$ valitaan pykälää suurempi paisunta-astia, jolloin paisunta-astian tilantarve kasvaa $18,5\%$ verrattuna muihin mitoituslaitteisiin.

Taulukko 8. Teknocalor Reflex N-6 -paisunta-astioiden mitoitusarvot eri mitoituslaitteissa

Mitoitus- lämpö- tilat	Esipai- ne (kPa)	Varoventtiilin avau- tumispaine (kPa)	Verkoston tilavuus (dm^3)	Paisunta- astia Reflex	Paisunta-astian mitat		Paisuta- astian tilavuus (dm^3)
					Korkeus (mm)	Halkaisija (mm)	
$70/40\text{ °C}$	200	350	2298,8	N-250/6	915	634	206
$60/30\text{ °C}$	200	350	3476,2	N-300/6	1085	634	269
$45/30\text{ °C}$	200	350	4948,2	N-250/6	915	634	231

4.7 Lämmitysjärjestelmän tilantarve eri mitoituslaitteissa

Tässä luvussa tarkastellaan lämmitysjärjestelmän tilantarvetta kokonaisuudessaan eri mitoituslämpötiloilla. Radiaattoreiden, lämmönsiirtimien ja paisunta-astioiden tilantarpeiden laskentamenettely on selostettu aikaisemmissa kappaleissa. Taulukkoon 11 on koottu esimerkkijärjestelmän kyseisten komponenttien tilantarpeet eri mitoituslaitteissa. Pumpun ja venttiilien tilantarpeita ei oteta huomioon, sillä ne asennetaan putkiin, ja näiden tilantarpeiden muutokset ovat pienet, joten ne eivät olennaisesti vaikuta vertailulaskentaan.

Putkien tilantarpeet mitoitetaan LVI-kortin 12-10370 taulukon 1 ja kuvan 1 mukaisilla ohjeilla. Nousurunkojen putkien sekä radiaattoreiden kytkentäputkien tilantarpeita ei oteta huomioon, sillä putkia sijoitetaan näkyvillä eristämättöminä. Tällöin kyseisten putkien tilantarpeet ovat pienet. Lisäksi eri mitoitustilanteissa kyseisten putkien putkikokojen muutokset ovat pienet. Taulukossa 9 on laskettu eristettyjen vaakaputkien kokonaistilantarpeet neliömetreissä, kun tarkastellaan putkien asennustilaa alakaton poikkeileikkaustasossa. Laskentaperusteena on se, että putkien eristeiden väliin on jätetty 50 mm tilaa ja putkien sivuille on jätetty 40 mm tilaa molemmin puolin. Lisäksi putkien ylä- ja alapuolelle on varattu 50 mm tilaa kannakointia varten.

Taulukko 9. Eristettyjen putkien tilantarpeet nimellishalkaisijan mukaan

Putken- nimellis- halkaisi- ja	Fe-35 Putken ulko- halkaisija (mm)	Eriste- kerroksen paksuus (mm)	Putkien väli (mm)	Seinän väli (mm)	Kanna- kointi (mm)	Pituus (mm)	Korkeus (mm)	Pinta- ala (m ²)
DN10	17,2	50	50	80	50	264,4	117,2	0,031
DN15	21,3	50	50	80	50	272,6	121,3	0,033
DN20	26,7	50	50	80	50	283,4	126,7	0,036
DN25	33,7	50	50	80	50	297,4	133,7	0,040
DN32	42,4	50	50	80	50	314,8	142,4	0,045
DN40	48,3	50	50	80	50	326,6	148,3	0,048
DN50	60,3	60	50	80	50	370,6	170,3	0,063
DN65	76,1	60	50	80	50	332,2	151,1	0,050
DN80	88,9	60	50	80	50	427,8	198,9	0,085

Laskentaesimerkin vaakaputkien pituudet on esitetty kuvissa 5–7. Kuvissa 5–7 on esitetty myös putkien eri osissa olevat lämmitystehot. Eri mitoitustilanteiden putkien dimensioiden riippuvuuden lämmitystehosta on esitetty taulukossa 4. Taulukossa 10 on eritelty koko järjestelmän eri mitoitustilanteiden vaakaputkien kokonaispituudet eri putkien dimensioiden mukaan. Kun verrataan järjestelmän eri mitoitustilanteiden eristettyjen putkien kokonaistilantarve, mitoituslämpötiloilla 60/30 °C tilantarve kasvaa vain 1,2 % verrattuna mitoitustilanteeseen 70/40 °C. Mitoitustilanteessa 45/30 °C eristettyjen putkien tilantarpeet kasvavat kokonaisuudessaan 16 % verrattuna mitoitustilanteeseen 70/40 °C.

Taulukko 10. Laskentaesimerkin eristettyjen putkien kokonaispituudet eri putkien dimensiolla

Putken nimellis-halkaisija	Eristettyjen putkien kokonaispituuden (m)		
	70/40 °C	60/30 °C	45/30 °C
DN10	66	66	0
DN15	50	50	66
DN20	80	80	50
DN25	10	10	80
DN32	56	20	10
DN40	0	36	10
DN50	19	19	46
DN65	5,5	5,5	19
DN80	0	0	5,5

Taulukossa 11 on eritelty laskentaesimerkin lämmitysjärjestelmän kokonaistilantarpeet kuutiometreissä eri mitoitustilanteissa. Mitoitustilanteessa 60/30 °C kokonaistilantarve kasvaa 35,1 %, verrattuna mitoitustilanteeseen 70/40 °C, johtuen suuremmaksi osaksi radiaattoreiden kokojen suurentamisesta. Mitoitustilanteessa 45/30 °C kokonaistilantarve kasvaa 76,1 % verrattuna mitoitustilanteeseen 70/40 °C ja 30,3 % verrattuna mitoitustilanteeseen 60/30 °C.

Taulukko 11. Laskentaesimerkin lämmitysjärjestelmien kokonaistilantarpeet eri mitoitustilanteilla

Komponenttien kokonaistilavuus (m ³)					
	Radiat- torit	Eristetyt putket	Lämmön- siirrin	Paisunta- astia	Kokonais- tilavuus
70/40 °C	13,68	11,09	4,86	0,42	30,05
60/30 °C	23,94	11,22	4,86	0,59	40,61
45/30 °C	34,20	12,88	5,4	0,42	52,90

4.8 Lämmitysjärjestelmän kustannusarvio eri mitoitustilanteissa

Lämmitysjärjestelmän kustannusarvio on laskettu yksikköhintaluettelon mukaan valituilla komponenteilla. Komponenttien hinnat on suurimmaksi osaksi arvioitu tukkuliikkeen Ahlsell Oy:n vuoden 2014 hinnaston mukaan (19). Osa komponenttien hinnoista, kuten lämmönsiirtimien hinta-arviot, on kuitenkin pyydetty suoraan laitevalmistajilta, sillä lait-

teet tilataan aina erikseen laitteet mitoitettuna suunniteltuun lämmitysjärjestelmään, joten hinta määräytyy tilauksen mukaan.

Teräsputkien ja putkien liitososien hinnat on laskettu mustalla putkella, jossa ei ole valmiiksi tehty kierteitä. Putkien lämmöneristeen hinta on laskettu Paroc AluCoat -kivivillakourulla. Putkien kannakkeiden hinta on laskettu kierretangolla ripustetun C-pidikkeen hinnoilla. Radiaattoreiden seinäkannakkeiden hinta-arvio on laskettu Monclac-tyyppisillä kannakehinnoilla. Taulukossa 12 on eritelty kokonaisuudessaan laskentaesimerkin lämmitysjärjestelmään kuuluvien komponenttien hinta-arviot. Taulukossa on laskettu myös koko lämmitysjärjestelmän kustannusarvio eri mitoituslämpötiloilla. Huomautuksena on se, että hinta-arviot ovat suuntaa-antavia, sillä tukkuliikkeistä ostaessa urakoitsijoilla on saatavilla alennuksia, jotka sovitaan erikseen ostoerän laajuudesta riippuen.

Taulukko 12. Laskentaesimerkin lämmitysjärjestelmien kustannusarviot eri mitoituslämpötiloilla.

Lämmitysjärjestelmän kustannusarvio (€)			
	70/40 °C	60/30 °C	45/30 °C
Radiaattorit	31258	64807	86097
Lämmönsiirrin	11000	11000	14000
Paisunta-astia	467	467	467
Pumppu	943	943	1402
Venttiilit			
TA STAD	1852	1948	2516
ORAS	2321	2369	2587
TA 60	663	663	831
TA TRV	4807	4807	4807
Putkiosat			
Putket	31501	31827	34447
Putkiliitokset	7825	7913	8853
Kannakkeet	9923	9934	10140
Eristekouru	7519	7604	8116
Kokonaishinta ALV 0%	110077	144282	174262
Kokonaishinta ALV 24%	136495	178910	216085

Taulukon 12 mukaisilla kustannusarvioilla mitoitustilanteessa 60/30 °C kokonaishinta on noin 31 % suurempi verrattuna mitoitustilanteeseen 70/40 °C. Mitoitustilanteessa 45/30 °C kokonaishinta kasvaa jo 58 % suuremmaksi verrattuna mitoitustilanteeseen 70/40 °C. Kun verrataan mitoitustilanteiden 60/30 °C ja 45/30 °C kustannusarvioita, mitoitustilanteen 45/30 °C kustannusarvio on noin 20 % suurempi kuin mitoitustilanteen 60/30 °C kustannusarvio.

5 Lämmitysratkaisut erityyppisissä mallihuoneissa

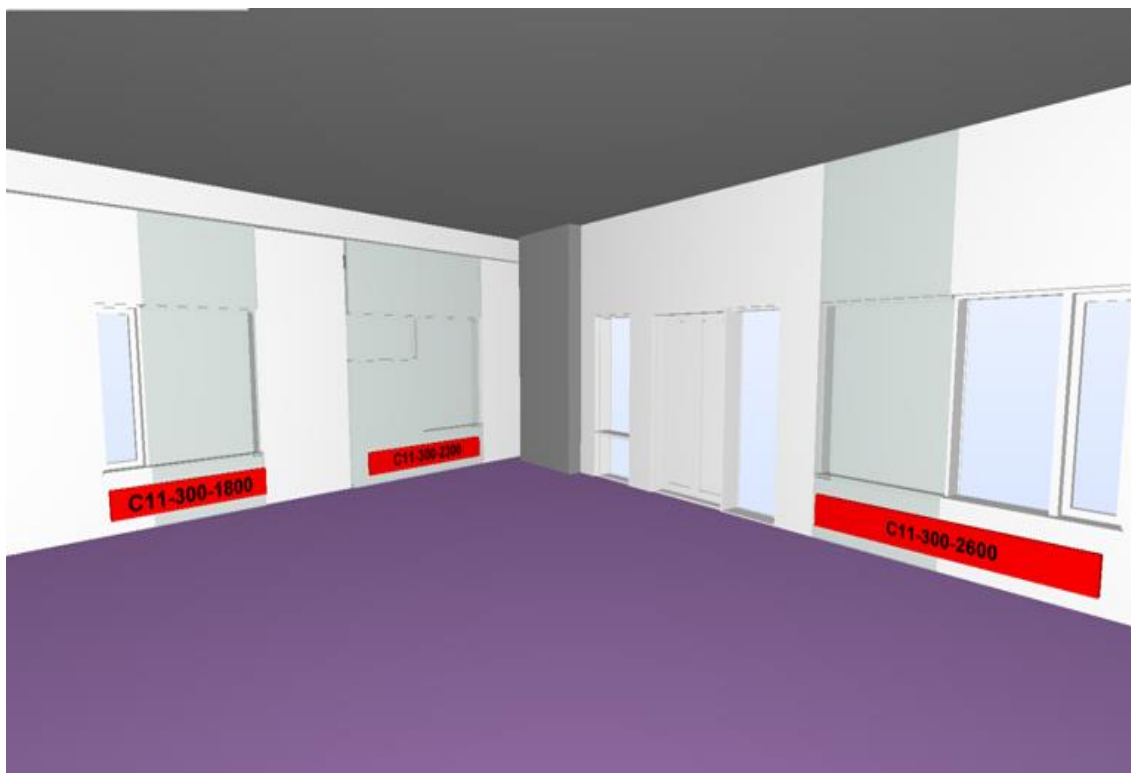
Tässä luvussa tarkastellaan eri mitoituslämpötiloilla mitoitettujen lämmönluovuttimien tilantarpeita erityyppisissä mallihuoneissa, kuten asuinhuoneistossa, avotoimistossa ja hotellihuoneessa. Muutosten havaitsemisen helpottamiseksi insinööriyössä esitetään kyseisten mallihuoneiden kuvaotteet, joissa lämmönluovuttimet on mitoitettu eri mitoitustilanteissa. Mitoitusten lähtökohtana on lämmitystehontarpeen pysyvän vakiona. Lämmönluovuttimien mitoitukset suoritetaan K1/2003- ja K1/2013-ohjeiden mukaisilla mitoituslämpötiloilla, eli mitoituslämpötiloilla 70/40 °C, 60/30 °C ja 45/30 °C. Mitoituksissa käytetään Purmo Compact -radiaattoreita ja Itugraf-matalalämpösäteilijäpaneeleja. Lisäksi tässä luvussa tarkastellaan mallihuoneisiin mitoitettujen radiaattoreiden ja Itugraf-paneelien kokonaisotsapinta-aloja sekä Itugraf-paneelin ja mitoitustilanteiden 45/30 °C radiaattoreiden hinta-arvioita.

5.1 Asuinhuoneiston lämmönluovuttimien mitoitusesimerkki

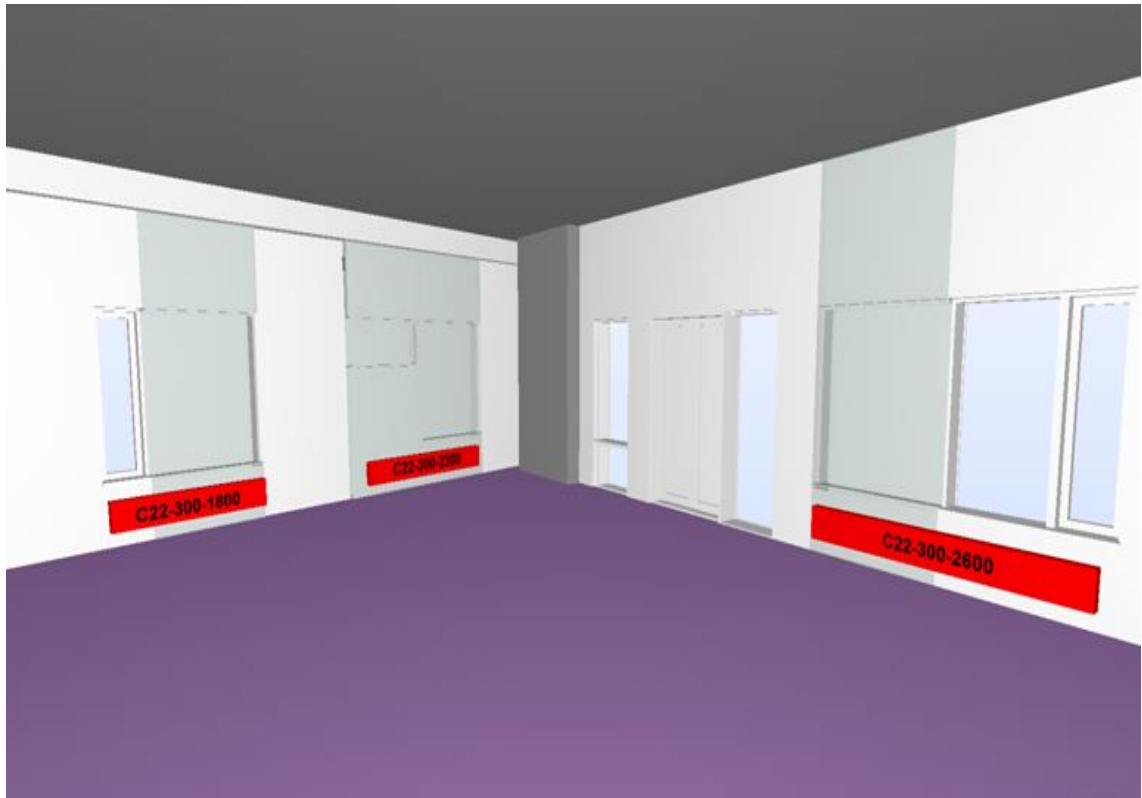
Mitoitusesimerkissä tarkastellaan asuinrakennuksen kulmahuoneistoa, jolloin asuinhuoneistossa on kaksi ulkoseinää. Asuinhuoneiston kokonaislämmitystehontarve on kokonaisuudessaan 1 800 W. Asuinhuoneistoon mitoitettut radiaattorit sijoitetaan ikkunoiden alapuolelle. Tällöin radiaattoreiden valintakriteereinä ovat lämmitystehontarpeen lisäksi ikkunoiden alareunat ja leveydet. Mitoitusesimerkissä radiaattorit on mitoitettu mitoituslämpötiloilla 70/40 °C, 60/30 °C ja 45/30 °C. Eri mitoitustilanteissa valittujen radiaattoreiden koot ja sijoitusratkaisut on esitetty kuvissa 10–12.

Matalalämpösäteilijät sijoitetaan kattopinnalle. Koska kyseisessä mallihuoneistossa ei ole väliseiniä, säteilijäpaneelit on esitetty keskitettynä keskelle huoneistoa. Reaalitilanteessa säteilijät on sijoitettava huonekohtaisesti ikkunapintojen läheisyyteen, jolloin säteilijäpaneelit valitaan huonekohtaisen lämmitystehontarpeen mukaan. Tällä saa-

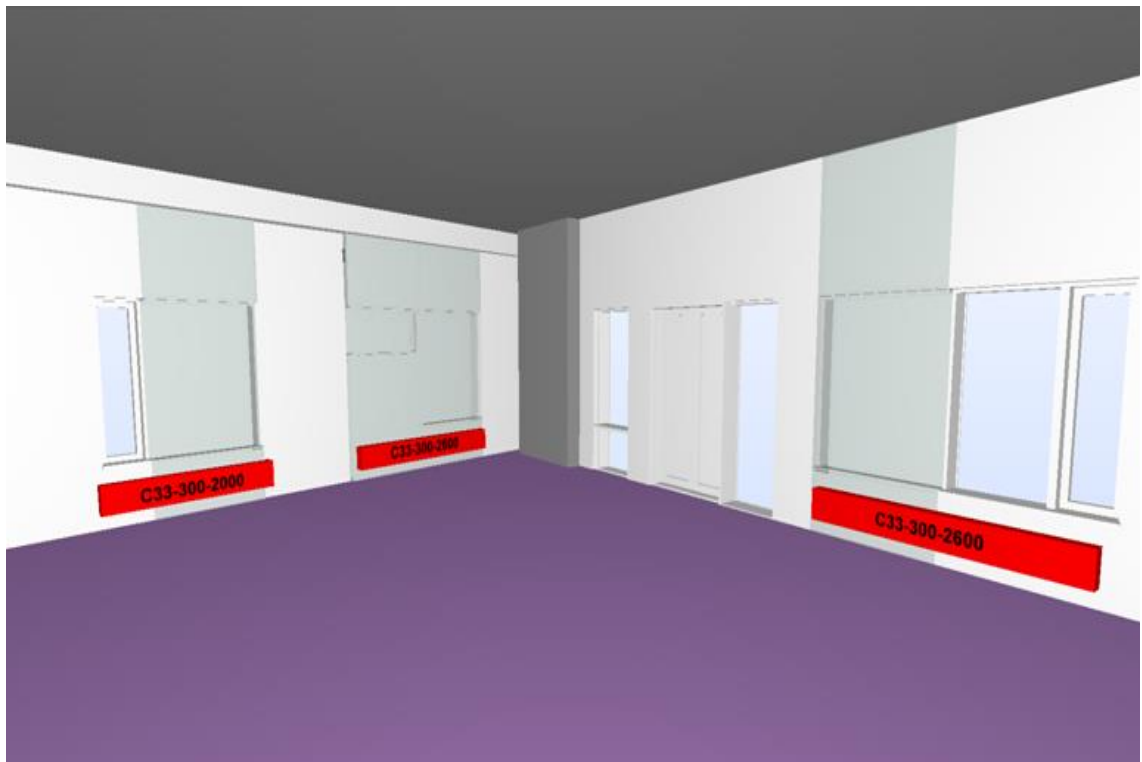
daan lämmitysteho jaettava tasaisesti koko huoneistoon. Kyseisen mallihuoneiston Itugraf-säteilijäpaneelien koot ovat 2390x595 mm, ja Itugraf-paneeleita tarvitaan yhteensä 6 kappaletta. Kuvassa 13 on esitetty säteilijäpaneelien tilantarve mallihuoneiston kattopinnasta.



Kuva 10. Asuinhuoneiston radiaattorit mitoitusilanteessa 70/40 °C



Kuva 11. Asuinhuoneiston radiaattorit mitoitustilanteessa 60/30 °C



Kuva 12. Asuinhuoneiston radiaattorit mitoitustilanteessa 45/30 °C



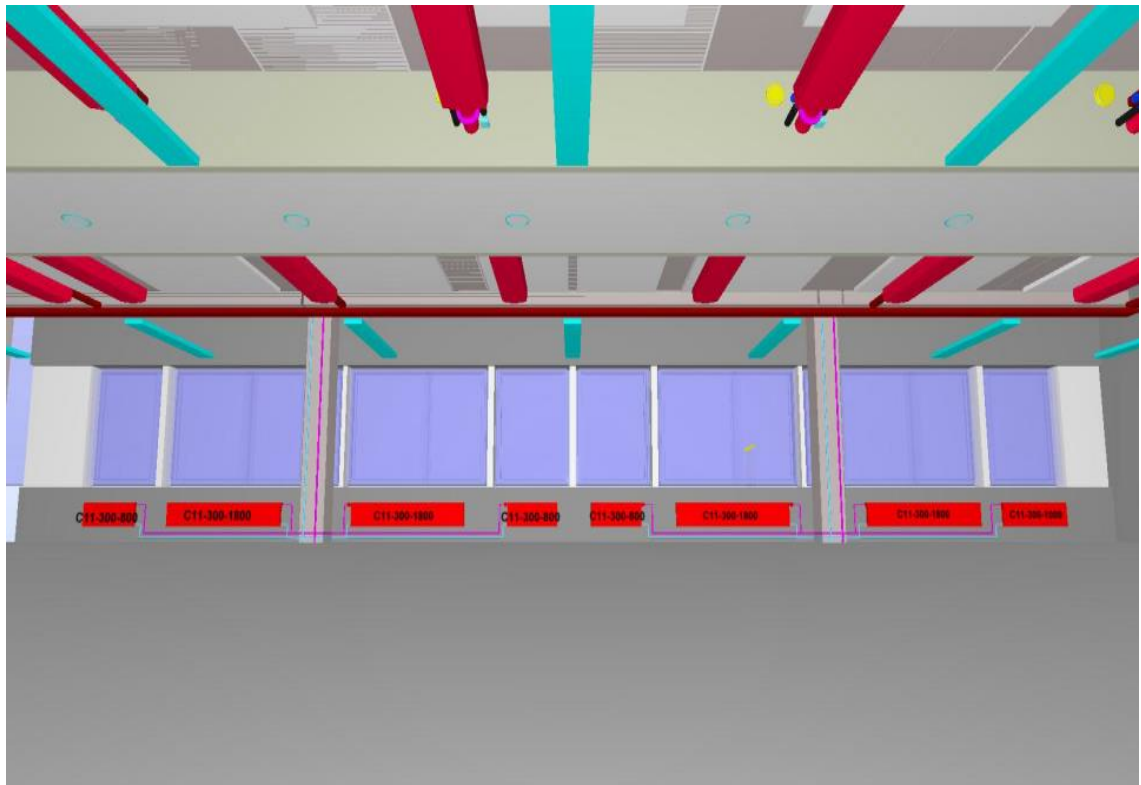
Kuva 13. Asuinhuoneiston Itugraf-paneelit mitoitusilanteessa 45/30 °C

5.2 Avotoimiston lämmönluovuttimien mitoitus esimerkki

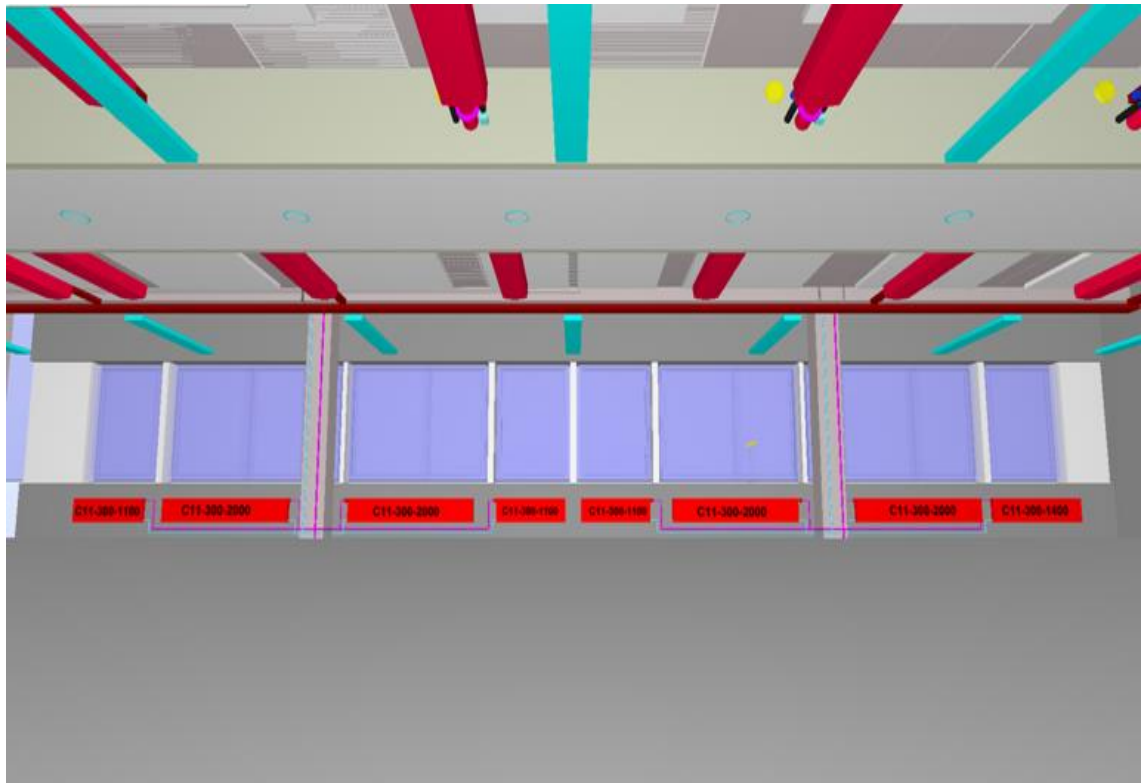
Mitoitus esimerkissä tarkastellaan toimistorakennuksen avotoimistoa koko ulkoseinän pituudelta. Mitoitettavan avotoimiston lämmitystehontarve on kokonaisuudessaan 2 100 W. Radiaattoreiden sijoitus- ja mitoituskriteerit ovat samat kuin asuinhuoneiston mitoituksessa. Radiaattorit on mitoitettu mitoituslämpötiloilla 70/40 °C, 60/30 °C ja 45/30 °C. Eri mitoitusilanteissa valittujen radiaattoreiden koot ja sijoitusratkaisut on esitetty kuvissa 14–16.

Matalalämpölämmittimet sijoitetaan kattopinnalle moduulijaon mukaan, jotta avotoimisto voidaan jakaa jälkeinpäin omiin toimistohuoneisiin. Päätymoduulilla on sijoitettu tuplasäteilijäpaneeli, koska kyseinen moduuli on kahta ulkoseinää vasten. Tällöin kyseisen moduulin lämmitystehontarve on suurempi, kuin muissa moduulissa. Itugraf-paneelit on mitoitettu koolla 2390x595 mm ja Itugraf-paneeleita tarvitaan yhteensä 7 kappaletta. Itugraf-paneelit on sijoitettu avotoimistoon huomioon ottaen muu LVIS-tekniikka. Kuvassa 17 on esitetty Itugraf-paneelien tilantarpeet ja sijoitusratkaisut avotoimiston kattopintaa nähden. Itugraf-paneelit on esitetty kuviin liilavärisinä sen takia, jotta pa-

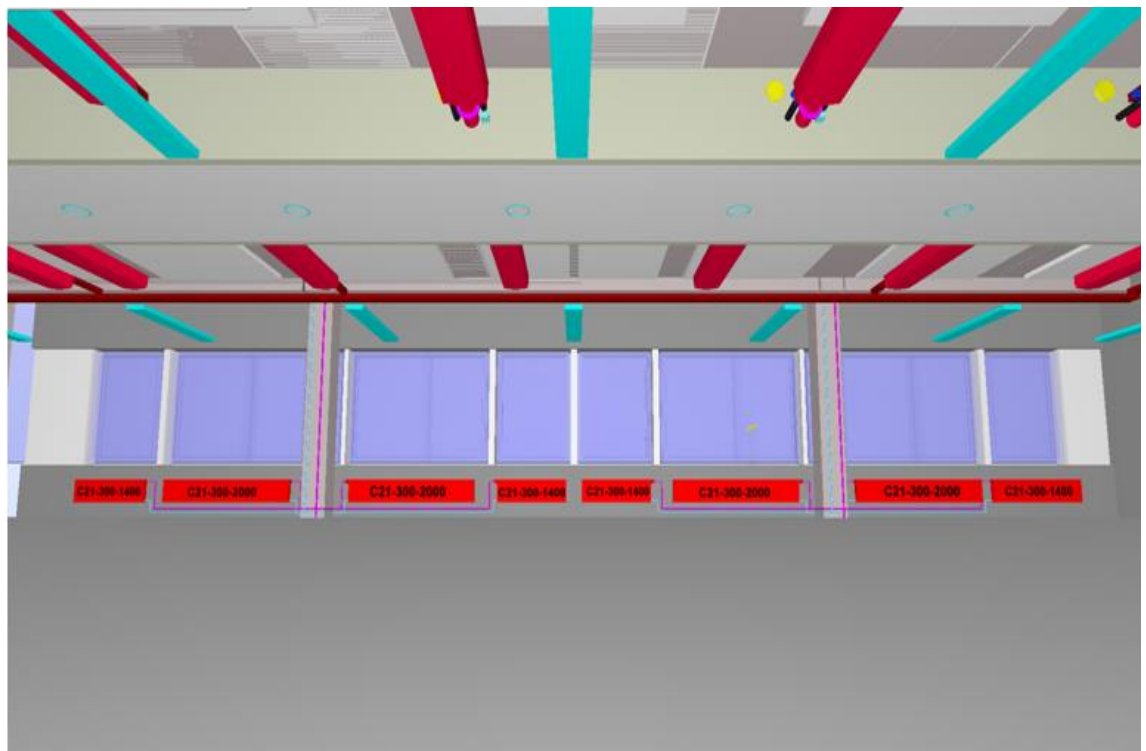
neelit ovat selkeämmin erotettavissa muusta LVIS-tekniikasta. Koska tässä insinööri-työssä tarkastellaan ainoastaan lämmitysjärjestelmiä koskevia mitoituksia, niin kysei- sen avotoimiston jäähdytys toteutetaan jäähdytyspalkeilla. Todellisessa tilanteessa olisi syytä tarkastella jäähdytyksen integrointia säteilijäpaneeleihin. Tällöin vapaata kattopin- ta-alaa olisi enemmän, koska jäähdytyspalkkien varaama tila jää tyhjäksi. Lämmityksen ja jäähdytyksen rinnakkaisessa käyttötilanteessa Itugraf-paneeleiden koot on tarkastel- tava erikseen jäähdytys- ja lämmitystehontarpeiden mukaan, jolloin suurempi tehontar- ve on määräävä Itugraf-paneeleiden kokojen mitoituksia. Tässä ratkaisussa on huomi- oitava se, ettei paneelin sisällä kiertävän nesteen virtaus saa muuttua laminaariseksi.



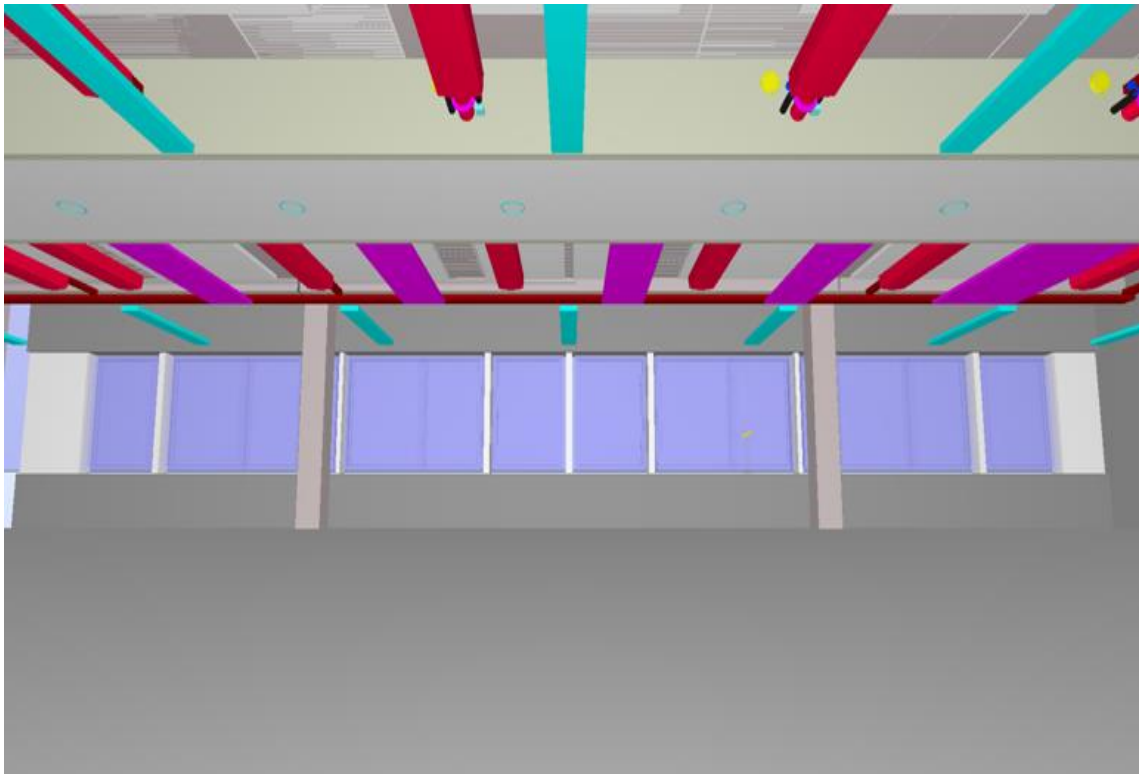
Kuva 14. Avotoimiston radiaattorit mitoitusilanteessa 70/40 °C



Kuva 15. Avotoimiston radiaattorit mitoitustilanteessa 60/30 °C



Kuva 16. Avotoimiston radiaattorit mitoitustilanteessa 45/30 °C

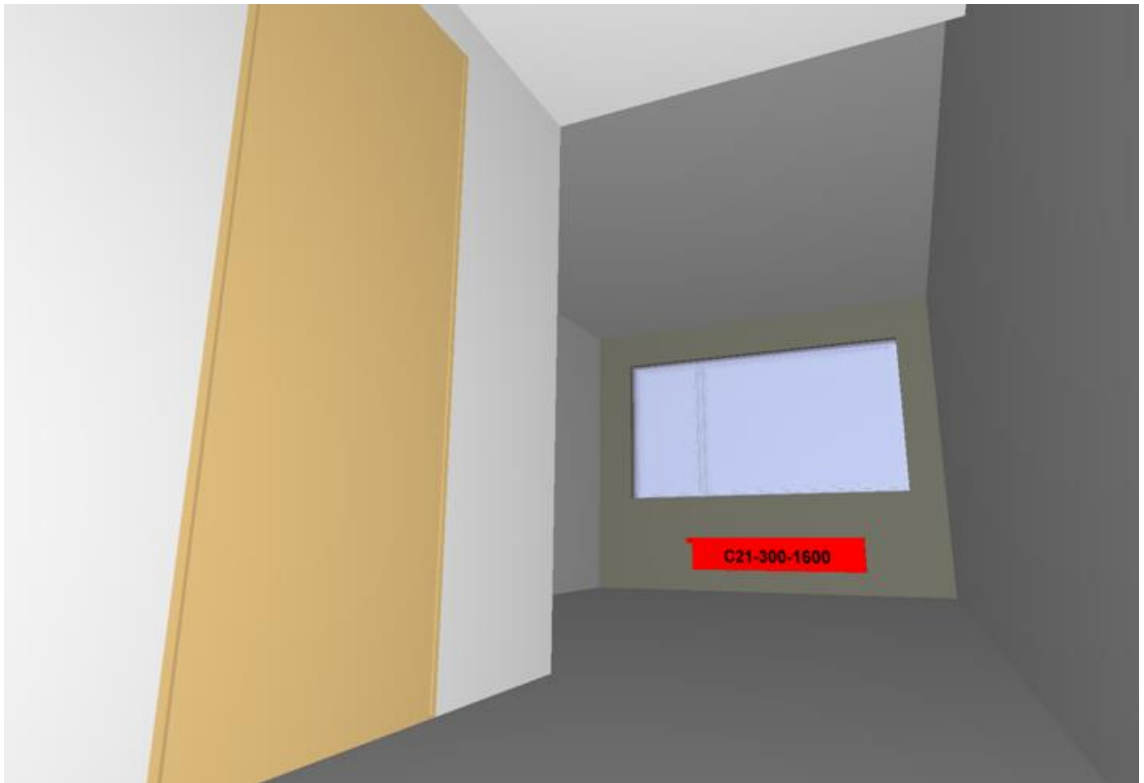


Kuva 17. Avotoimiston Itugraf-paneelit mitoitusilanteessa 45/30 °C

5.3 Hotellihuoneen lämmönluovuttimien mitoitus esimerkki

Mitoitus esimerkissä tarkastellaan yksittäistä hotellihuonetta, jonka kokonaislämmityshontarve on 500 W. Radiaattoreiden sijoitus- ja mitoituskriteerit ovat samat kuin muissakin mitoituksissa. Radiaattorit on mitoitettu mitoituslämpötiloilla 70/40 °C, 60/30 °C ja 45/30 °C. Eri mitoitusilanteissa valittujen radiaattoreiden koot ja sijoitusratkaisut on esitetty kuvissa 18–20.

Matalalämpösäteilijät sijoitetaan kattopinnalle. Säteilijäpaneelit on mitoitettu koolla 2390x595 mm ja paneeleita tarvitaan yhteensä 2 kappaletta. Kuvassa 21 on esitetty Itugraf-paneelien tilantarpeet ja sijoitusratkaisut kattopintaa nähden. Hotellihuoneen katon keskelle on jätetty vapaata tilaa mahdolliselle valaisimelle. Kuten toimistorakennuksessa, jäähdytyksen integrointia lämmitysjärjestelmään on myös harkittava tässä lämmitysratkaisussa.



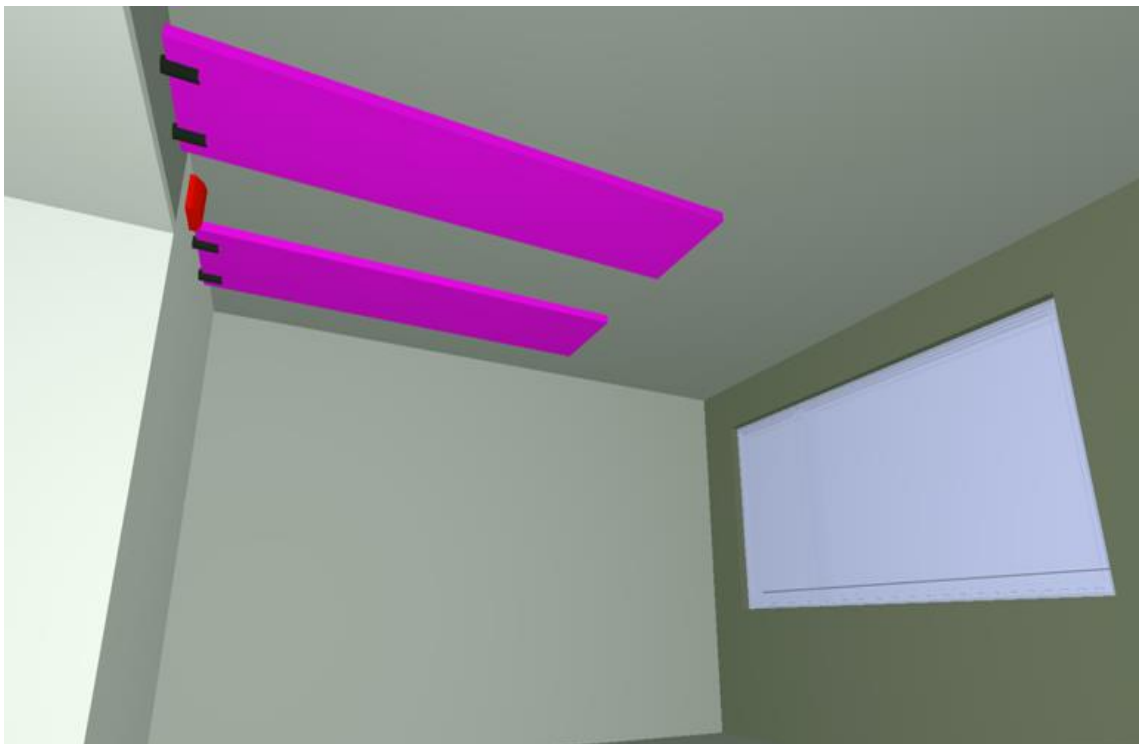
Kuva 18. Hotellihuoneen radiaattori mitoitustilanteessa 70/40 °C



Kuva 19. Hotellihuoneen radiaattori mitoitustilanteessa 60/30 °C



Kuva 20. Hotellihuoneen radiaattori mitoitustilanteessa 45/30 °C



Kuva 21. Hotellihuoneen Itugraf-paneelit mitoitustilanteessa 45/30 °C

5.4 Lämmönluovuttimien otsapinta-alan ja hinnan vertailu eri mitoitustilanteissa

Taulukossa 13 on esitetty mallihuoneiden eri mitoitustilanteiden lämmönluovuttimien otsapinta-alat sekä hinta-arviot. Taulukossa esitetyt hinta-arviot ovat verottomia hintoja. Radiaattoreiden hinnat on laskettu Purmo ohjehinnasto 2015 -oppaan mukaan. Itugraf-paneelien hinnat on pyydetty Itula Oy:lta. (20; 21.)

Mallihuoneiden eri mitoitustilanteiden radiaattoreiden otsapinta-alat eivät poikkea paljon toisistaan, koska matalilla mitoitustilanteilla on valittu 2- tai 3-levyisiä radiaattoreita. Mallihuoneiden kuvaotteiden perusteella voidaan päätellä, että radiaattoreiden kokojen mitoittaminen matalilla mitoitustilanteilla on realistinen ja esimerkiksi hotelli-huoneen tapauksessa sisustuksen kannalta jopa parempi ratkaisu.

Kun verrataan 45/30 °C:n säteilijäpaneelien ja radiaattoreiden mitoitustilanteita, Itugraf-säteilijäpaneelin hankintahinta on keskimäärin 14 % edullisempi ratkaisu kuin radiaattorin hankintahinta. Lisäksi säteilijäpaneelien voidaan käyttää sekä lämmitykseen että jäähdytykseen, jolloin yhteinen järjestelmä on lämmön- ja jäähdytyslaitteiden hankintakustannuksien kannalta edullisempi ratkaisu. Myös kyseinen järjestelmä estää lämmityksen ja jäähdytyksen yhtäaikaista käyttöä, jolloin säästetään käyttökustannuksissa.

Taulukko 13. Lämmönluovuttimien otsapinta-alat ja hinta-arviot

Lämmönluovuttimien otsapinta-alat ja hinta-arviot eri mallihuoneissa						
Toteutusratkaisu	Kokonais- otsapinta- ala (m ²)	Hinta- arvio (€)	Kokonais- otsapinta- ala (m ²)	Hinta- arvio (€)	Kokonais- otsapinta- ala (m ²)	Hinta- arvio (€)
	Asuinhuoneisto		Avotoimisto		Hotellihuone	
Radiaattori 70/40 °C	2,01	550,8	3,18	997,4	0,48	204,3
Radiaattori 60/30 °C	2,01	887,7	3,81	1123,9	0,72	258,8
Radiaattori 45/30 °C	2,16	1467,6	3,81	1636,2	1,04	347,2
Itugraf 45/30 °C	8,53	1200	9,95	1400	2,84	400

6 Päätelmät

Insinööriyön tavoitteena oli selvittää K1/2013-ohjeen päivityksen oleellisia muutoksia ja muutosten vaikutusta LVI-suunnitteluun. Insinööriyön laadinnan yhteydessä selvisi, että K1/2013-ohjeessa olevat ohjearvot ja kytkentäratkaisut on tarkoitettu enemmänkin asuinrakennusten LVI-suunnittelua varten. Vaativimmissa rakennuksissa kaukolämmön kytkentäratkaisut on sovittava tapauskohtaisesti lämmönmyyjän kanssa. Lisäksi jokaisella lämmönmyyjällä on omat kriteerit kytkentöjen toteutuksille. Näistä syistä ei voida suoraviivaisesti määrittää, miten kaukolämmön kytkennät on toteutettava vaativimmissa rakennuksissa. K1-ohjeen uudistuksen toiseksi tärkein syy oli ohjeen päivittäminen vastaamaan tekniikan nykyistä tasoa.

K1/2013-julkaisun oleellisin LVI-suunnittelua koskeva muutos oli ensiö- ja toisiopuolen mitoituslämpötilojen suunnitteluarvot. Ensiöpuolen kannalta paluulämpötilan asteisuuden muutos vaikuttaa tiettyihin kaukolämmön kytkentäratkaisuihin. Esimerkkinä on välisyöttökytkennän rajoitettu käyttö, josta on myös sovittava erikseen lämmönmyyjän kanssa. Alemmalla paluulämpötilalla myös lämpimän veden esivalmistuksen hyötysuhde on alhaisempi. Lisäksi paluueden asteisuuden muutos vaikuttaa sulanapitojärjestelmän kaukolämmön kytkentäratkaisuun, sillä nykyisillä toisiopuolen mitoituslämpötiloilla ensiöpuolen paluuvettä ei voida enää hyödyntää kokonaisuudessa toisiopuolen menoveden lämmitykseen.

K1/2013-ohjeen muutetut toisiopuolen lämpötilat vaikuttavat huomattavasti lämmitysjärjestelmien suunnitteluun, tilavarauksiin ja hankintakustannuksiin. Insinööriyössä selvitettiin, että vaikka K1/2013-ohjeen mukaan toisiopuolen menovesi mitoitetaan vain poikkeustapauksissa 60 °C:seen, mitoituslämpötila on kuitenkin suurimmaksi osaksi hyväksyttävissä. Asuinrakennuksissa pyritään mitoittamaan menoveden lämpötila kuitenkin alemmalla mitoituslämpötilalla. Lisäksi menoveden lämpötila voidaan tapauskohtaisesti välille 60...45 °C. Toisiopuolen menoveden lämpötila on syytä sopia lämmönmyyjän kanssa jo rakennuksen hankesuunnittelun yhteydessä, sillä menoveden lämpötilan muutos myöhäisemmässä vaiheessa voi vaikuttaa lämmitysjärjestelmän tilavarauksiin.

Insinööriyön laskelmien perusteella selvitettiin, että toisiopuolen mitoituslämpötiloilla 60/30 °C lämmönluovuttimien lämmitysteho oli noin 55...75 % lämmönluovuttimesta riippuen verrattuna mitoituslämpötiloihin 70/40 °C. Ilmanvaihdon lämmitysjärjestelmissä

mitoituslämpötiloilla 60/30 °C ei ole merkittävää vaikutusta LVI-suunnitteluun. Mitoitustilanteessa 60/30 °C lämmitysjärjestelmän tilavaraukset ovat kokonaisuudessaan 35 % suuremmat kuin mitoitustilanteessa 70/40 °C. Tilavarausten muutos johtuu suurimaksi osaksi lämmönluovuttimien kokojen muutoksesta. Insinööriyössä mitoitettun lämmitysjärjestelmän hankintahinta-arvio kasvoi 31 % mitoitustilanteessa 60/30 °C verrattuna mitoitustilanteeseen 70/40 °C. Mitoitustilanteessa 45/30 °C lämmönluovuttimien lämmitysteho oli 40...55 % verrattuna mitoitustilanteeseen 70/40 °C. Mitoitustilanteessa 45/30 °C lämmitysjärjestelmän tilavaraukset olivat kokonaisuudessaan noin 75 % suuremmat kuin mitoitustilanteessa 70/40 °C. Lämmitysjärjestelmän hankintahinta-arvio kasvoi 58 % mitoitustilanteessa 45/30 °C verrattuna mitoitustilanteeseen 70/40 °C. Tulosten perusteella mitoitustilanteessa 45/30 °C lämmönluovuttimien lämmitysteho oli 70...75 % verrattuna mitoitustilanteeseen 60/30 °C. Mitoitustilanteessa 45/30 °C lämmitysjärjestelmän tilavaraukset olivat noin 30 % suuremmat kuin mitoitustilanteessa 60/30 °C. Lämmitysjärjestelmän hankintahinta-arvio mitoitustilanteessa 45/30 °C oli 20 % suurempi kuin 60/30 °C mitoitustilanteessa. Insinööriyön tuloksista saadut arvot ovat suuntaa antavia, sillä lämmönluovuttimien tehontarpeet eivät muutu lineaaristesti. Hinta-arviot ovat suuntaa antavia, koska todellinen hinta on pitkälti riippuvainen lämmitysjärjestelmän kokonaisuudesta ja myös urakoitsijasta. Insinööriyön tulosten varmistamiseksi on syytä mitoittaa lisää laajuudeltaan ja toteutusratkaisuiltaan erilaisia lämmitysjärjestelmiä.

Insinööriyössä tarkasteltiin lisäksi matalalämpöasteilijöiden kannattavuutta alemmilla mitoituslämpötiloilla. Vertailussa on käytetty Itula Oy:n Itugraf-paneeleja. Mitoitusten perusteella Itugraf-paneelien hankintahinta on keskimäärin noin 14 % edullisempi ratkaisu kuin mitoitustilanteen 45/30 °C radiaattoreiden hankintahinta. Koska Itugraf-paneeleja voidaan käyttää myös jäähdytyksen ja lämmityksen yhteiskäyttöön, niiden hankintahinta on mahdollisesti jopa vielä edullisempi, kun tarkasteltavassa tilassa vaaditaan sekä jäähdytys että lämmitys. Lämmitys- ja jäähdytystoimintoon soveltuvan Itugraf-paneelin hinta on noin 60 % kalliimpi kuin pelkästään jäähdytykseen tai lämmitykseen tarkoitettun paneelin hinta. Näiden toteutusratkaisujen kustannusarvioiden vertailua olisi syytä tutkia tarkemmin, sillä viime vuosina jäähdytyksen käyttö on yleistynyt sekä uudisrakentamisessa että peruskorjaushankkeissa, joissa lämmitysjärjestelmiä uusitaan kokonaisuudessaan.

Lähteet

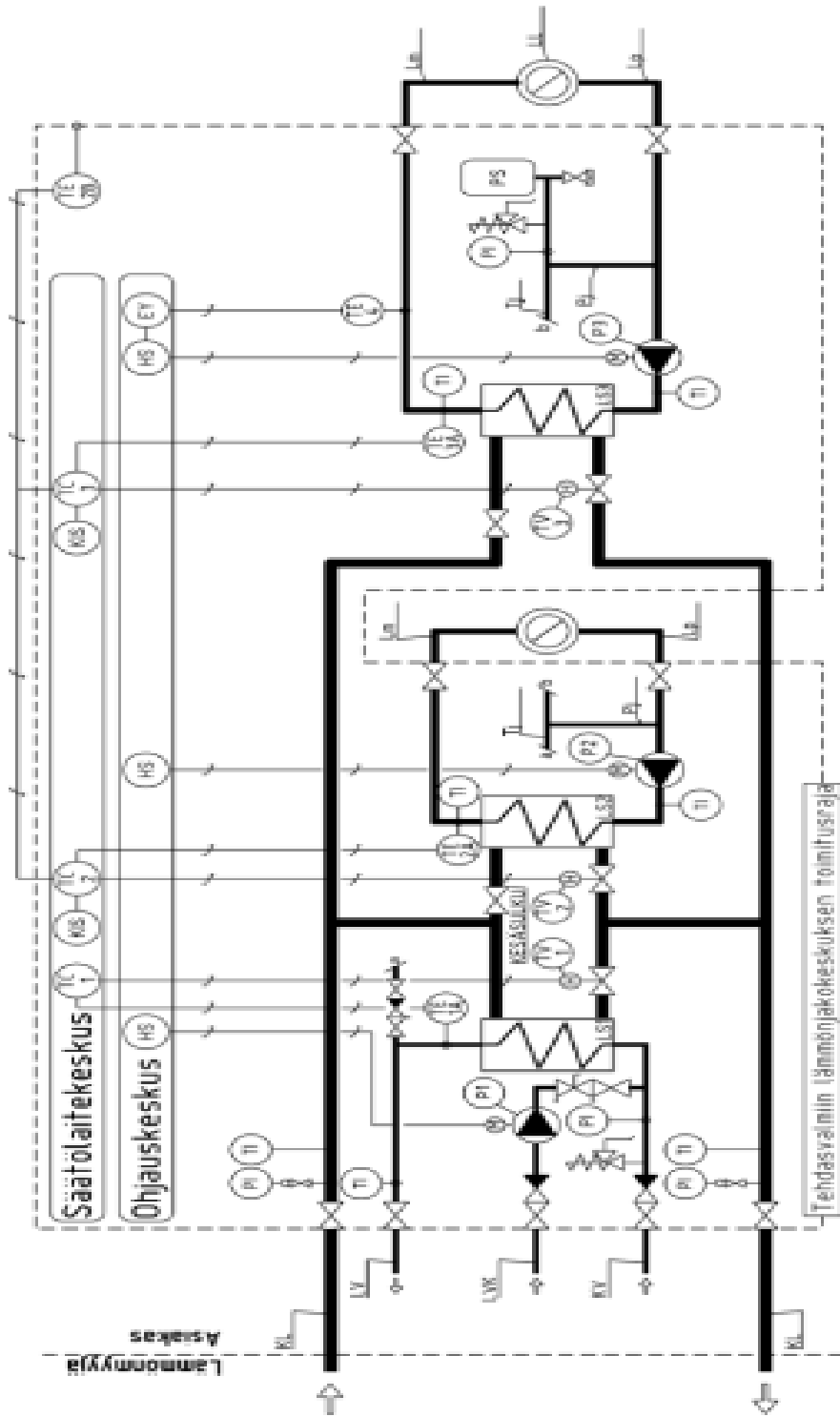
- 1 Kaukolämpömuistoja Espoosta. Verkkodokumentti. Fortum Oyj. http://www.fortum.com/countries/fi/SiteCollectionDocuments/Kaukolampo/Espoon_historiikki_final.pdf. Luettu 20.9.2014
- 2 Kaukolämpöverkko. Verkkodokumentti. Energiateollisuus ry. <http://energia.fi/energia-ja-ymparisto/kaukolampo- ja kaukojaahdytys/kaukolampoverkko>. Luettu 23.9.2014
- 3 Tiitinen, Mirja. Kaukolämpö. Muistio 30.12.2013. Verkkodokumentti. Energiateollisuus ry. http://energia.fi/sites/default/files/images/muistio_lammituksenmitoituslampotilat_20131230.pdf. Luettu 11.8.2014
- 4 Julkaisu K1/2013: Rakennusten kaukolämmitys Määräykset ja ohjeet. 1.9.2013; 31.3.2014; 9.5.2014. Energiateollisuus ry.
- 5 Rautio, Ilkka. Fortum Oyj. Haastattelu 15.1.2015
- 6 Julkaisu K1/2003: Rakennusten kaukolämmitys Määräykset ja ohjeet. 4.7.2007. Energiateollisuus ry.
- 7 Tiitinen, Mirja. 2014. Rakennusten kaukolämmitys, määräykset ja ohjeet, julkaisu K1/2013 - keskeiset uudistukset. Verkkodokumentti. http://energia.fi/sites/default/files/images/keskeisetmuutokset_julkaisuk1_20140509.pdf. Luettu 16.8.2014
- 8 Tuomainen, Sirkku. Gebwell Oy. Sähköpostihaastattelu 23.2.2015
- 9 Seuranen, Eero. Helen Oy. Sähköpostihaastattelu 1.4.2015
- 10 Wiisak, Mika. ProjectusTeam Oy. Haastattelu 19.1.2014
- 11 Kempainen Vesa. 2014. Patteriverkoston perussäätö. Matalavirtamenetelmä ja lämpöjohtopumppujen säätömuotojen tarkastelu. Insinöörityö. Metropolia Ammattikorkeakoulu
- 12 Tekniset esitteet. Rettig Oy. Verkkosivu: <http://www.purmo.com/fi/tuotteet/>
- 13 Rettig Oy. Verkkodokumentti. <http://www.purmo.com/fi/yritys/historia.htm>. Luettu 10.2.2015
- 14 Uponor lattialämmityksen asennus- ja käyttöohje. Verkkodokumentti. Uponor Suomi Oy. Luettu 20.3.2015

- 15 Itugraf grafiittipaneeli, tekninen esite. Verkkodokumentti. Itula Oy.
http://www.itula.fi/files/6014/2727/3687/Itugraf_tekninen_esite_2015-03.pdf. Luet-
tu 15.2.2015
- 16 Johansson, Jorma. Stravent Oy. Haastattelu 10.12.2014
- 17 Seppänen, Olli. 2001. Rakennusten lämmitys. Jyväskylä: Suomen LVI-liitto.
- 18 LVI-ohjekortti, LVI 11-10329 ohjekortti, Paisuntajärjestelmän valinta ja mitoitus
- 19 Excel- ohjehinnastot. Verkkodokumentti. Ahlsell Oy.
<http://www.ahlsell.fi/Palvelut/Hinnastopalvelut/Excel-hinnastot/>
- 20 Purmo ohjehinnasto 1/2015. Verkkodokumentti. Rettig Oy.
http://www.purmo.com/docs/PURMO_Hinnasto_0115_FI_web.pdf
- 21 Janhonen, Hannu. Itula Oy. Sähköpostihaastattelu 10.4.2015

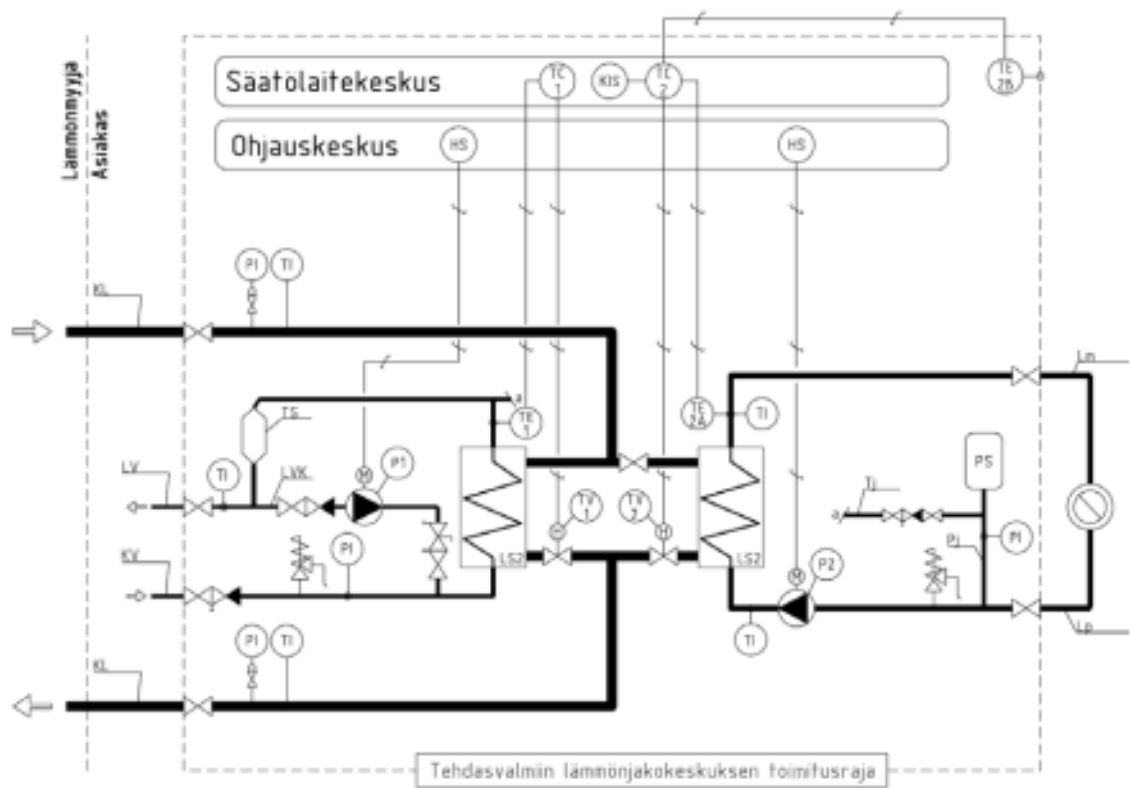
Peruskyltöntöjen valintakriteerit

Valittava kyltöntä	Rakennus
Pientalokyltöntä	<ul style="list-style-type: none"> tilöjen lämmitystehontarve on enintään 30 kW JA käyttövesiteho on enintään 120 kW.
Peruskyltöntä	<ul style="list-style-type: none"> tilöjen lämmitystehontarve on yli 30 kW TAI käyttövesiteho on yli 120 kW lämmitys- tai ilmanvaihtosiirtimeltä palaavan kaukolämpöveden lämpötila ei ole hyödynnettävissä käyttövesisiirtimessä jäähtymän parantamiseksi.
Välisyöttökyltöntä	<ul style="list-style-type: none"> lämmitys- tai ilmanvaihtosiirtimeltä palaavan kaukolämpöveden lämpötila on hyödynnettävissä käyttövesisiirtimessä jäähtymän parantamiseksi <ul style="list-style-type: none"> käyttövesiteho on >120 kW ja lämmitys- tai iv-siirtimeltä palaavan kl-veden lämpötila on >45 °C käyttövesisiirtimen teho on ≥300 kW ja lämmitys- tai iv-siirtimeltä palaavan kl-veden lämpötila on 40...45 °C

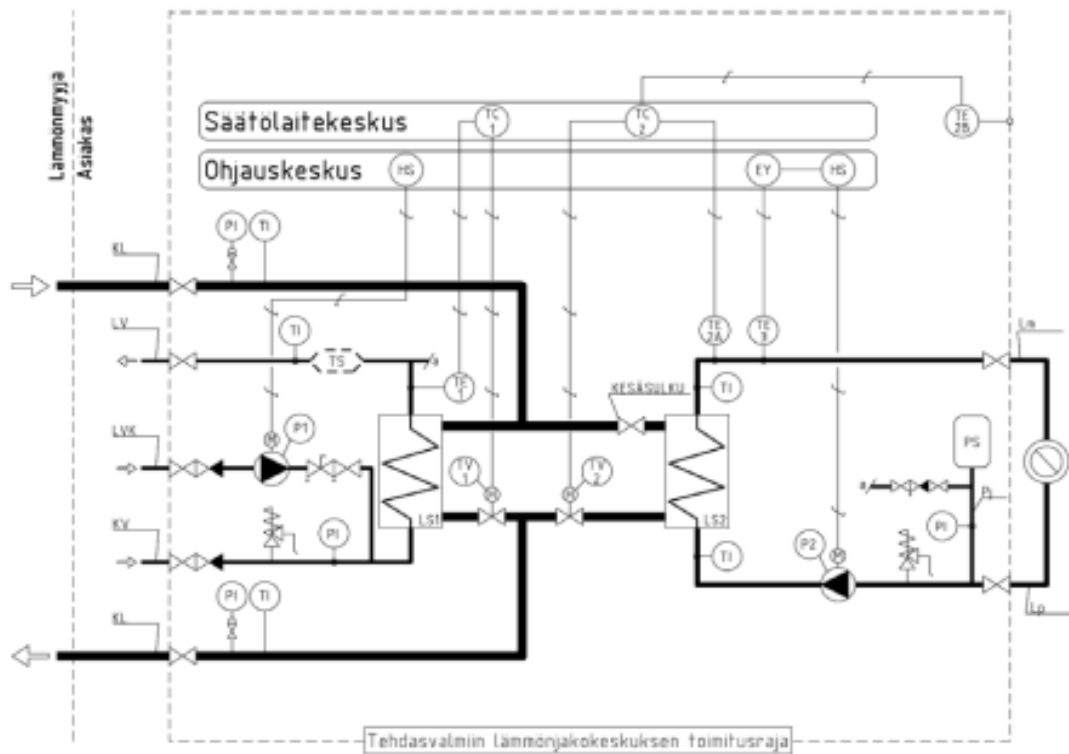
Esimerkkikytkentä 1



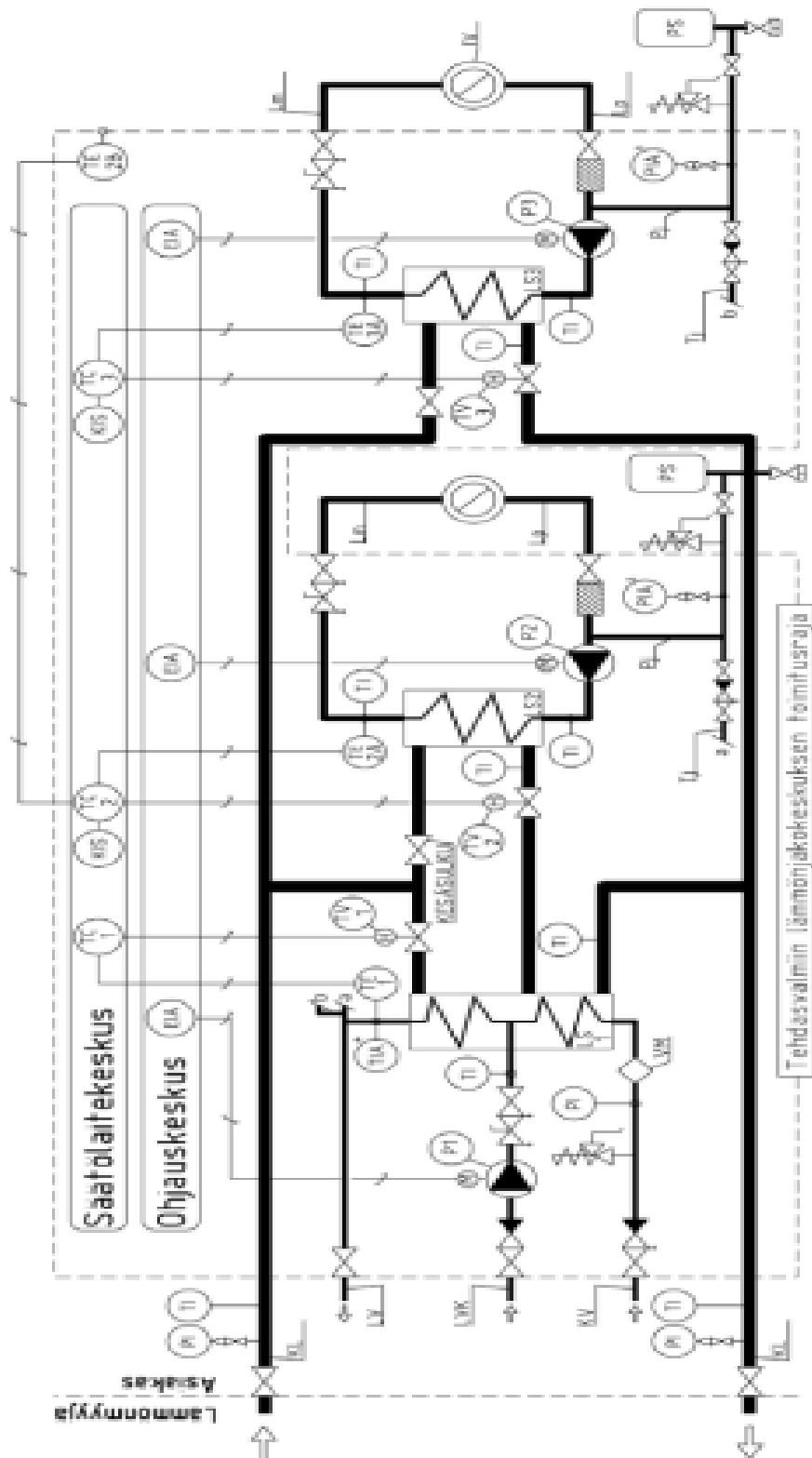
Esimerkkikytkentä 2



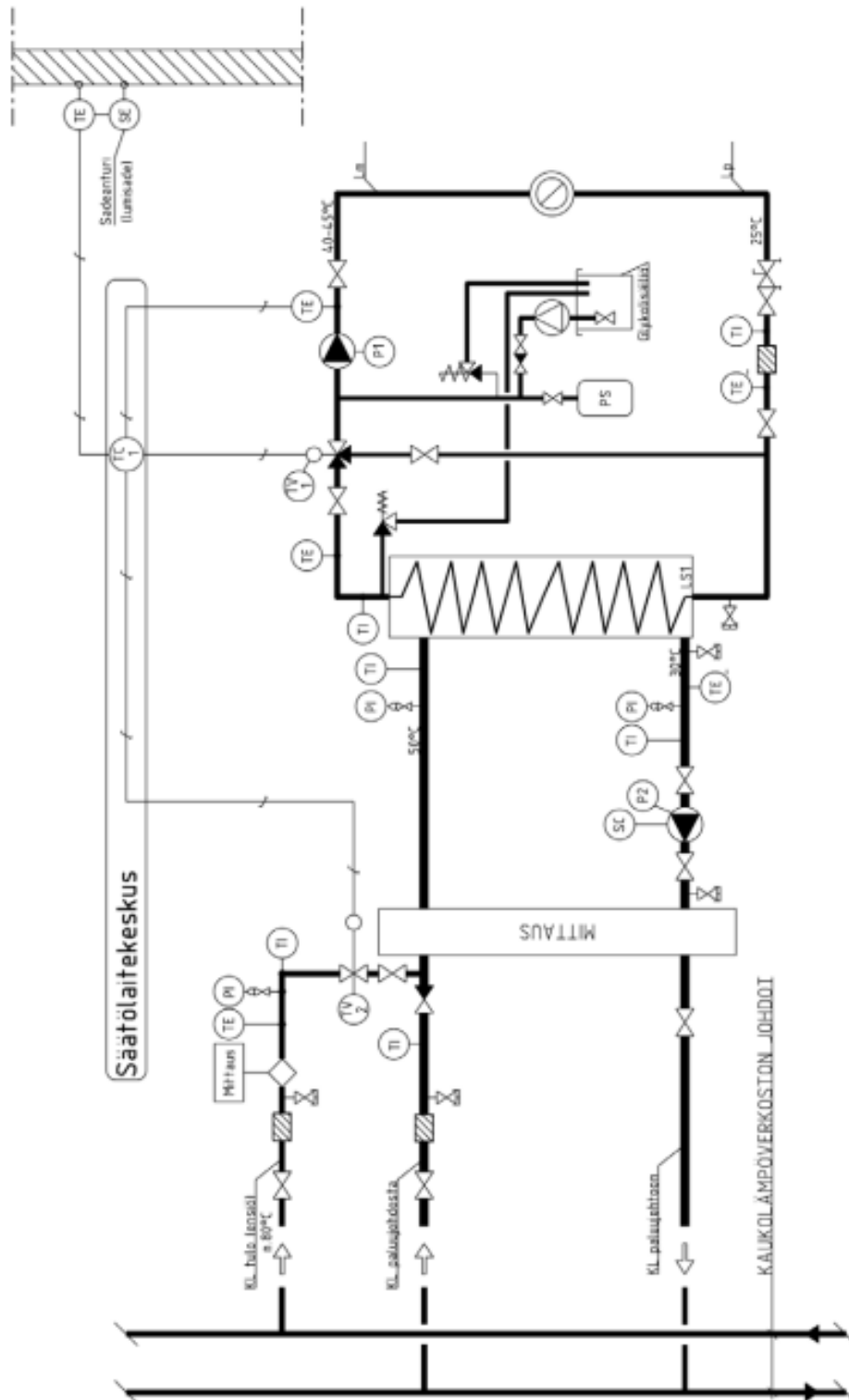
Esimerkkikytkentä 3



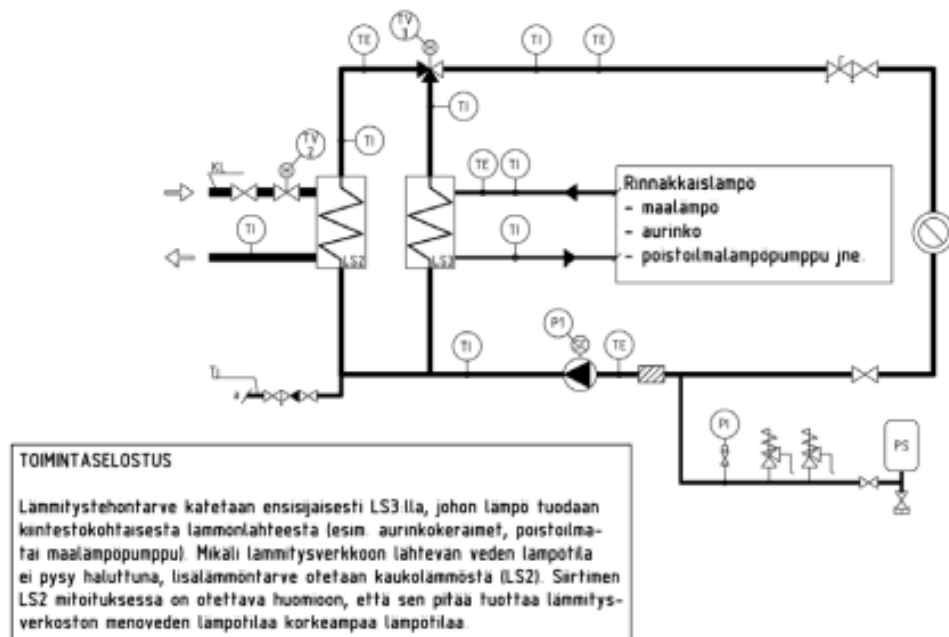
Esimerkkikytkentä 4



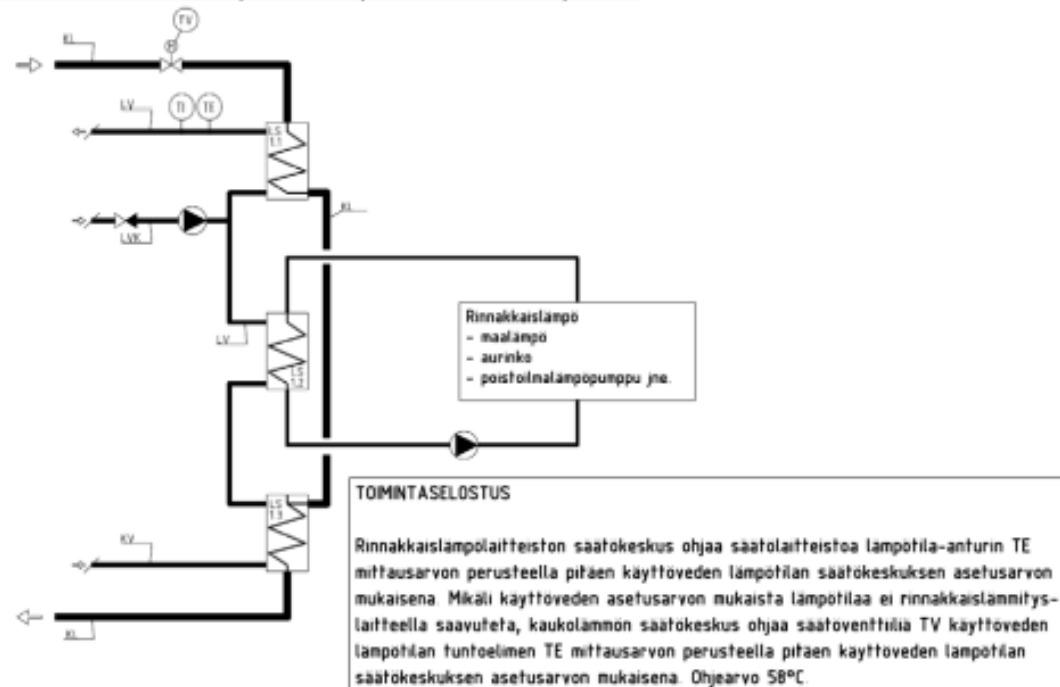
Esimerkkikytkentä 6



Esimerkkikytkennät 7 ja 8



Rinnakkaislämmön kytkentä käyttöveden lämmitykseen



Lämmönsiirtimen mitoitus toisiopuolen mitoituslämpötiloilla 60/30 °C

Lämmönjakokeskuksen laitteiden mitoitus										GEBWELL
Kohde		Mitoitutki 200-400-600; 30-60								
Lämmönsiirtimet		Käyttövesi		Lämmitys 1		Ilmarvaihto		Lämmitys		
Valmistaja ja malli		Gebwell SWEP IC16x53x52		Gebwell SWEP IC28x56		Gebwell SWEP IC28x136		Gebwell SWEP IC120Tx120		
Teho		200		200		400		600		
		ensio	toisio	ensio	toisio	ensio	toisio	ensio	toisio	
Virtaus	l/s	0,95	1,00	0,58	1,60	1,16	3,21	1,74	4,81	
Lämpötilat	°C-°C	70-20	10-58	115-33	30-60	115-33	30-60	115-33	30-60	
Painehäviö	kPa	13	14	3	20	3	20	3	20	
Rakennepaine	Mpa	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	
Rakennemateriaali EN10028/7-		1,4401		1,4401		1,4401		1,4401		
Tilavuus	dm3	4,264	4,264	2,997	3,108	7,437	7,548	1,159	1,22	
Säätöventtiilit		Käyttövesi		Lämmitys 1		Ilmarvaihto		Lämmitys		
Valmistaja		Tilaaajalta		Tilaaajalta		Tilaaajalta		Tilaaajalta		
Malli										
2. venttiilin malli										
Virtaus	l/s									
Painehäviö	kPa									
Koko / kvs-arvo	DN / kvs									
Säätökeskus										
Valmistaja										
Malli										
Säätömoottorit		Käyttövesi		Lämmitys 1		Ilmarvaihto		Lämmitys		
Valmistaja										
Malli										
Muuta										
Paine-erosäädin										
Valmistaja										
Malli										
Virtaus	l/s									
Painehäviö	kPa									
Koko / kvs-arvo	DN/kvs									
Kiertovesipumput		Käyttövesi		Lämmitys 1		Ilmarvaihto		Lämmitys		
Valmistaja		Grundfos		Grundfos		Grundfos		Grundfos		
Malli		*Magna 25-60N		*Magna3 25-100		*Magna3 32-120F		Magna3 40-150F		
Virtaus	l/s	0,24		1,60		3,21		4,81		
Nostokorkeus	kPa	40		40		60		60		
Jännite	V	230		230		230		230		
Sähkön ottoteho	kW	0,085		0,164		0,336		0,608		
Pumpun varasarja										
Ohjauskeskus				Std-4 Vuk 230						
Paisunta ja varolaitteet										
Verkon tilavuus		dm3								
Paisuntasäiliön tilavuus/esipaine		dm3/bar								
Varoventtiilin koko /		DN/bar								
Putkikoot ja -liitännät (DN)										
Ensio	kv ensio	Kv	Lv	Lvk	ensio 1	lämm1	ensio 2	lämm2	ensio 3	lämm3
65	32	35	35	22	25	50	32	65	50	80
Usätietoja:		Ulkomitat [m] [pit x lev x korko]:								Paino:
Keskusten PED-luokka		PED 2								
Keskusten paine-ero ilman paine-ero säädintä		Keskusten paine-ero sis. Paine-erosäädin								
Lämmönmyyjän ilmoittama käytettävissä oleva paine-ero kaukolämpöverkossa:		60								
Energialaitoksen hyväksyntä:										

Lämmönsiirtimen mitoitus toisiopuolen mitoituslämpötiloilla 45/30 °C

Lämmönjakokeskuksen laitteiden mitoitus										GEBWELL	
Kohde		Mitoituksia 200-400-600; 30-45									
Lämmönsiirtimet		Käyttövesi		Lämmitys 1		Ilmanvaihto		Lämmitys			
Valmistaja ja malli		Gebwell SWEP IC16x53x52		Gebwell SWEP IC16x120		Gebwell SWEP IC35x120		Gebwell SWEP IC56N-Wx140			
Teho		200		200		400		600			
		ensiö	toisio	ensiö	toisio	ensiö	toisio	ensiö	toisio		
Virtaus		0,95	1,00	0,58	3,21	1,16	6,41	1,74	9,62		
Lämpötilat		70-20	10-58	115-33	30-45	115-33	30-45	115-33	30-45		
Painehäviö		13	14	1	19	1	19	2	18		
Rakennepaine		1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6		
Rakennearine EN10028/7-		1,4401		1,4401		1,4401		1,4401			
Tilavuus		4,264	4,264	4,838	4,92	10,561	10,74	1,159	1,22		
Välilaine											
Säätöventtiilit		Käyttövesi		Lämmitys 1		Ilmanvaihto		Lämmitys			
Valmistaja		Tilaaajalta		Tilaaajalta		Tilaaajalta		Tilaaajalta			
Malli											
2. venttiilin malli											
Virtaus		l/s									
Painehäviö		kPa									
Koko / kvs-arvo		DN / kvs									
Säätökeskus											
Valmistaja											
Malli											
Säätömoottorit		Käyttövesi		Lämmitys 1		Ilmanvaihto		Lämmitys			
Valmistaja											
Malli											
Muuta											
Paine-erosäädin											
Valmistaja											
Malli											
Virtaus		l/s									
Painehäviö		kPa									
Koko / kvs-arvo		DN/kvs									
Kiertovesipumput		Käyttövesi		Lämmitys 1		Ilmanvaihto		Lämmitys			
Valmistaja		Grundfos		Grundfos		Grundfos		Grundfos			
Malli		*Magna 25-60N		*Magna3 32-120F		Magna3 65-100F		Magna3 65-120F			
Virtaus		l/s	0,24	3,21	6,41	9,62					
Nostokorkeus		kPa	40	60	60	40					
Jännite		V	230	230	230	230					
Sähkön ottoteho		kW	0,085	0,336	0,625	0,769					
Pumpun varasarja											
Ohjauskeskus						Std-4 V K 230					
Paisunta ja varolaitteet											
Verkon tilavuus		dm3									
Paisuntasäiliön tilavuus/esipaine		dm3/bar									
Varoventtiilin koko /		DN/bar									
Putkikoot ja -liitännät (DN)											
Ensiö	kv ensiö	Kv	Lv	Lvk	ensiö 1	lämm1	ensiö 2	lämm2	ensiö 3	lämm3	
65	32	35	35	22	25	65	32	80	50	100	
Lisätietoja:		Ulkomitat (m) [pit x lev x korkeus]:								Paino:	
Keskuksen PED-luokka		PED 2									
Keskuksen paine-ero ilman paine-ero säädintä				Keskuksen paine-ero sis. Paine-erosäädin							
Lämmönmyyjän ilmoittama käytettävissä oleva paine-ero kaukolämpöverkossa:										60	
Energialaitoksen hyväksyntä:											