

Juho Pihlajakoski

LÄMMITYSTAPAMUUTOS

LÄMMITYSTAPAMUUTOS

Juho Pihlajakoski
Opinnäytetyö
Kevät 2020
Talotekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Talotekniikan tutkinto-ohjelma

Tekijä(t): Juho Pihlajakoski
Opinnäytetyön nimi suomeksi: Lämmitystapamuutos
Opinnäytetyön nimi englanniksi: Change of Heating method
Työn ohjaaja(t): Lehtori Mikko Niskala
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2020
Sivumäärä: 74 + 21 liitettä

Tässä opinnäytetyössä perehdyttiin Pudasjärvellä sijaitsevan vanhan tukkikämpän lämmitystavan muuttamiseen. Nestekaasulämmitteisen kämpän lämmitysjärjestelmä on tulossa teknisen käyttöikänsä päähän. Vanha järjestelmä koostuu kaasulämmittimistä, joita on useita eripuolilla kämppää. Vanhan järjestelmän tilalle halutaan nestekiertoinen keskuslämmitysjärjestelmä, jonka suunnittelu ja mitoitus on tämän opinnäytetyön aiheena.

Työssä oli kaksi tavoitetta, joista ensisijaisena tavoitteena oli mitoittaa lämmönsiirtoputkisto ja lämmönluovuttimet tilaajan suunnittelemaan lämmönlähteeseen. Toisena tavoitteena oli tutkia ja suunnitella vaihtoehtoisia lämmönlähte- ja jakoratkaisuja. Työn suurin haaste oli kämpän sähköntuotannon omavaraisuus.

Työssä onnistuttiin suunnittelemaan ja mitoittamaan tavoitteiden mukainen lämmönsiirtoputkisto ja levyradiaattorit tilaajan lämmönlähteratkaisuun. Lisäksi suunniteltiin täysin sähkötön lämmitysjärjestelmä vaihtoehto, mikä toteutettiin puukattilan ja painovoimaisen lämmitysjärjestelmän avulla. Toinen vaihtoehtoinen lämmönlähteratkaisu tarvitsee sähköenergiaa. Järjestelmään suunniteltiin kaasuabsorptiolämpöpumppu ja kaasukondenssikattila, mitkä toimivat vuorotellen eri ulkolämpötilarajoissa.

Opinnäytetyö oli tutkimustyötä, missä jouduttiin hakemaan tietoa erilaisista lämmitystekniikoista ja niiden sovelluksista. Tietoa kerättiin niin vanhoista kuin uusista teknisistä julkaisuista ja kirjoista sekä valmistajien julkaisut ja tekniset materiaalit käytiin läpi huolellisesti.

Työssä onnistuttiin tuottamaan valmiita järjestelmäratkaisuja sekä uusia ja mielenkiintoisia vaihtoehtoisia ratkaisuja.

Asiasanat: nestekaasu, kaasulämmitys, lämmityskattila, patterilämmitys, glykoli, painovoimainen

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
1 JOHDANTO	6
2 KIIINTEISTÖ OY PÄRJÄ	7
2.1 Nykyinen lämmitysjärjestelmä	8
2.2 Kiinteistö	9
2.3 Tavoitteet ja suunnitelmat työn tilaajan puolelta	9
3 NESTEKAASU	10
3.1 Nestekaasun yleisiä ominaisuuksia	10
3.2 Nestekaasun käyttökohteet	11
4 NESTEKIERTOINEN KESKUSLÄMMITYS	12
4.1 Lämmönlähde	12
4.1.1 Kiinteän polttoaineen kattila	12
4.1.2 Kaasukattila	14
4.1.3 Kaasuabsorptiolämpöpumppu	15
4.2 Lämmönsiirto	16
4.2.1 Kaksiputkikykentä	17
4.2.2 Yksiputkikykentä	17
4.2.3 Käännetty paluu	18
4.3 Lämmönluovutus	18
4.3.1 Patterit	18
4.3.2 Kattosäteilijät	20
4.4 Lämmönsiirtonesteen kierrätys	21
4.4.1 Pumppukiertoinen järjestelmä	21
4.4.2 Painovoimainen järjestelmä	22
4.5 Lämmitysjärjestelmän vesivirtojen säätö	24
5 LÄMMITYSTEHO	25
5.1 Rakenteiden U-arvot	26
5.3 Lämmitystehontarve CADS-ohjelmalla	34
5.4 Lämmitystehontarve polttoaineen kulutuksen mukaan	36
5.5 Lämmitystehontarvetulosten arviointi	37

6 MITOITUS	38
6.1 Painovoimainen lämmitysjärjestelmä	38
6.1.1 Pattereiden mitoitus	39
6.1.2 Putkiston mitoitus	41
6.1.3 Patteriventtiili	45
6.1.4 Kattilan ja energiavaraajan mitoitus	47
6.1.5 Muut laitteet ja varusteet	49
6.2 Pumppukiertoinen hybridilämmitysjärjestelmä	50
6.2.1 Pattereiden mitoitus	52
6.2.2 Putkiston mitoitus	53
6.2.3 Patteri- ja linjasäätöventtiilit	53
6.2.4 Kaasuabsorptiolämpöpumppu	53
6.2.5 Kaasukondenssikattila	56
6.2.6 Varaaja	56
6.2.7 Muut laitteet ja varusteet	57
6.3 Putkisto ja lämmönluovuttimet työn tilaajan järjestelmään	60
6.3.1 Kattosäteilijät	60
6.3.2 Patterit	63
6.4 Eristys	64
6.5 Energiankulutuksen arvio	65
7 YHTEENVETO	68
LÄHTEET	69
LIITTEET	73

1 JOHDANTO

Vanhojen lämmitysjärjestelmien tekninen käyttöikä on saavutettu monessa kiinteistössä, jolloin uusien ja hyötysuhteeltaan parempien lämmitysjärjestelmien tarkastelu on tullut ajankohtaiseksi. Myös kiinteistöjen lämmittämiseen käytettävien polttoaineiden nousevat hinnat pakottavat kiinteistöjen omistajia miettimään ratkaisuja, joilla kasvavat lämmityskustannukset saataisiin pidettyä kurissa.

Työssä suunnitellaan uusi lämmönjakoratkaisu vanhan nestekaasulämmitteisen hirsirakennuksen lämmitysjärjestelmään. Tarkoituksena on mitoittaa nestekiertoinen lämmönsiirtoputkisto ja lämmönluovuttimet sekä etsiä vaihtoehtoisia lämmönlähteratkaisuja. Kiinteistö on täysin omavarainen energian tuotannossa, eli kaikki lämmitys- ja sähköenergia tuotetaan itse. Polttoaineena tullaan käyttämään jatkossakin nestekaasua.

Nykyaikainen talotekniikka tarvitsee sähköenergiaa toimiakseen, mikä hankaloittaa työn suunnittelua ja karsii käytettäviä teknisiä ratkaisuja. Työssä perehdytään teoriassa niihin asioihin, joita voitaisiin myös käyttää työn kohteessa. Tilaajan toiveet on pyritty huomioimaan ja toteuttamaan työssä mahdollisuuksien mukaan.

2 KIINTEISTÖ OY PÄRJÄ

Pärjän kämppä rakennettiin alun perin Pudasjärvellä sijaitsevalle Telkkälammelle hakkuukeskittymillä työskentelevien metsureiden majoittamiseen 1950-luvun alussa. Kämppä ja tie suunniteltiin niin, että samalta kämpältä pystyttiin työskentelemään yhtäjaksoisesti jopa 10 vuotta. Kämppä oli alkujaan varustettu puulämmitteisellä keskuslämmityksellä sekä aggregaatilla, jolla tuotettiin sähköä pimeisiin iltoihin. Emännillä oli keittiössä vesi- ja viemärijärjestelmät helpottamassa työntekoa. (1.) (Kuva 1.)



KUVA 1. Pärjän kämppä etupihalta kuvattuna

Telkkälammelta kämpän siirto aloitettiin keväällä 1963 nykyiselle paikalleen, ja siirto valmistui saman vuoden elokuussa. Kämppä sai siirron yhteydessä jatkoosan, joka piti sisällään työmaakonttorin ja päiväläiskämpän, jolloin kokonaispinta-ala kasvoi noin 260 m². Samalla siirtyi myös aggregaatti, joka mahdollisti pumppuhuoneen rakentamisen kämpän läheisyydessä olevalle lähteelle. Vesi pumpattiin lähteestä keittiön tarpeisiin. Tämä pumppaamo on edelleen käytössä, mikä on modernisoitu vuosien varrella. Nopeasti kämpän siirron jälkeen luovuttiin puulämmityksestä ja siirryttiin öljylämmitykseen. Tällä haluttiin karsia puulämmitykseen liittyvät työvoimakustannukset. Öljylämmityksestä ja siihen liittyvästä tekniikasta ei ole enempää tietoa. (1.)

Sähköverkon rakentamisen kustannukset ovat merkittävät syrjäisen sijainnin takia. Vaikka sähköverkko rakennettaisiinkin, olisivat sähkönsiirtokustannukset vielä huomattavat. Omavaraisuus sähköntuotannossa tulee siis jatkumaan tulevaisuudessakin. Tähän onkin varauduttu viime vuosina investoimalla aurinkosähköjärjestelmään, jonka avulla on vähennetty merkittävästi aggregaatin käyttöä.

2.1 Nykyinen lämmitysjärjestelmä

Kämpän lämmitysjärjestelmä on päivittynyt vuosien varrella nestekaasulämmitteiseksi patterilämmitykseksi (kuva 2). Pihaan on upotettu iso nestekaasusäiliö, josta putkistoa pitkin kaasua siirretään eripuolille rakennusta. Kylpyhuoneessa sijaitsevalla nestekaasulämmittimellä tuotetaan lämmin käyttövesi tarpeen mukaan. Nestekaasua kuluu keskimäärin noin 5000 kg vuodessa, josta saatu bruttoenergia on 64,2 MWh. Vuosihyötysuhteen arvioidaan olevan noin 0,8, jolloin vuodessa kulutetusta nestekaasusta saatu nettoenergian on 51,3 MWh.



KUVA 2. Nestekaasulämmittin pirtin seinällä

Nestekaasulämmittimet toimivat atmosfääripoltintekniikalla. Polttimen tarvitsema ilma otetaan samaa reittiä pitkin kuin savukaasut poistuvat. Pattereiden tarkka hyötysuhde ei ole tiedossa, mutta suoraan ulkoilmaan johdetun savukaasun mukana poistuu myös siihen varastoitunutta energiaa. Lämmittimiä on yhteensä 13 kpl eri puolilla kämppää, ja yhden lämmittimen teho on noin 5 kW.

Kämpän keittiössä on alkuperäinen iso puuhella sekä ruokailutilassa pieni puutakka tuomassa lisälämpöä tiloihin. Näiden lisäksi toisessa päädyssä kämpppää on pieni puutakka tunnelman ja lämmön tuojana.

2.2 Kiinteistö

Kämpä on rakenteeltaan yksikerroksinen hirsirakennus, jonka hirret ovat kooltaan noin 120 x 200 mm. Kämpä on perustettu betonipaalujen varaan, ja alapohja on hyvin tuulettuva ulkoilmaan. Kaikki ikkunat on uusittu 2010-luvulla vanhaa tyyliä kunnioittaen sekä ulko-ovet 1990-luvulla. Huonekorkeus on noin 2,6 m, joka vaihtelee hieman eri tilojen välillä. Ala- ja yläpohja sekä seinän rakenteet on esitetty tarkemmin rakenteiden U-arvo laskennan yhteydessä.

Kämpällä on tehty energiansäästötoimenpiteitä vuosien varrella useita. Näistä merkittävimmät ovat ulkoseinien lisäeristys sisäpuolelta 50 mm:n mineraalivillieristeellä sekä yläpohjan lisäeristys noin 200 mm puhallusvillalla. Ikkunat ja ulko-ovet on uusittu sekä painovoimaista ilmanvaihtoa on parannettu. Kämpän huolto ja kunnossapito on hyvällä tasolla, minkä ansiosta se on pysynyt vuosia hyvässä kunnossa.

2.3 Tavoitteet ja suunnitelmat työn tilaajan puolelta

Työn tilaajalla on ajatuksena palata takaisin nestekiertoiseen keskuslämmitysjärjestelmään, koska nykyisen järjestelmän tekninen käyttöikä on saavutettu. Tilaajan omana suunnitelmana on rakentaa erillinen lämmönjakohuone rakennuksen ulkopuolelle, jonne sijoitettaisiin noin 100 kW:n tehoinen kaasukattila, tilavuudeltaan 2000 l:n varaaja, aggregaatti, akusto ja polttoainesäiliö aggregaattia varten. Aggregaatilla tuotettaisiin sähkö uuteen järjestelmään. Erillisellä järjestelmällä otetaan talteen aggregaatin pakokaasun hukkalämpö ja siirretään talteen otettu energia lämmitysjärjestelmään.

Tehtävänä on siis suunnitella ja mitoittaa lämmönsiirtojärjestelmä sekä lämmönluovuttimet uuteen järjestelmään. Tämän lisäksi suunnitellaan kaksi vaihtoehtoista lämmitysjärjestelmää, joilla mielestäni järjestelmä voitaisiin toteuttaa. Sähköntuotantoon ja sen riittävyteen en ota kantaa työssäni. Nestekaasukytkenät ja niiden varusteet jätetään työn ulkopuolelle.

3 NESTEKAASU

Nestekaasu on öljynjalostuksessa syntyvä hiilivetyjen, propaanin (C₃H₈) ja butaanin (C₄H₁₀) seos. Kämpällä käytettävä nestekaasu on propaania. Nestekaasun palamisessa syntyy pääasiassa hiilidioksidia ja vettä, ja hiilidioksidia muodostuu vähemmän kuin muita polttoaineita poltettaessa. Yhdestä kilogrammasta nestekaasua saadaan 12,8 kWh energiaa, joka on noin 30 % enemmän kuin vastaavassa määrässä polttoöljyä. (2.)

3.1 Nestekaasun yleisiä ominaisuuksia

Nestekaasut ovat normaalipaineessa ja huoneenlämmössä kaasumaisessa olo muodossa. Höyrystymiseen vaikuttavat ympäristön lämpötila, järjestelmän käyttöpaine sekä nestekaasusäiliössä olevan kaasun määrä. Talven kylminä aikoina saattaa ilmetä ongelmia nestekaasulaitteiden toiminnassa, koska höyrystyminen on heikkoa kylmissä olosuhteissa. Nestekaasujärjestelmät ovat kuitenkin yksinkertaisia ja käyttövarmoja, minkä takia niiden huollon tarve on vähäinen. (2.)

Hajuttomuuden takia nestekaasuun on lisätty hajustetta ilmaisemaan vuodot. Nestekaasu on myös ilmaa raskaampaa, jolloin ilmassa vapaana oleva kaasu voi kerääntyä lattiakaivoihin, lattiasyvennyksiin, kellaritiloihin ja muihin vuotokohtaa alempana oleviin tiloihin ja rakenteisiin. (2.)

Nestekaasu-ilmaseos on palava vain tietyissä sekoitussuhderajoissa. Propaanilla rajat ovat 2,1 - 9,5 tilavuusprosenttia ja butaanilla 1,5 - 8,5 tilavuusprosenttia koko kaasu- ja ilmaseoksesta. Mikäli ollaan sekoitussuhde alueen ala tai yläpuolella ei seos ole enää syttyvä. Nestekaasujen ominaisuuksia on esitetty taulukossa 1. (3.)

TAULUKKO 1. Nestekaasujen ominaisuuksia (4, s. 9)

	Molekyylikaava	Molekyylipaino	Tiheys	Tiheys kaasumaisena	Tehollinen lämpöarvo			
			[kg/m ³ n]	[ilma 1,293kg/m ³ n]	[kWh/m ³]	[kWh/kg]	[MJ/m ³ n]	[MJ/kg]
Propaani	C ₃ H ₈	44,09	2,01	1,56	26	12,8	93,6	46,3
Butaani	C ₄ H ₁₀	58,12	2,7	2,08	34,1	12,7	122,8	45,7
	Syttymislämpötila	Wobbe-arvo	Teoreettinen palamislämpö ilmassa		Palamisnopeus		Palamisilman tarve	
	[°C]	[MJ/m ³ n]	[°C] (lambda = 1)		[cm/s]		[m ³ n/m ³ n kaasua]	
Propaani	510	75	1925		45		42	
Butaani	490	85,5	1900		54,3		32	

3.2 Nestekaasun käyttökohteet

Nestekaasu on laajasti käytössä eri teollisuuden aloilla, ajoneuvojen polttoaineena sekä kotitalouksissa. Eniten nestekaasua käytetään teollisuuden erilaisissa prosesseissa, joissa vaaditaan tehoa, tarkkaa tehon säätöä, lämpötilan hallintaa ja palamisen puhtautta. (3.)

Metalli- ja konepajateollisuudessa nestekaasun käyttökohteita ovat lämpökäsittelyuunit ja -kylvyt, polttoleikkaus, sulatusprosessit, metalliensulanapito sekä tilojen lämmittäminen. Prosesseissa vaaditaan tarkkoja lämpötilan säätöominaisuuksia ja laajaa tehoaluetta. (3.)

Paperiteollisuudessa nestekaasun käyttökohteita ovat leiju- ja infrapunakuivaimet, kuumaöljykattilat, korvausilman ja tilojen lämmitys. Prosessien tärkeimpiä ominaisuuksia ovat poltinten teho ja tehonsäätöalueen laajuus. Kaasupolttimien avulla päästään hyvinkin korkeisiin prosessi-ilmalämpötiloihin. (3.)

Puutarha- ja elintarviketeollisuuden käyttökohteita ovat puutarhojen lämmitysjärjestelmät, esilämmitys- ja paistouunit, rasvakeittimet, kuumaöljykattilat, karvanpoltouunit ja kahvinpaahtimouunit. Puhdas palaminen ja tarkka lämpötilojen säädettävyys ovat tärkeitä elintarviketeollisuudessa. Puutarhateollisuudessa hyödynnetään nestekaasun palamisprosessin puhtaus sekä lämmityslaitteiden hyvä hyötysuhde ja palamisessa syntyvä hiilidioksidi on kasvien hyödynnettävissä. (3.)

Kotitalouksissa nestekaasua käytetään ruuan laittoon, niin sisällä kuin ulkonakin. Nestekaasua käytetään myös matkailuajoneuvojen ja -vaunujen lämmitykseen, veneiden sekä pienien loma-asuntojen lämmittämiseen ja energialähteeksi. Nestekaasulla onkin yllättävän vankka jalansija Suomessa energianlähteenä. (3.)

4 NESTEKIERTOINEN KESKUSLÄMMITYS

Keskuslämmityksessä rakennuksen kaikki lämmitettävät tilat saavat lämmitysenergian yhteisestä lämmönlähteestä. Lämpöenergia siirretään lämmitettäviin tiloihin veden, ilman, höyryn tai muun lämmönsiirtoväliaineen avulla. Muita lämmönsiirtoväliaineita on esimerkiksi vesi-glykoliseos, jolla estetään järjestelmän jäätyminen lämmityksen keskeytyessä. Vesi on käytetyin väliaine hyvän lämmönsiirtokykynsä vuoksi. (5, s. 119.)

Keskuslämmitysjärjestelmän osat jaetaan seuraavasti:

- lämmönlähde
- lämmönsiirtoverkko
- lämmönlvovuttimet.

Työssä käydään läpi ainoastaan kämpälle sovellettavissa olevat lämmönlähteet, lämmönsiirtoverkosto- ja lämmönlvovutusratkaisut. Rajoituksia luo niin omavaraisuus sähköntuotannossa, kuin olemassa olevat rakenteet.

4.1 Lämmönlähde

Rakennusten lämmönlähteenä voidaan käyttää polttoaineella toimivia kattilalaitoksia, erilaisia lämpöpumppuratkaisuja, kaukolämpöä hyödyntäviä kiinteistökohtaisia lämmityslaitteistoja, sähköä tai näiden edellä mainittujen yhdistelmiä.

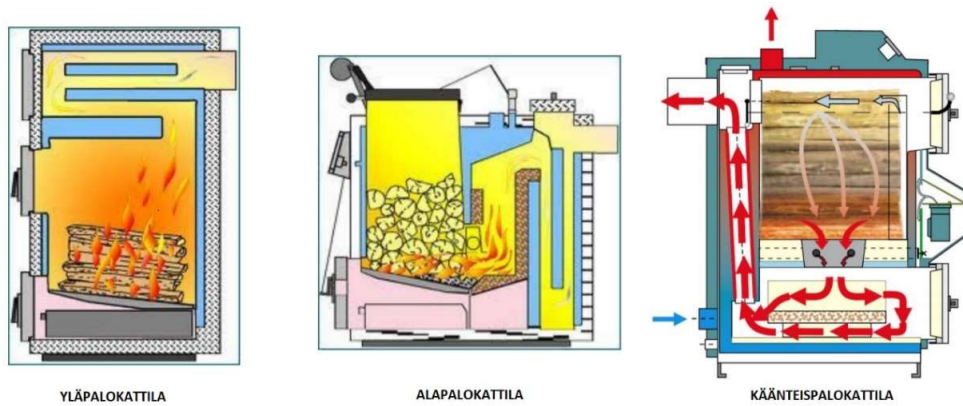
4.1.1 Kiinteän polttoaineen kattila

Kiinteän polttoaineen kattilat jaetaan polttotavan mukaan seuraavasti:

- yläpalokattilat
- alapalokattilat ja
- käänteispalokattilat.

Polttoaineena voidaan käyttää esimerkiksi pilkettä, haketta, turvetta, pellettejä, peltobiomassa tai kotitalousjätettä. (6.)

Yläpalokattila on perinteisin kattilatyyppejä sekä rakenteeltaan yksinkertaisin (kuva 3). Se on kuitenkin hyötysuhteeltaan hieman huonompi kuin muut kattilatyypit (taulukko 2). Yläpalokattilassa liekit muodostuvat polttoainekerroksen päälle ja palamiseen osallistuu koko polttoainekerros. Polttoainetta tulisi lisätä yläpalokattilaan pienissä erissä lyhyin väliajoin, koska palaminen on epätäydellistä polttoaineen lisäämisen jälkeen, niin kauan kunnes uusi polttoaine syttyy kokonaan palamaan. (7, s. 29.)



KUVA 3. Kattilatyypit (8, s. 7 - 10)

TAULUKKO 2. Pilkekattiloiden vuosihyötysuhteita suorassa ja varaavassa lämmityksessä. Suorassa lämmityksessä ei ole lämminvesivaraaja. (6)

Pilkekattilatyypit	Hyötysuhde %			
	Vanha kattila		Nykyaikainen kattila	
	Suora lämmitys	Varaava lämmitys	Suora lämmitys	Varaava lämmitys
Kaksoispesäkattila	40	60	45	70
Yläpalokattila	45	65	50	70
Alapalokattila	50	70	60	80
Käänteisalakattila	55	75	65	85
Etupesä ja kattila	50	70	55	75

Alapalokattilassa polttoainekerros palaa alaosastaan ja palaminen on tasaista. Polttoaine sijaitsee omassa polttoainevälikammissa (kuva 3). Polttoainetta va-
luu automaattisesti polttoainesäiliöstä palotilaan entisen palaessa loppuun. Hyö-
tysuhteeltaan alapalokattila on parempi kuin yläpalokattila. Polttoainesäiliön koko
ja käytetty polttoaine vaikuttaa täyttövälän pituuteen, mutta yleensä alapalokatti-
loissa päästää pidempiin täyttöväleihin. (7, s. 29 - 30.)

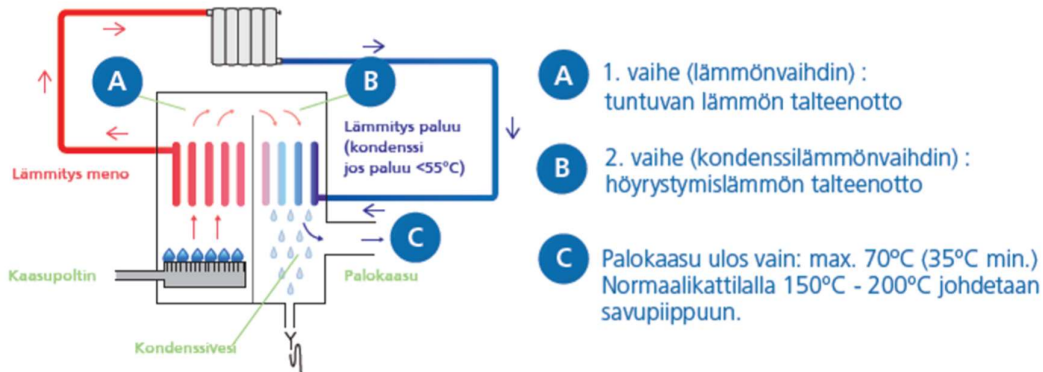
Käänteispalokattila on modernein pilkekattilatyyppejä (kuva 3). Käänteispalokattila vastaa toimintaperiaatteeltaan alapalokattilaa, kuten polttoaineen varastoinnissa. Käänteispalokattilassa puu palaa kahdessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa puu kaasuuntuu arinan päällä, josta kaasu virtaa jälkipolttotilaan, missä polttoaine palaa tehokkaasti loppuun. Savukaasuimureilla voidaan tehostaa kattilan toimintaa. Kattilan toimintaperiaate mahdollistaa puhtaan palamisen ja tehokkaan lämmönsiirtymisen kattilaveteen. (6.)

Kaikkien kiinteänpolttoaineen kattiloiden kanssa suositellaan käytettävän energiavaraajaa. Varaajan avulla saadaan kattiloiden kaikki lämpöenergia hyötykäyttöön sekä vähennetään sen sitovuutta lämmittämiseen. Varaaja tarvitsee huomattavan suuren tilan, minkä takia sen käyttö voi joissain tapauksissa olla mahdotonta.

4.1.2 Kaasukattila

Kaasukattilat ovat tavallisesti perusratkaisultaan vastaavia kuin öljykattilat. Useat öljykattilat soveltuvatkin kaasukäyttöön pelkästään puhallinpolttimen vaihdolla. Öljykäyttöön tarkoitetuissa kattiloissa ei kuitenkaan saada kaikkia kaasun hyviä ominaisuuksia hyödyksi vastaavalla tavalla kuin kaasukäyttöön tarkoitetuissa kattiloissa saataisiin. Kaasua poltettaessa säteilylämmönsiirron osuus tulipesässä on pienempi ja konvektion osuus suurempi. Kaasukattiloiden konvektio-osa onkin rakenteeltaan suurempi kuin öljykattiloiden. (5, s. 325 - 326.)

Hyvästä hyötysuhteestaan tunnettu kaasukondenssikattilatekniikka on erinomainen vaihtoehto, kun polttoaineena käytetään kaasua. Kaasukondenssikattilan hyvä hyötysuhde perustuu savukaasujen sisältämän vesihöyryn lauhtumislämmön hyödyntämiseen. (Kuva 4.)



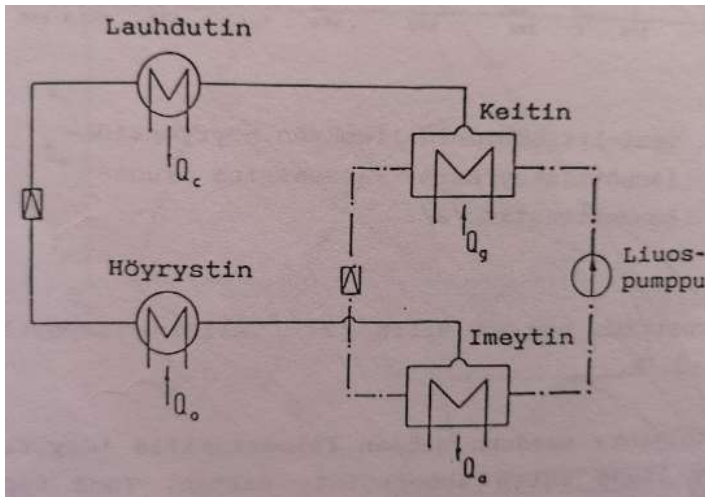
KUVA 4. Kaasukondenssikattilan toimintaperiaate (9)

Parhaaseen hyötysuhteeseen päästään, kun kondenssiosalla lämmitettävän veden tulolämpötilan on alle 55 °C. Verrattaessa polttoaineen alempaan lämpöarvoon, voidaan saavuttaa jopa yli 100 %:n hyötysuhde. Verrattaessa ylempään polttoaineen lämpöarvoon hyötysuhde on alle 100 %:n. Nykyisen kondenssitekniikan ansiosta lauhtumisella saadaan energiaa talteen lähes koko lämmityskauden ajan. Nykyaikaiset kaasukondenssikattilat voidaan sijoittaa esimerkiksi kodinhoitohuoneeseen, keittiöön tai muuhun kuivaan tilaan niiden tekniikan ja pienen koon ansiosta. (9.)

4.1.3 Kaasuabsorptiolämpöpumppu

Absorptiolämpöpumpun toiminta perustuu kylmäaineen kykyyn sitoa lämpöä höyrystimessä matalassa lämpötilassa ja luovuttaa käyttökelpoista lämpöä lauhtimessa korkeammassa lämpötilassa. Absorptiolämpöpumpussa perinteinen kompressori on korvattu kahdella lämmönsiirtimellä. Lämpötilatason nostamiseen absorptiolämpöpumppu käyttää kahden lämmönsiirtimen, imeytimen ja keittimen muodostamaa piiriä, jossa kiertää absorptioliuos. Absorptiolämpöpumpun toimintaperiaate on esitetty kuvassa 5. (10, s. 11.)

Absorptiolämpöpumpussa tarvitaan kylmäaineen lisäksi niin sanottu absorbentti, johon kylmäaine voi imeytyä. Kylmäaine ja absorbentti muodostavat työaineparin. Työaineparina voi toimia lukuisia eri aineita, joiden valinta riippuu vallitsevista olosuhteista ja työaineparin ominaisuuksista. Tavallisimmat työaineparit absorptiolämpöpumpuissa ovat ammoniakki-vesi ($\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$) ja vesi-litiumbromidi ($\text{H}_2\text{O-LiBr}$). (11, s. 20.)



KUVA 5. Absorptiolämpöpumpun toimintaperiaate (10, s. 11)

Absorptiolämpöpumpun tarvitsema käyttöenergia tuotetaan suoraan lämpöpumpun yhteydessä, jolloin keitintä lämmitetään suoraan esimerkiksi kaasupolttimella. Tämän tyyppisen tekniikan etuja ovat sen koko, yksinkertainen laitteisto ja mekaanisten osien vähyys, jolloin huollon ja kunnossapidon tarve on pieni. Sähköenergian kulutus absorptiolämpöpumpuissa on myös vähäinen; ainoastaan liuospumppu ja mahdolliset puhaltimet kuluttavat energiaa. (10, s. 32.)

Lämmönlähteinä toimivat samat luonnolliset lämmönlähteet kuin kompressorilämpöpumpuissa. Lämpöä voidaan ottaa maasta, ilmasta, vesistöstä tai poistoilmasta. Hyötysuhteeseen voidaan vaikuttaa sillä, mistä lämmönlähteestä energiaa otetaan ja mikä on käyttökohteen lämpötilataso. Saneerauskohteissa toimintalämpötilat voivat olla korkeat, jolloin lämpökerroin jää alhaiseksi.

4.2 Lämmönsiirto

Lämpöenergia siirretään lämmönlähteestä putkiston avulla lämmitettävään tilaan. Putkistot voivat olla terästä, kuparia tai muovia sekä näiden yhdistelmiä eli komposiitteja. Putkistoon lisätään erilaisia varusteita järjestelmän toiminnan säätöä ja ylläpitoa varten. (5, s. 119.)

Putkiston kokoon vaikuttaa lämmitettävien tilojen lämmitystehontarve, patteriverkoston meno- ja paluuveden lämpötilaero sekä valitut mitoituskriteerit.

Saneerauskohteissa lämmitysverkoston suunnittelussa täytyy huomioida vanhat rakenteet ja jo olemassa olevat tekniset ratkaisut, jotka saattavat vielä jäädä käyttöön. Pintoja ei välttämättä uusita, jolloin putkistot tulevat näkyville tai ne joudutaan koteloimaan. Saneerauskohteissa suunnitteluun kannattaa panostaa, jotta suurimmilta yllätyksiltä vältytään itse asennustyön aikana. Suunnitteluvirheet aiheuttavat poikkeuksetta lisäkustannuksia.

4.2.1 Kaksiputkikytkentä

Kaksiputkikytkentä on ehdottomasti käytetyin kytkentävaihtoehto lämpöpuolella. Kaksiputkikytkennässä lämmönluovuttimet kytketään rinnan lämmönsiirtoverkoston. Lämmitysverkoston säätöä varten joudutaan jokaiselle lämmönluovuttimelle asentamaan kertasäätöventtiilit. Lämmitysjärjestelmän menovesi on samanlämpöistä jokaisella lämmönluovuttimella. (5, s. 120.)

Kaksiputkikytkennän meno- ja paluuesiputket kulkevat rinnakkain. Putkiverkoston päälinjaa kutsutaan rungoksi, joka yhdistää lämmönlähteen verkostoon. Rungosta voidaan ottaa haaroja rakennuksen vaatimalla tavalla, mitä kutsutaan jakojohdoiksi. Lämmönluovuttimet liitetään kytkentäputkien avulla putkiverkoston.

4.2.2 Yksiputkikytkentä

Yksiputkikytkennässä lämmönluovuttimet kytketään sarjaan, jolloin vain tietty osa päävesivirrasta kierrätetään patterin kautta. Tätä varten on olemassa venttiileitä, jotka jakavat vesivirran patterille ja patterin ohi tietyllä jakosuhteella. Yksiputkikytkentä nimitys tulee siitä, että vain yksi pääjohto kiertää järjestelmän läpi. Lämmönluovuttimien meno- ja paluueden lämpötila vaihtelee patterin sijainnin mukaan. (5, s. 121.)

Yksiputkikytkennässä tarvittava putkimäärä on vähäisempi verrattuna kaksiputkijärjestelmään. Putkikoko kuitenkin kasvaa, sillä kaikki vesivirta kulkee yhden putken kautta. Lämmönluovuttimien määrää yhdessä lenkissä joudutaankin rajoittamaan, koska kauimmaisten pattereiden viileä menovesi kasvattaa lämmönluovuttimen pinta-alaa huomattavasti. Yksiputkikytkennän lenkkejä voidaan kytkeä osaksi kaksiputkijärjestelmää, jolloin lenkit asettuvat rinnan järjestelmään. (5, s. 122.)

4.2.3 Käännetty paluu

Käännetyssä paluussa jokaisen lämmönluovuttimen veden kiertopiirin pituus on sama lämmönlähteeseen nähden. Tässä kytkennässä lämmönluovuttimet ovat hydraulisessa tasapainossa toisiinsa nähden, jolloin kertosäätöventtiileiden käyttö ei ole tarpeen tasapainotukseen. Tässäkin kytkentävaihtoehdossa on ominaista suuret putkikoot. Käännettyä paluuta voidaan myös käyttää osana kaksiputkikytkentää. (5, s. 122.)

4.3 Lämmönluovutus

Lämmönsiirtymisen muotoja ovat johtuminen, konvektio ja säteily. Johtumisessa lämpö siirtyy kiinteästä aineesta toiseen. Lämpö siirtyy korkeammasta lämpötilasta kohti matalampaa lämpötilaa, jolloin lämpötilaerot pyrkivät tasoittumaan. Konvektiossa lämpö siirtyy liikkuvan nesteen tai kaasun ja sitä koskettavan kiinteän pinnan välillä. Konvektiossa lämpö siirtyy sekä johtamalla että kuljettamalla, koska nesteen mukana kulkee siihen varastoitunutta lämpöä. Lämpösäteily on sähkömagneettista säteilyä, jonka aiheuttaa kappaleen lämpötila. Lämpösäteily ei tarvitse väliainetta, vaan säteily toimii myös tyhjiössä, toisin kuin muut lämmönsiirtomuodot. (12.)

Lämmitysjärjestelmissä olevien lämmönluovuttimien avulla lämmönsiirtonesteen lämpöenergia siirretään lämmitettävään tilaan. Kaikkein yleisin ja käytetyin lämmönluovutin on patteri. Lämmönluovutin voi olla myös putki, joka on asennettu lattiaan, kattoon tai jopa seinään. (5, s. 119.)

4.3.1 Patterit

Pattereiden lämmönluovutus tapahtuu konvektiona ja säteilynä. Patterit tulisi sijoittaa lämmitettävän tilan ikkunoiden alle ja mitoittaa ikkunan levyisiksi. Ikkunan alle asennettu patteri estää kylmän ikkunapinnan aiheuttaman alaspäin suuntautuvan konvektiovirtauksen. Mikäli tilassa ei ole ikkunaa, tulisi patterit sijoittaa ulkoseinälle. Pattereiden sijoittamista esteiden taakse tulisi välttää, jotta pattereiden lämmönluovutusteho ei heikkene tarpeettomasti. (5, s. 158 - 159.)

Patterityyppejä on useita, kuten

- levypatteri
- putki- ja liitepatteri
- konvektori
- sileät putket
- ripaputket
- raitisilmapatteri.

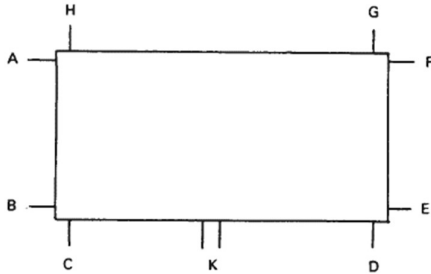
Käytetyin näistä on levypatteri eli teräslevyradiaattori, joka valmistetaan poimutuista teräslevyistä hitsaamalla. Lämmönluovutuksen kasvattamiseksi voidaan patteri tehdä yksi-, kaksi- tai kolmielevyisenä sekä tehostaa lämmönluovutusta asentamalla konvektiopeltejä pattereiden taakse tai levyjen väliin, pysty suuntaisesti. Pattereita on saatavissa eri pituisina ja korkuisina, jolloin eri kokovariaatioita on saatavilla useita. (5, s. 160 - 161.) (Kuva 6.)



KUVA 6. Purmo Compact -radiaattori (13)

Pattereiden kytkentä verkostoon tehdään standardikytkentöjä käyttäen. Patterivalmistajat antavat oman suosituksensa pattereidensa parhaasta kytkentävaihtoehdosta, sillä joillakin kytkentävaihtoehdoilla on alentava vaikutus lämmönluovutukseen.

Tavallisimmat kytkentävaihtoehdot ovat päätykytkentä AB tai EF sekä lävistäjäkytkentä AE ja FB (kuva 7). (5, s. 161.)



KUVA 7. Radiaattorin kytkennät ja standardi merkinnät (14)

Pattereiden menoliitántään asennetaan yleensä patteriventtiili, jonka avulla patterissa kiertävä vesivirta säädetään suunniteltuun arvoon. Patteriventtiili on yleensä kaksitoiminen. Toinen näistä on esisäätöosa, jolla tehdään perussäätö. Varsinainen säätö tapahtuu säätöosassa, jota liikuttaa patteritermostaatti asetetun huonelämpötilan mukaan. Patterin paluuliitántään asennetaan sulkutulppa, jolla patteri voidaan erottaa verkostosta huoltotoimenpiteitä varten. (5, s. 145.)

4.3.2 Kattosäteilijät

Kattosäteilijöiden toiminta perustuu säteilylämmönsiirtoon, joka on yli 2/3 niiden kokonaislämmönsiirrosta. Lämpösäteilyn avulla lämmitetään tilan pintoja, joista lämpö siirtyy tilaan luoden tasaiset lämpöolosuhteet oleskeluvyöhykkeelle.

Kattosäteilyjärjestelmä reagoi nopeasti lämpötilaolosuhteiden muutoksiin. Kattosäteilijät soveltuvat parhaiten matalalämpöjärjestelmiin. Kattosäteilijät tulisi asentaa ikkunoiden yläpuolelle, jotta kylmän ikkunapinnan aiheuttama alaspäin suuntautuva konvektiovirtaus saataisiin estettyä.

Vesikiertoiset kattosäteilijät soveltuvat hyvin kohteisiin, joissa tarvitaan kesällä jäähdytystä ja talvella lämmitystä, koska samassa säteilijässä voidaan kierrättää sekä jäähdytys- että lämmitysjärjestelmän neste. Kattosäteilijät soveltuvat erinomaisesti myös suurien ja korkeiden tilojen lämmitykseen. Niitä käytetäänkin runsaasti varastohallien ja logistiikkakeskusten lämmitykseen.

4.4 Lämmönsiirtonesteen kierrätys

Lämmönsiirtonesteen kierrätys voidaan toteuttaa pumpun avulla tai luonnollisella kierrolla.

4.4.1 Pumppukiertoinen järjestelmä

Kaikki nykyaikaiset lämmitysjärjestelmät ovat pumppukiertoisia. Lämmitysjärjestelmissä käytetään yleensä keskipakopumppuja, joiden mitoituksessa täytyy tietää pumpattavan nesteen virtaama ja pumpun nostokorkeus. Nesteen virtaama saadaan laskettua lämmitystehon perusteella kaavan 1 avulla. (12, s. 8; 15.)

$$q_v = \frac{\Phi}{\rho * c_p * \Delta T} \quad \text{KAAVA 1}$$

q_v = nesteen virtaama	[dm ³ /s]
Φ = tehon	[W]
ρ = nesteen tiheys	[kg/m ³]
ΔT = lämpötila ero meno-paluu	[°C]
c_p = nesteen ominaislämpökapasiteetti vakiopaineessa	[kJ/kg °C]

Pumpun nostokorkeus on järjestelmän painehäviöiden summa. Järjestelmän kokonaispainehäviö saadaan selville laskemalla putkiston virtausvastukset sekä järjestelmän varusteiden aiheuttamat häviöt. Painehäviötiedot saadaan helposti suunnitteluohjelmista tai käsin tehdyistä laskelmista. Lämmitysjärjestelmät ovat yleensä suljettuja kiertopiirejä, jolloin järjestelmässä ei ole vastapainetta tai järjestelmän korkeuseron aiheuttamaa paine-eroa. Suljetun kiertopiirin ominaiskäyrä alkaa origosta. (15.)

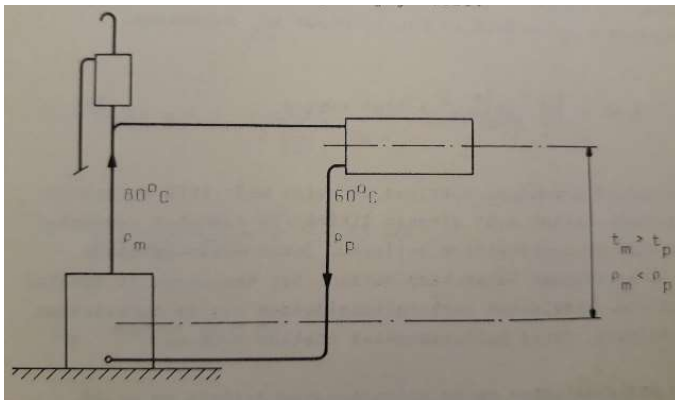
Pumppu tulee valita siten, että verkoston ominaiskäyrä kulkee halutun toimintapisteen kautta, jolloin saavutetaan haluttu virtaama ja nostokorkeus. Tavoitteena on valita mahdollisimman hyvällä hyötysuhteella toimiva pumppu. (15.)

Pumpun säätö voidaan toteuttaa usealla eri tavalla

- kuristussäädöllä
- pyörimisnopeussäädöllä
- juoksupyörän halkaisijaa muuttamalla
- ohivirtaus imupuolelta.

4.4.2 Painovoimainen järjestelmä

Järjestelmän nesteenkierro voidaan toteuttaa luonnollisella kierrolla, joka perustuu nesteen tiheyseroihin. Menojohdon neste on korkean lämpötilansa vuoksi kevyempää kuin paluuputken jäähtynyt neste. Järjestelmästä käytetään myös nimitystä painovoimainen lämmitysjärjestelmä. (16.) (Kuva 8.)



KUVA 8. Painovoimaisen lämmitysjärjestelmän periaatepiirros (16, s. 59)

Meno- ja paluunesteen tiheyksien eron avulla saadaan laskettua verkoston käyttöpaine kaavalla 2 (16, s. 59).

$$p = g * h * (\rho_p - \rho_m)$$

KAAVA 2

p = paine

[Pa]

g = vetovoimakiihtyvyyys

[m/s²]

h = patterin ja kattilan välinen korkeusero

[m]

ρ_p = paluunesteen tiheys

[kg/m³]

ρ_m = menonesteen tiheys

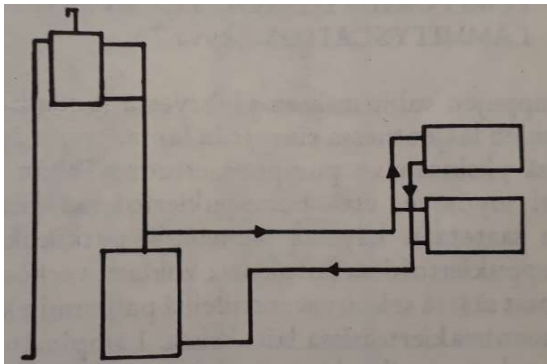
[kg/m³]

Mitä suurempi on lämpötilaero ja korkeusero h , sitä suurempi on kiertovoima. Kiertoon käytettävissä olevat paineet jäävät painovoimaisessa järjestelmässä varsin pieniksi, jolloin putkisto täytyy mitoittaa suuria putkikokoja käyttäen.

Putkisto voidaan tehdä painovoimaisessa lämmitysjärjestelmässä esimerkiksi

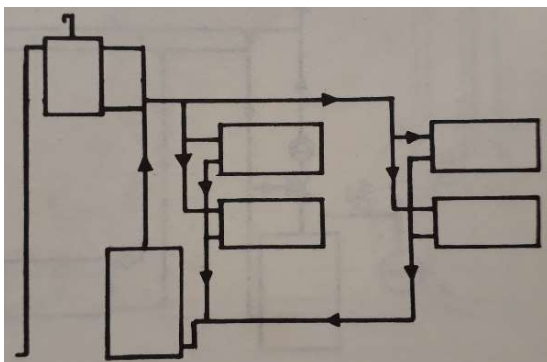
- alajakoisena kaksiputkijärjestelmänä
- yläjakoisena kaksiputkijärjestelmänä
- kerroslämmitysjärjestelmänä.

Alajakoisen kaksiputkijärjestelmän kytkentä on esitetty kuvassa 9. Alajakoista kaksiputkijärjestelmää on asennettu jopa seitsemänkerroksisiin asuintaloihin 1930-luvulla. (7, s. 47.)



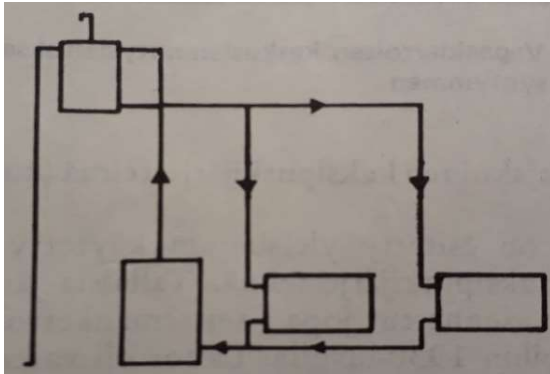
KUVA 9. Alajakoinen kaksiputkijärjestelmä (7, s. 47)

Yläjakoisen kaksiputkijärjestelmän kytkentä on esitetty kuvassa 10. Yläjakoista kaksiputkijärjestelmää rakennettiin jo vuosina 1900 - 1920. (7, s. 47.)



KUVA 10. Yläjakoinen kaksiputkijärjestelmä (7, s. 47)

Kerroslämmitysjärjestelmän kytkentä on esitetty kuvassa 11. Kerroslämmitysjärjestelmä sopii pienempien rakennusten putkitukseen. (7, s. 48.)



KUVA 11. Kerroslämmitysjärjestelmä (7, s. 48)

4.5 Lämmitysjärjestelmän vesivirtojen säätö

Yksittäisen patterin vesivirta säädetään patteriventtiilin avulla. Lämmitysjärjestelmän linjojen välinen tasapaino säädetään linjasäätöventtileiden avulla.

5 LÄMMITYSTEHO

Taloteknisten järjestelmien ja laitteiden mitoitus aloitetaan rakennuksen lämmitystehontarpeen laskennalla. Lämmitystehontarve kertoo, kuinka suuri lämpöteho tarvitaan pitämään kiinteistön suunniteltu sisälämpötila halutussa arvossa mitoitusulkolämpötilassa.

Työn tilaajan toimittamista piirustuksista ja paikan päällä tehdyistä rakenteellisista mittauksista saadaan kaikki tarpeellinen tieto laskentaa varten.

Suunnittelun lähtötietoja:

- $T_{u, mit} = -38 \text{ °C}$; säävyöhyke 4
- $P_a = 5000 \text{ kg/a}$
- $A = 263 \text{ m}^2$
- $V = 685 \text{ m}^3$.

Lämmitystehontarve voidaan laskea usealla eri tavalla, kuten Suomenrakentamismääräyskokoelman energiatehokkuusohjeen, Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta mukaan. (17.)

Laskenta voidaan tehdä myös suunnitteluohjelmien avulla, joissa pätevät samat lainalaisuudet kuin käsin laskennassa. Ohjelmistot suorittavat laskelmat annettujen lähtötietojen perusteella.

Olemassa olevan kiinteistön lämmitystehontarve voidaan laskea myös kulutustietojen perusteella. Laskennassa käytetään apuna Energiateollisuus ry julkaisua K1/2013, ja siellä olevaa laskentamallia. (18.)

Vanhan lämmitysjärjestelmän kilpiarvojen avulla voidaan myös tehdä tehontarpeen tarkastelua. Vanhat järjestelmät ovat herkästi ylimitoitettuja, joten niiden mitoituksiin kannattaa suhtautua varauksella, jotta vältetään uudelleen ylimitoittamiselta. Lämmitystehontarve lasketaan työssä kolmella eri tavalla, jolloin saatuja tuloksia voidaan verrata keskenään.

5.1 Rakenteiden U-arvot

Lämmönläpäisykerroin eli U-arvo ilmaisee lämpövirran tiheyden seinämän lävitse lämpötilaeron yksikköä kohden. Rakenteiden U-arvoja tarvitaan lämmitystehontarpeen laskentaan. U-arvo lasketaan jokaiselle rakennusosalle erikseen. (5, s. 440.)

Rakenteet ovat yleensä monikerroksisia, jolloin U-arvo saadaan osarakenteiden lämmönvastusten summan käänteisarvosta kaavalla 3 (12, s. 13).

$$U = \frac{1}{\Sigma R} \quad \text{KAAVA 3}$$

U = rakenteen U-arvo [W/m² K]

ΣR = rakenteen ainekerrosten lämmönvastus [m² K/W]

Kaavassa 3 esiintyvä ainekerroksen lämmönvastus saadaan laskettua kaavan 4 avulla (12, s. 12).

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad \text{KAAVA 4}$$

R = ainekerroksen lämmönvastus [m² K/W]

d = ainekerroksen paksuus [m]

λ = aineen lämmönjohtavuus [W/m K]

Lämmönjohtavuus on jokaiselle aineelle tyypillinen ominaisuus, joka saadaan taulukoista. Laskuissa käytetään arvoa λ_{10} . Sisä- ja ulkopinnan pintavastus R_{si} ja R_{se} saadaan Suomen rakentamismääräyskokoelman osasta C4. (19, s. 16.)

Ulkoseinä

Ulkoseinän rakenne ja lämmönläpäisykerroin on esitetty taulukossa 3.

TAULUKKO 3. Ulkoseinän rakenne ja U-arvo

Rakenne	Materiaali	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	
US	Rsi			0,13	
	Paneli	0,015	0,12	0,125	
	Mineraalivilla	0,05	0,055	0,909	
	Hirsi	0,12	0,12	1,000	
	Rse			0,04	
			ΣR	2,204	
			U	0,45	W/m ² K

Yläpohja

Yläpohjan rakenne ja lämmönläpäisykerroin on esitetty taulukossa 4. Yläpohjan laskenta etenee samoin kuin ulkoseinän laskenta. Yläpohjan sisäpinnan pintavastus muuttuu sekä kattorakenteen ilmatilan lämmönvastus lisätään mukaan laskentaan. (19, s. 17.)

TAULUKKO 4. Yläpohjan rakenne ja U-arvo

Rakenne	Materiaali	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	
YP	Rsi			0,1	
	Lauta	0,02	0,12	0,167	
	Puruseriste	0,15	0,08	1,875	
	Puhallusvilla	0,225	0,06	3,750	
	Ru			0,300	
	Rse			0,04	
			ΣR	6,232	
			U	0,16	W/m ² K

Alapohja

Alapohja on rakenteeltaan hyvin tuulettuva ulkoilmaan, jolloin sisä- ja ulkopinnan pinnanvastukset määräytyvät sen mukaan.

Alapohjan lämmönläpäisykerroin lasketaan reuna- ja sisäalueelle erikseen. Näiden keskimääräistä lämmönläpäisykerrointa käytetään lämmitystehontarpeen laskennassa (taulukko 7).

Keskimääräinen lämmönläpäisykerroin saadaan kaavalla 5. Alapohjan rakenne sekä reuna- ja sisäalueen lämmönläpäisykerroimet on esitetty taulukoissa 5 ja 6. Ikkunoiden ja ovien U-arvoina käytetään taulukon 7 arvoja.

$$U_k = \frac{U_{ra} * A_{ra} + U_{sa} * A_{sa}}{A_{ra} + A_{sa}}$$

KAAVA 5

U = rakenteen U-arvo

[W/m² K]

A = pinta-ala

[m²]

TAULUKKO 5. Alapohjan reuna-alueen U-arvo ja rakenne

Rakenne	Materiaali	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	
AP	Rsi			0,17	
	Lankku	0,03	0,12	0,250	
	Puruseriste	0,45	0,08	5,625	
	Lauta	0,02	0,12	0,200	
	Rse			0,04	
			ΣR	6,285	
			U_{ra}	0,16	W/m ² K
			A_{ra}	79,1	m ²

TAULUKKO 6. Alapohjan sisäalueen U-arvo ja rakenne

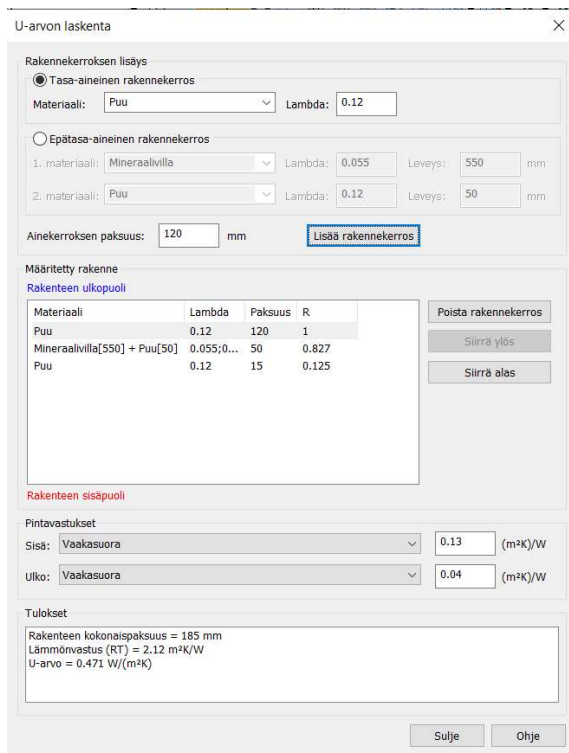
Rakenne	Materiaali	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	
AP	Rsi			0,17	
	Lankku	0,03	0,12	0,250	
	Purueriste	0,45	0,08	5,625	
	Lauta	0,02	0,12	0,200	
	Rse			0,04	
			ΣR	6,285	
			U	0,16	W/m ² K
			A_{sa}	184,15	m ²

TAULUKKO 7. Reuna- ja sisäalueen keskimääräinen U_k -arvo sekä ikkunoiden ja ovien U -arvot

Keskimääräinen U_k-arvo			
U_k	0,16	W/m ² K	
Ikkunoiden U-arvo			
U_{ikk}	2,8	W/m ² K	
Ovien U-arvo			
U_{ovi}	1,4	W/m ² K	

CADS Hepac -ohjelmalla lasketut U -arvot

Ohjelmaan syötetään rakenteen materiaalit ja niiden paksuudet, minkä jälkeen ohjelma tekee laskennan. Rakenteille saatuja U -arvoja ohjelma käyttää lämmitystehontarvelaskennassa.



KUVA 12. Ulkoseinän U -arvo laskenta CADS-ohjelmalla

5.2 Energiatohokkuus-ohjeen mukaan laskettu lämmitystehontarve

Lämmitystehontarve lasketaan Suomen rakentamismääräyskokoelman Energiatohokkuus-ohjeen mukaan (17, s. 64 - 70). Lämmitysteho lasketaan tilakohtaisesti, jolloin tilojen yhteenlaskettu teho on koko rakennuksen lämmitystehontarve, joka saadaan kaavalla 6.

$$\phi_{\text{lämmitys}} = \frac{\phi_{\text{tila}}}{\eta_{\text{tila,lämmitys}}} + \frac{\phi_{IV}}{\eta_{IV}} + \frac{\phi_{lkv}}{\eta_{lkv}} \quad \text{KAAVA 6}$$

$\phi_{\text{lämmitys}}$ = lämmitysjärjestelmän lämmitystehontarve [W]

ϕ_{tila} = rakennuksen lämmitystehontarve [W]

ϕ_{IV} = ilmanvaihdon tuloilman lämmitystehontarve [W]

ϕ_{lkv} = lämpimän käyttöveden lämmitystehontarve [W]

η = ko. lämmitysjärjestelmän hyötysuhde mitoitusolosuhteissa

Mikäli järjestelmien hyötysuhdetta mitoitusolanteessa ei tunneta, voidaan hyötysuhteena käyttää arvoa 0,9. Suoraan sisäilmaa tai tuloilmaa lämmittävän sähkölämmityksen hyötysuhteena voidaan kuitenkin käyttää arvoa 1,0.

Laskennassa ei oteta huomioon lämpimän käyttöveden ja ilmanvaihdon esilämmityksen lämmitystehontarpeita. Lämmin käyttövesi tuotetaan omalla laitteistolla tarpeen mukaan ja sen käyttö on vähäistä. Sisäiset lämpökuormat jätetään myös huomioimatta, koska kuormat eivät ole jatkuvia.

Kaavan 6 supistuessa tarvitsee laskea vain tilojen lämmitysjärjestelmän lämmitystehontarve, joka saadaan laskettua kaavalla 7.

$$\phi_{\text{tila}} = \phi_{\text{johtumalla}} + \phi_{\text{vuotoilma}} + \phi_{\text{tuloilma}} + \phi_{\text{korvauilma}} \quad \text{KAAVA 7}$$

Rakennusvaipan eri osien johtumislämpöhäviöteho lasketaan kaavalla 8.

$$\phi_{\text{johtumalla}} = \phi_{\text{ulkoseinä}} + \phi_{\text{yläpohji}} + \phi_{\text{alapohja}} + \phi_{\text{ikkuna}} + \phi_{\text{ovi}} + \phi_{\text{muu}} + \phi_{\text{kylmäsiljat}} \quad \text{KAAVA 8}$$

ϕ_{muu} = johtumislämpöteho tilaan, jonka lämpötila poikkeaa t_u [W]

$\phi_{\text{kylmäsiljat}}$ = johtumislämpöteho kylmäsiltojen läpi [W]

Lämpöhäviötehot rakennusosien läpi lasketaan jokaiselle rakennusosalle x kaavalla 9 ja lämpöhäviötehot kylmäsiltojen läpi lasketaan kaavalla 10 avulla.

$$\phi_X = \Sigma U_x * A_x * (T_s - T_{u,mit}) \quad \text{KAAVA 9}$$

ϕ_x = johtumislämpöteho rakennusosan x läpi	[W]
U_x = rakennusosan x lämmönläpäisykerroin	[W/m ² K]
A_x = rakennusosan x pinta-ala	[m ²]
T_s = sisälämpötila	[°C]
$T_{u,mit}$ = mitoittava ulkolämpötila	[°C]

Johtumisteho alapohjan läpi voidaan laskea myös kaavan 9 avulla. Koska alapohja on hyvin tuulettuva ulkoilmaan, voidaan mitoituksessa käyttää ulkoilman lämpötilaa. (17, s. 66.)

$$\phi_{kylmäsilta} = \Sigma l_k * \Psi_k * (T_s - T_{u,mit}) \quad \text{KAAVA 10}$$

$\phi_{kylmäsilta}$ = johtumislämpöteho kylmäsiltojen läpi	[W]
l_k = viivamaisen kylmäsilan pituus	[m]
Ψ_x = viivamaisen kylmäsilan lisäkonduktanssi	[W/m K]

Viivamaisen kylmäsilan lisäkonduktanssiarvot saadaan Energiatehokkuus-ohjeesta. (17, s. 19.)

Painovoimaisen ilmanvaihdon järjestelmissä ilmanvaihdon lämmittäminen tapahtuu tilassa, jolloin tuleva ilma on korvausilmaa. Vuotoilman ja korvausilman lämpenemisen tehontarpeet lasketaan kaavojen 11 ja 12 avulla.

$$\phi_{vuotoilma} = q_{v,vuotoilma} * \rho_i * c_{pi}(T_s - T_{u,mit}) \quad \text{KAAVA 11}$$

ϕ = vuotoilman lämpenemisen lämpötehotarve	[W]
$q_{v, vuotoilma}$ = vuotoilmavirta	[m ³ /s]
ρ_i = ilman tiheys; 1,2	[kg/m ³]
c_{pi} = ilman ominaislämpökapasiteetti; 1000	[J/kg K]

$$\phi_{korvausilma} = q_{v,korvausilma} * \rho_i * c_{pi}(T_s - T_{u,mit}) \quad \text{KAAVA 12}$$

$$\phi_{korvausilma} = \text{korvausilman lämpenemisen lämpötehtäjä} \quad [\text{W}]$$

$$q_{v, korvausilma} = \text{korvausilmavirta} \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

Vuotoilmavirta lasketaan kaavalla 13.

$$q_{v,vuotoilma} = \frac{q_{50}}{3600 * x} * A_{vaiippa} \quad \text{KAAVA 13}$$

x = kerroin, joka on yksikerroksisille rakennuksille 35

$$q_{50} = \text{rakennusvaipan ilmapuotoluku, käytetään arvoa 4} \quad [\text{m}^3/\text{h m}^2]$$

$$A_{vaiippa} = \text{rakennusvaipan ja alapohjan pinta-ala} \quad [\text{m}^2]$$

Korvausilman määränä käytetään $0,35 \text{ dm}^3/\text{s}, \text{m}^2$, jonka avulla saadaan laskettua tilakohtainen korvausilmavirta eli toisin sanoen tilan tuloilmavirta. Kämpän huonejako on liitteenä 1.

Esimerkkinä on tilan Kämpä 1 lämmitystehotarvelaskenta, joka löytyy taulukosta 8, missä on myös esitetty kaikki lähtötiedot. Kaikkien tilojen lämmitystehotarvelaskenta löytyy liitteestä 2. Lämmitystehontarpeeksi saadaan käsin laskennassa noin 25,8 kW.

5.3 Lämmitystehontarve CADS-ohjelmalla

Suunnitteluohjelmistona käytettiin CADS Hepac -ohjelmaa (kuva 13). Alussa tehdään tarvittavat projektiasetusten määrittelyt, jotka sisältävät esimerkiksi kaikkien rakenteiden U-arvolaskennan sekä mitoitusulkolämpötilan asettamisen.

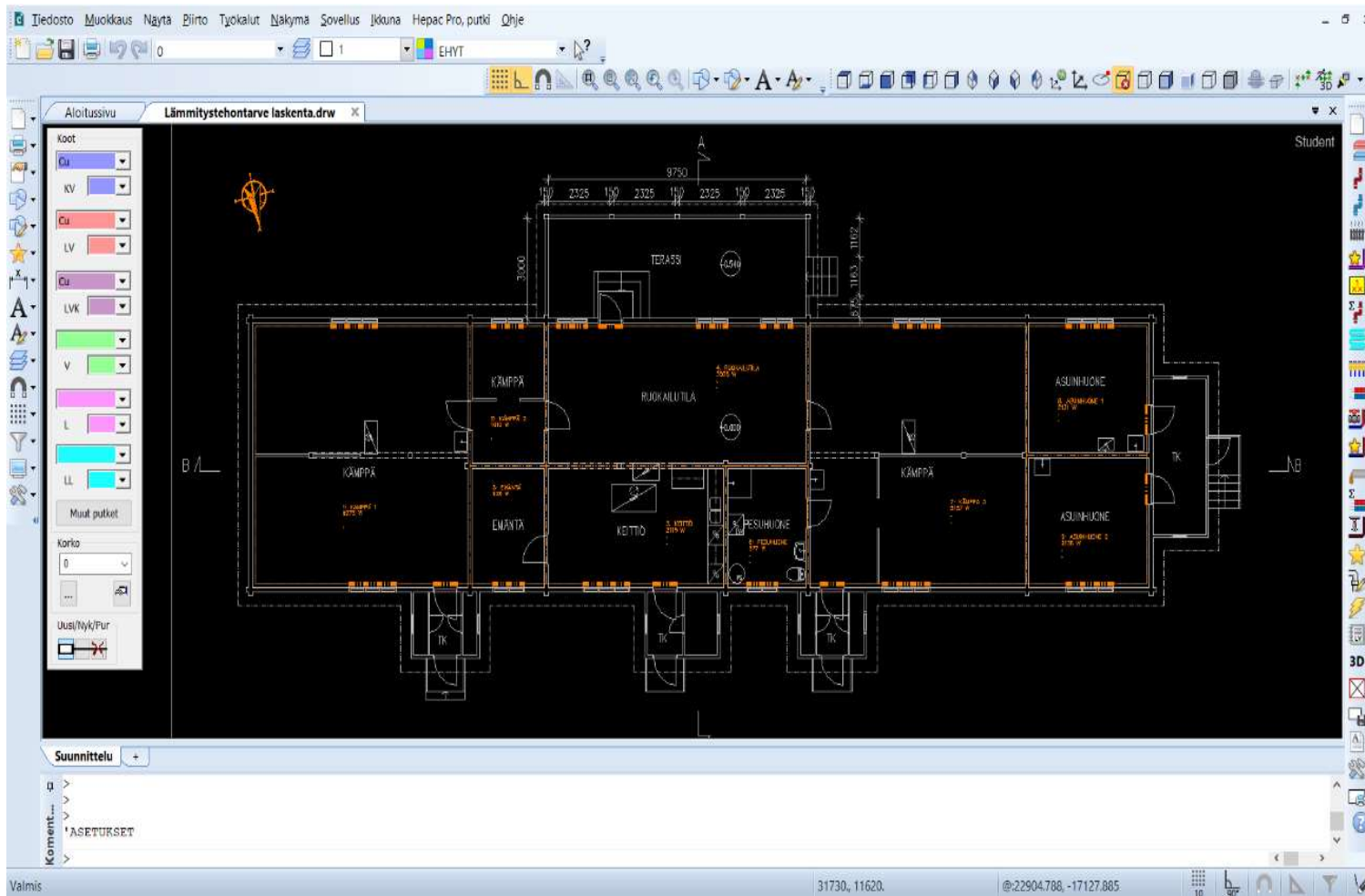
Ohjelmaan ladataan rakennuksen pohjakuva, jonka avulla määritetään lämmitettävien tilojen rajat sekä pinta-alat. Pinta-alat määritellään lämmitystehontarpeen laskennassa rakennuksen seinien sisämittojen mukaan. Jokaiseen tilaan lisätään mahdolliset ikkunat ja ovet niiden mittojen mukaan sekä asetetaan niiden korkeusamat määrätystä nolatasosta. Viivamaiset kylmäsilat huomioidaan kertoimien avulla, jotka ovat nurkka huoneille 1,2 ja ulkoseinää vasten oleville huoneille 1,1. Rakennuksen asettuminen tontille osoitetaan ilmansuuntanuolen avulla, tällä tavoin ohjelma huomioi auringon vaikutuksen.

Määritettyjen tilojen vuotoilman ja tuloilman lämmittämiseen tarvittava lämmitysteho huomioidaan ohjelmassa samalla tavalla kuin käsin laskennassa. Ohjelmaan syötetään oikeat kertoimet, käytetty ilmapuotoluku ja ilmavirrat.

Ohjelmalla saadut lämmitystehot tiloittain on esitetty taulukossa 9. Koko rakennuksen lämmitystehontarpeeksi ohjelman avulla saatiin 24,2 kW.

TAULUKKO 9. Lämpöhäviöraportti CADS-ohjelmasta tulostettuna

LÄMPÖHÄVIÖRAPORTTI								
Päiväys:		22,11,2019 (11:47:48)						
N:o	TILA	m ²	m ³	Kerros	W/m ²	W/m ³	W	Kerros
1	KÄMPPÄ 1	63,5	165	1,2	98,8	38	6275	1
2	KÄMPPÄ 2	12	31,5	1,1	84,2	32,1	1010	1
3	EMÄNTÄ	10,5	27	1,1	88,1	34,3	925	1
4	RUOKAILUTILA	42	108,5	1,1	83,5	32,3	3508	1
5	KEITTIÖ	24,5	63,5	1,1	86,3	33,3	2115	1
6	PESUHUONE	11	29	1,1	88,8	33,7	977	1
7	KÄMPPÄ 3	64,5	168,5	1,1	80	30,6	5157	1
8	ASUINHUONE 1	17,5	46	1,2	121,8	46,3	2131	1
9	ASUINHUONE 2	17,5	46	1,2	122,1	46,4	2136	1
YHTEENSÄ		263	685		92,1	35,4	24234	



KUVA 13. CADS Hepac -ohjelman lämmitystehontarvelaskenta

5.4 Lämmitystehontarve polttoaineen kulutuksen mukaan

Lämmitystehontarve pystytään arvioimaan tietyn ajanjakson polttoaineen kulutuksen perusteella. Laskenta tehdä kaavan 14 mukaisesti niissä asuinrakennuksissa, joissa ei ole koneellista ilmastointia. (18, s. 74.)

$$\Phi_{mit} = \frac{(Q - Q_{kv}) * (17^{\circ}\text{C} - t_{u,mit})}{24 * S} \quad \text{KAAVA 14}$$

Φ_{mit} = lämmitystehontarve, mitoitusteho [kW]

S = lämmitystarveluku tarkasteluaikana [°C]

$t_{u,mit}$ = paikkakunnan mitoittavaukolämpötila [°C]

Q = energiankulutus tarkasteluaikana [MWh]

Q_{kv} = käyttövedenlämmitykseen kulunut lämmitysenergia [MWh]

Tarkastelujakson polttoaineen kulutus muutetaan lämpöenergiaksi kertomalla polttoaineen ominaislämpöarvo polttoainemäärällä ja lämmityslaitteen arvioidulla hyötysuhteella. (18, s. 74.)

Pudasjärven lämmitystarveluku saadaan selville esimerkiksi Motivan internetsivuilta. Pudasjärven vertailupaikkakuntana käytetään Kajaania, ja sen normaali vuoden 1981 - 2010 keskimääräistä lämmitystarvelukua. Kajaanin lämmitystarveluku ei käy sellaisenaan, vaan se joudutaan kertomaan kuntakohtaisella kertoimella K1, joka näkyy taulukossa 10. (20.)

Propaania on kulunut kiinteistön lämmittämiseen keskimäärin 5000 kg vuodessa. Käyttöveden lämmittämiseen kulunutta energiaa on vaikea arvioida, koska veden käyttö on satunnaista ja veden kulutuksen mittaus puuttuu. Energiankulutuslaskelma ja tulokset on esitetty taulukossa 10. Lämmitystehontarpeeksi saadaan noin 21,2 kW, jonka laskennassa käytettiin lämmityslaitteiston hyötysuhteena 0,8.

TAULUKKO 10. Polttoaineen kulutuksen mukaan lämmitystehontarve, kun lämmönlähteen hyötysuhteena käytetään 0,8

Polttoaineen kulutuksen mukaan laskettu lämmitystehontarve						
$P_{\text{lämmitys/a}}$	5000	kg			T_s	17 °C
$Q_{\text{polttoaine, omin.}}$	12,83	kWh/kg	LVI 62-10533		$T_{u,\text{mit}}$	-38 °C
η	0,80				$S_{17, \text{ Pudasjärvi}}$	5583 °Cd
$Q_{\text{lämmitys/a}}$	51320	kWh			$S_{17, \text{ Kajaani}}$	5304 °Cd
	51,3	MWh			K1	0,95
						Motiva
						Motiva
G	383	W/°C				
Φ_{mit}	21,1	kW				

5.5 Lämmitystehontarvetulosten arviointi

Kilpiarvojen perusteella voidaan laskea nykyisten lämmittimien kokonaislämmitystehoksi 65 kW. Kilpiarvojen perusteella järjestelmä on ylimitoitettu. Lämmitystehontarvelaskelmien tuloksia on esitetty taulukossa 11.

TAULUKKO 11. Lämmitystehot

	T_s [°C]	T_u [°C]	Φ_L [kW]
Energiatehokkuus-ohje	21	-38	25,8
CADS-ohjelma	21	-38	24,2
Polttoaineen kulutus	-	-38	21,1
Kilpiarvo	-	-	65

Polttoaineen kulutuksen mukaan laskettuun lämmitystehontarpeeseen vaikuttaa ylläpidetty sisälämpötilataso sekä lämmityslaitteen hyötysuhde, joista kumpikaan ei ole tiedossa. Pelkästään lämmönlähteen hyötysuhde arviota muuttamalla, olisivat kaikki laskennat lähellä toisiaan. Kaikki mitoitusarvot ovat siis käyttökelpoisia ja toden mukaisia. Mitoituksissa tullaan kuitenkin käyttämään CADS-ohjelmalla saatua lämmitystehontarvetta.

6 MITOITUS

6.1 Painovoimainen lämmitysjärjestelmä

Painovoimainen lämmönjakojärjestelmä on täysin sähköenergiasta riippumaton järjestelmäratkaisu. Lämmönlähteenä toimii kiinteän polttoaineen kattila. Kattilan rinnalle asennetaan energiavaraajaa, joka pidentää kattilan täyttöväliä. Lämmönluovuttimiksi tulee levyradiaattorit.

Putkitus vastaa painovoimaista kerroslämmityslaitosta, missä menoputki sijaitsee tilan katon rajassa ja paluuputki lattian rajassa. Kattila ja varaaja sijoitetaan rakennuksen ulkopuolelle rakennettavaan erilliseen lämmönjakohuoneeseen, joka on selvästi muuta järjestelmää alempana. Tällä saadaan lisää käyttöpainetta varaajan ja pattereiden korkeuseron verran. Nesteen kierto lämmityksen alkutilanteessa varmistetaan lämmityksen paluuputkeen asennettavalla käsipumpulla, joka sijaitsee lämmönjakohuoneessa.

Painovoimaista nesteen kiertoa helpotetaan asentamalla menoputki kattilalaitokselta laskulle kohti linjan viimeistä patteria. Paluuputki asennetaan laskulle viimeiseltä patterilta kohti kattilalaitosta. Pattereiden alapuolelle täytyy jättää riittävästi tilaa, jotta paluuputkeen saadaan tarvittava kaato koko matkalle. Menoputken hyvällä eristämisellä varmistetaan nesteen lämpötilan pysyminen korkeana aina patterin kytkentäputkelle saakka.

Painovoimaisen lämmitysjärjestelmän rinnalle voidaan jättää muutamia vanhoja kaasulämmittimiä, joiden avulla pidettäisiin yllä matala peruslämpö rakennuksen ollessa tyhjillään. Lisäksi varaajaan voidaan asentaa vastus, joka lämmittää aina aggregaatin ollessa käynnissä.

Järjestelmän lämmönsiirtonesteeksi tulee TPI Thermofluid MEG -vesi-glykoliseos. Noin 30 % seoksen pitoisuudella saavutetaan glykolin hyvät suoja-aineominaisuudet järjestelmään sekä pakkasen kestävyys -17°C :seen saakka. Tutkimuksien mukaan vähintään noin 30-prosenttinen vesi-glykoliseos ei jähmettyessään riko putkistoa. Lisäksi järjestelmään asennetaan erillinen vesi-glykoliseoksenlisäslaitteisto. (21.) (Liite 3.)

6.1.1 Pattereiden mitoitus

Painovoimaisen lämmitysjärjestelmän lämmönluovuttimiksi valitaan Purmo Compact -levyradiaattorit. Pattereiden pituus määräytyy ensisijaisesti lämmitettävän tilan ikkunoiden leveyden mukaan. Patterin korkeus määräytyy ikkunan alareunan ja lattian välisestä korkeudesta huomioiden paluuputken vaatima tila. Pattereiden määrään vaikuttaa lämmitettävässä tilassa ikkunoiden lukumäärän lisäksi tilan lämmitystehontarve (taulukko 9).

Pattereiden mitoitusilanteen lämpötilat:

- $T_m = 80 \text{ °C}$
- $T_p = 40 \text{ °C}$
- $T_s = 21 \text{ °C}$.

Oikean tehoisen ja asennuspaikkaan sopivan patterinvalinta tehdään laskemalla patterivalmistajan taulukoita apuna käyttäen.

Patterinvalintataulukoissa on annettu jokaiselle patterille teho Φ_{ref} , joka on saatu valmistajan omien mittausten tuloksena. Mittauksissa käytetyt vertailulämpötilat on ilmoitettu erikseen. Näiden avulla lasketaan logaritminen yllämpötila kaavan 15 avulla (22).

$$\Delta T_{ln ref} = \frac{T_m - T_p}{\ln\left(\frac{T_m - T_s}{T_p - T_s}\right)} \quad \text{KAAVA 15}$$

$\Delta T_{ln ref}$ = logaritminen yllämpötila vertailu arvoilla [°C]

T_m = valmistajan mittauksissa käyttämä menovesilämpötila [°C]

T_p = valmistajan mittauksissa käyttämä paluuvesilämpötila [°C]

T_s = valmistajan mittauksissa käyttämä sisälämpötila [°C]

Lisäksi täytyy laskea valittujen mitoitusarvojen mukainen logaritminen yllämpötila ΔT_{ln} kaavan 15 avulla.

Logaritmisten yllämpötilojen avulla saadaan patterin todellinen lämmitysteho mitoitusilanteessa kaavan 16 avulla (22).

$$\Phi = \Phi_{ref} * \left(\frac{\Delta T_{ln}}{\Delta T_{ln ref}} \right)^n$$

KAAVA 16

Φ = patterin teho mitoitusarvoilla	[W]
Φ_{ref} = valmistajan ilmoittama teho	[W]
ΔT_{ln} = logaritminen ylälämpötila mitoituslämpötiloilla	[°C]
$\Delta T_{ln ref}$ = logaritminen ylälämpötila vertailu arvoilla	[°C]
n = valmistajan ilmoittama patterille ominainen arvo	[-]

Tarkasteltavan tilan lämmitystehontarve jaetaan tilaan suunniteltujen pattereiden kesken. Mikäli pattereiden yhteenlaskettu teho jää alle tai menee yli tavoitteesta, joudutaan patterit mitoittamaan uudelleen. Patterin sallittu poikkeama on $\pm 10\%$ lasketusta lämpöhäviötehosta. Joissakin tapauksissa pattereita joudutaan sijoittamaan tilaan enemmän kuin siellä on ikkunoita, koska pattereiden koko saattaa kasvaa niin suureksi, ettei niiden asentaminen ikkunan alle ole enää järkevää.

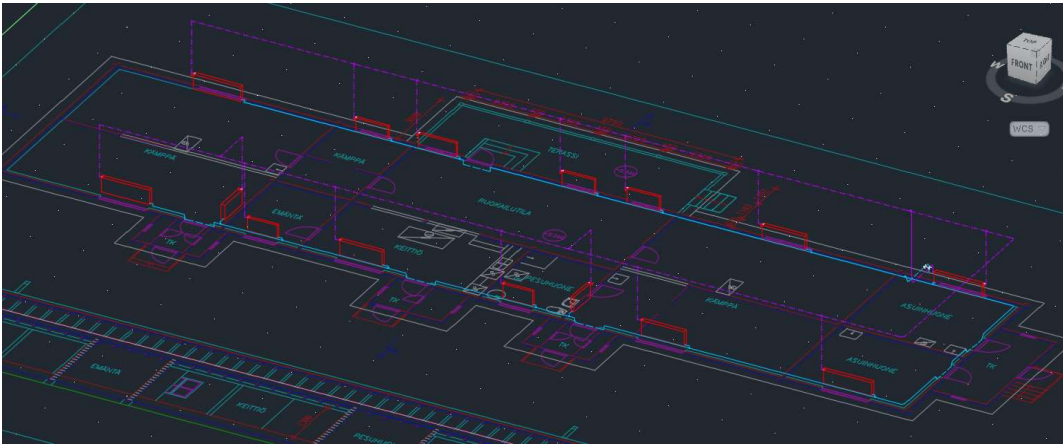
Painovoimaisen lämmitysjärjestelmän patterit on mitoitettu edellä esitetyillä kaavoilla taulukkoon 12.

TAULUKKO 12. Purmo Compact -pattereiden valinta tilakohtaisesti painovoimaiseen lämmitysjärjestelmään

	Lämmitystehon tarve [W]	Ikkunan leveys [m]			60/30/20	80/40/21	
	Φ_{tila}	L_{ikk}	Purmo Compact	Kytkentä	$\Phi_{patteri}$	$\Phi_{mitoitusarvoilla}$	%
KÄMPPÄ 1	6275	1,85	C33-500-1800	A-E	1201	2311	-1,8
		1,85	C33-500-1800	A-E	1201	2311	
			C33-500-1200	A-E	801	1541	
					Σ	6163	
KÄMPPÄ 2	1010	1,26	C22-450-1200	A-E	536	1024	1,4
KÄMPPÄ 3	5157	1,85	C33-500-1600	A-E	1067	2053	-0,5
		1,85	C33-500-1600	A-E	1067	2053	
			C22-500-1100	A-E	535	1024	
					Σ	5130	
EMÄNTÄ	925	1,26	C22-450-1100	A-E	492	940	1,6
RUOKAILUTILA	3508	1,26	C22-500-1200	A-E	583	1116	0,7
		1,26	C22-500-1200	A-E	583	1116	
		1,26	C22-500-1400	A-E	680	1302	
					Σ	3534	
KEITTIÖ	2115	1,85	C33-500-1600	A-E	1067	2053	-2,9
PESUHUONE	977	1,26	C22-500-1100	A-E	535	1024	4,8
ASUINHUONE 1	2131	1,85	C33-450-1800	A-E	1108	2126	-0,2
ASUINHUONE 2	2136	1,85	C33-450-1800	A-E	1108	2126	-0,5
					Σ	24120	W
	24234	W				24,1	kW
	24,2	kW					

6.1.2 Putkiston mitoitus

Painovoimaisen lämmitysjärjestelmän putkiston mitoittaminen tehdään käsin laskemalla. Putkireitit ja pattereiden paikat mallinettiin MagiCAD-ohjelmalla työn tilaajalta saatuihin pohjakuviin (kuva 14). Piirustuksista saadaan selville kaikki tarpeelliset pituudet ja korot, joita hyödynnetään laskennassa. Järjestelmän varaaja asennetaan korkeammalle kuin kattila, jolloin mitoituksessa pattereita verrataan varaajan korkeusasemaan.



KUVA 14. MagiCAD-ohjelmalla mallinnettu painovoimaisen kerroslämmitysjärjestelmän putkisto

Putkisto suunnitellaan tehtäväksi Geberit Mapress -sinkityllä teräsputkijärjestelmällä, jonka putkikoot ja sisäpinnan pinnankarheus on taulukossa 13.

TAULUKKO 13. Geberit Mapress ZnFe -putki

DN	Ø _{SISÄ} [mm]	Ø _{ULKO} [mm]
10	9,6	12
12	12,6	15
15	15,6	18
20	19	22
25	25	28
32	32	35
40	39	42
50	51	54
ε	0,00001	m

Vaikeimmalle patterille lasketaan kiertovoima sekä hankausvastuksen ohjearvo kaavan 18 avulla. Hankaukselle varataan 50 % käytettävissä olevasta kiertopaineesta. (23.)

$$R_{ohje} = \frac{p_x}{l \cdot 2} \quad \text{KAAVA 18}$$

R_{ohje} = ohjeellinen hankausvastus putkimetrille [Pa/m]

p_x = kiertopaine patterille [Pa]

l = tarkastellun patterin koko kiertopiirin pituus [m]

Jokaiselle numeroiduille verkoston osalle etsitään putkivarusteiden ja osien aiheuttamat kertavastukset ζ . Putkiosuuden vesivirta lasketaan kaavalla 1 (5, s. 141).

Putkiosuuden putkikoko saadaan selville kokeilemalla eri koko vaihtoehtoja laskentaan.

Virtaavan nesteen nopeus lasketaan kaavalla 19, jota käytetään Reynoldsin luvun määrittämiseen, mikä lasketaan kaavalla 20 (5, s. 138).

$$v = \frac{q_v \cdot 4}{\pi \cdot d_s^2} \quad \text{KAAVA 19}$$

v = nesteen virtausnopeus [m/s]

q_v = vesivirta [m³/s]

d_s = putken sisähalkaisija [m]

$$Re = \frac{v \cdot d_s}{\nu} \quad \text{KAAVA 20}$$

Re = reynoldsin luku [m/s]

v = nesteen virtausnopeus putkessa [m/s]

d_s = putken sisähalkaisija [m]

ν = nesteen viskositeetti [m²/s]

Turbulenttisessa virtauksessa $Re > 3000$ ja laminaarisessa virtauksessa $Re \leq 2300$, ja näiden välinen alue on ylimenovyöhykettä. Kitkakerroin määritetään turbulenttiselle virtaukselle kaavalla 21 ja laminaariselle virtaukselle kaavalla 22. Kitkakertoimen määrittämisen jälkeen lasketaan valitun putken hankausvastus kaavalla 23. Tässä vaiheessa nähdään, ylitetäänkö alussa laskettu ohjeellinen hankausvastuksen arvo. Mikäli ohjeellinen hankausvastus ylitetään, täytyy laskenta suorittaa uudelleen käyttäen eri putkikokoa. (5, s. 138 - 139.)

$$\lambda = \frac{0,25}{\left[\log\left(\frac{\varepsilon}{3,7*d_s} + \frac{5,74}{Re^{0,9}}\right)\right]^2} \quad \text{KAAVA 21}$$

λ = kitkakerroin [-]

ε = putken sisäpinnan pinnankarheus [m]

d_s = putken sisähalkaisija [m]

Re = reynoldsin luku [-]

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad \text{KAAVA 22}$$

Re = reynoldsin luku [-]

$$R = \frac{\lambda}{d_s} * p_{dyn} \quad \text{KAAVA 23}$$

R = hankausvastus [Pa/m]

d_s = putken sisähalkaisija [m]

λ = kitkakerroin [-]

p_{dyn} = dynaaminen paine [Pa]

Nesteen virtauksen aiheuttama dynaaminen paine saadaan kaavalla 24 (5, s. 132).

$$p_{dyn} = \frac{1}{2} \rho v^2 \quad \text{KAAVA 24}$$

p_{dyn} = dynaaminen paine [Pa]

ρ = nesteen tiheys [kg/m³]

v = nesteen virtausnopeus [m/s]

Sopivan putkikoon löydyttyä voidaan tämän osuuden putken aiheuttama painehäviö laskea kaavalla 25. Määritettyjen kertavastusten aiheuttama painehäviö (kaava 26) lisätään putken aiheuttamaan painehäviöön, jolloin saadaan selville koko putkiosuuden painehäviö. Lopuksi lasketaan yhteen kaikkien putkiosuuk-sien aiheuttama painehäviö, jolloin nähdään, kattaako laskettavan patterin kier-tovoima mitoitettun putkiston kokonaispainehäviön vai täytyykö putkiston putkiko-koja vielä muuttaa. Mikäli putkiston mitoitus onnistuu, jää kiertopaineesta vielä patteriventtiilille painetta käytettäväksi. (5, s. 139.)

$$\Delta p_{\lambda} = R * l$$

KAAVA 25

Δp_{λ} = putken aiheuttama painehäviö

[Pa]

R = hankausvastus

[Pa/m]

l = putkiosuuden pituus

[m]

$$\Delta p_{\zeta} = \sum \zeta * 0,5 * \rho * v^2$$

KAAVA 26

Δp_{ζ} = kertavastusten aiheuttama painehäviö eli Z

[Pa]

ζ = kertavastus

[-]

ρ = nesteen tiheys

[kg/m³]

v = nesteen virtausnopeus putkessa

[m/s]

Painovoimaisen putkiston jokaisen patterin mitoitus on liitteessä 4 sekä koko jär-jestelmän lämpöjohtopiirustus liitteessä 5.

6.1.3 Patteriventtiili

Painovoimaisen lämmitysjärjestelmän patteriventtiilinä käytetään Danfoss RA-G -vapaakiertoventtiiliä, joka soveltuu käytettäväksi kaikkien Danfoss RA -sarjan termostaattiantureiden kanssa (liite 6). Patteriventtiilien termostaatit hoitavat läm-pötilan säädön tiloissa, jolloin erillistä menoveden lämpötilan säätöä ei tarvita.

Patteriventtiilin valintaa varten lasketaan jokaiselle venttiilille k_v -arvo kaavan 27 avulla (5, s. 192).

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

KAAVA 27

k_v = venttiilin virtaama

[m³/h]

Δp = paine-ero venttiilin yli

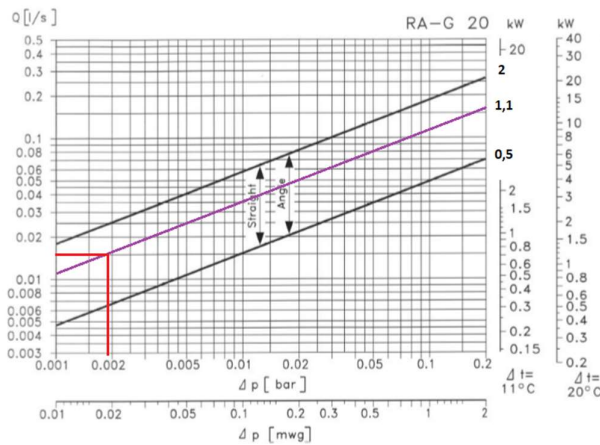
[bar]

q_v = tilavuusvirta

[m³/h]

Venttiilin koko valitaan ensisijaisesti putkimitoituksessa saadun kytkentäputken koon mukaan. Valitun venttiilin toimintaedellytykset tarkistetaan venttiilin valintataulukosta. Lasketun k_v -arvon perusteella nähdään, mihin kohtaa venttiilin P-alueelta valittu venttiili sijoittuu. Tämä P-alue ilmoittaa suurimman poikkeaman asetetusta huonelämpötilan arvosta, joka voi olla 0,5 - 2 K. Tarkastelu voidaan tehdä myös patteriventtiilikäyrästä ilman k_v -arvoa.

Putkimitoituksen yhteydessä on näkyvillä myös patteriventtiin valinta (taulukko 14). Patteriventtiin valinta osoitetaan myös kuvassa 15.



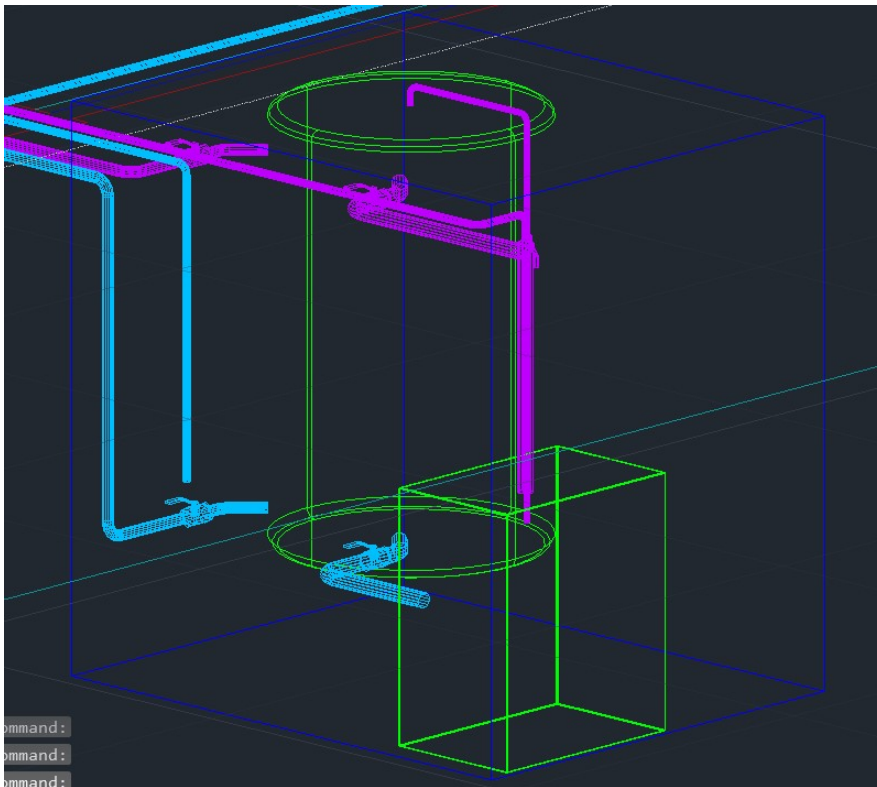
Malli	Tilausnumero	Rakennus	Kytkenä ISO 7-1		k_v -arvot [m ³ /h] P-alue [K] ¹⁾²⁾				Maksimipaine			Maksimivirtauslämpötila					
			Tulo	Lähtö	0.5	1.0	1.5	2.0	k_{vs}	Käyttö	Ero ³⁾		Testi				
									bar	bar	bar	°C					
RA-G 15	013G1676	Kulma	R _p	R ^{1/2}	0.54	1.07	1.61	2.06	4.30	16	0.20	25	120				
	013G1675	Suora	1/2		0.51	0.94	1.35	1.63	2.30								
RA-G 20	013G1678	Kulma	R _p	R ^{3/4}	0.57	1.11	1.16	2.20	5.01								
	013G1677	Suora	3/4		0.54	1.07	1.61	2.06	3.81								
RA-G 25	013G1680	Kulma	R _p	R1	0.59	1.27	1.77	2.41	5.50					0.16			
	013G1679	Suora	1		0.57	1.16	1.71	2.27	4.58								

KUVA 15. Patteriventtiin valinta taulukon ja käyrästä avulla

6.1.4 Kattilan ja energiavaraajan mitoitus

Mitoitustilanteen lämmitystehontarve on 24,2 kW. Kattilaksi valitaan alapalokattila, jonka hyötysuhde on hieman parempi kuin yläpalokattilan ja jonka täyttöväli on hieman pidempi. Kattila ei tarvitse sähköenergiaa.

Kiinteän polttoaineen kattila kytketään lataamaan erillistä energiavaraajaa painovoimaisesti (kuva 16). Varaajana voidaan käyttää esimerkiksi Akvaterm Akva Ek 2000 l:n -energiavaraajaa (liite 7). Varaajaan voidaan kytkeä sähkövastus sekä toinen ulkoinen lämmönlähde. Varaajaan ei tule erillistä lämpimänkäyttöveden kierukkaa, koska lämmin käyttövesi tuotetaan jatkossakin kaasulämmittimellä tarpeen mukaan. Kattilaksi valitaan Ariterm 35+ -puukattila, jonka teho on 40 kW (liite 8).



KUVA 16. Kattilan ja varaajan välinen korkeusero sekä putkitus

Varaajan ja kattilan välinen korkeusero on 0,9 m, joka toimii varaajan latauksen kiertopaineena. Kattilan ja varaajan putkiston mitoitus näkyy taulukossa 15. Kattilan latausventtiiliä ei asenneta.

TAULUKKO 15. Kattilan ja varaajan putkiston mitoitus

Tm	80		Tp	40		ΔT	40		ρ ₈₀	1005,7		30% vesi-glykoli			
									ρ ₄₀	1030,7					
c _{p,80}	3,8474		v ₆₀	8,58E-07		ε	0,00001		ρ ₆₀	1019					
c _{p,40}	3,7387														
c _{p,60}	3,7931														
KATTILA		h	0,9	m		p	221	Pa	R _{OHJE}	27,6	Pa	Varataan hankaukseen 50% kiertopaineesta			
		l	4	m											
n:o	∅	DN	L	Σζ	q _v	d _s	v	R	P _d	R · L	Z	ΔP	ΣΔP	Re	λ
	[W]	[mm]	[m]		[dm ³ /s]	[mm]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	Pa	[Pa]	[-]	[-]
1	40000	65	4	17	0,259	72,1	0,0634	1,1	2,0	4,2	34,8	39	39	5327	0,037
													39	Pa	

Varaajan sisältämä energia saadaan kaavalla 28 ja latausaika kaavalla 29. Varaajan laskelmat näkyvät taulukossa 16.

$$Q = c_{pv} * \rho_v * V * \Delta T \quad \text{KAAVA 28}$$

$$Q = \text{varaajan sisältämä energia} \quad [\text{kWh}]$$

$$V = \text{varaajan tilavuus} \quad [\text{m}^3]$$

$$c_{pv} = \text{nesteen ominaislämpökapasiteetti} \quad [\text{kJ/kg } ^\circ\text{C}]$$

$$\rho_v = \text{nesteen tiheys} \quad [\text{kg/m}^3]$$

$$\Delta T = \text{lämpötilaero} \quad [^\circ\text{C}]$$

$$t = \frac{Q_{\text{varaaja}}}{\Phi_{\text{kattila}}} \quad \text{KAAVA 29}$$

$$t = \text{latausaika} \quad [\text{h}]$$

$$\Phi_{\text{kattila}} = \text{kattilan teho} \quad [\text{kW}]$$

$$Q_{\text{varaaja}} = \text{varaajan sisältämä energia} \quad [\text{kWh}]$$

TAULUKKO 16. Varaajan sisältämä energia sekä latausaika käyttötilanteessa ja täysin kylmästä

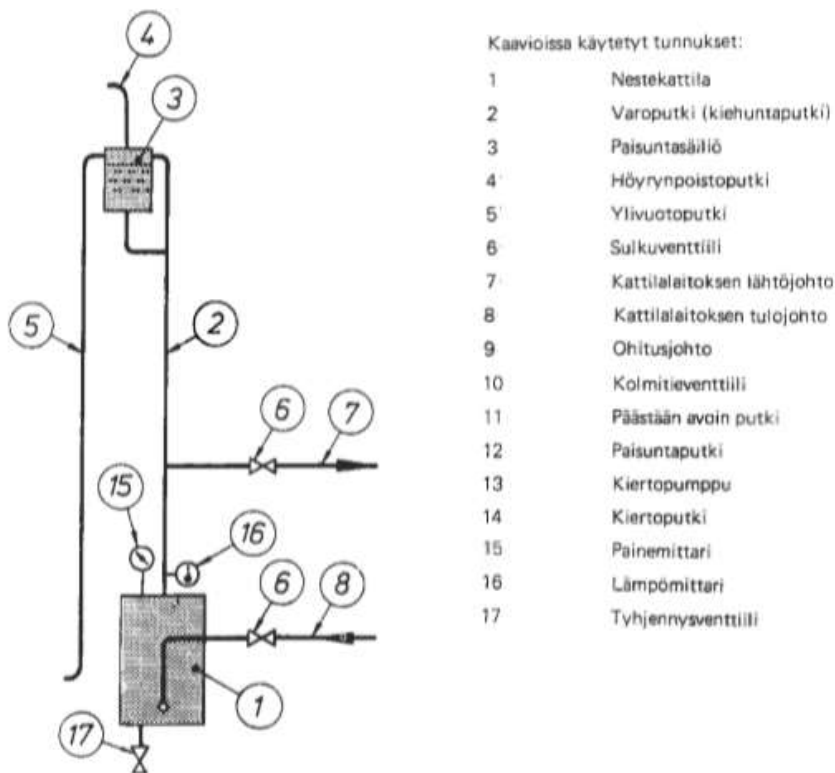
Tm	80		Tp	40		ΔT	40
V _{varaaja}	2,00		c _{p,40}	3,7387		ρ ₄₀	1030,7
			c _{p,60}	3,7931		ρ ₆₀	1019
Φ _{kattila}	40						
Φ _{lämmitys}	24						
VARAAJA							
Q	86	kWh	Käyttölämpötilassa				
Latausaika, kun t _{u,mit}	5,4	h	Kun lämmitetään 40 °C --> 80 °C				
Latausaika, kun t _{u,mit}	10,7	h	Kun lämmitetään 0 °C --> 80 °C				

6.1.5 Muut laitteet ja varusteet

Kiinteän polttoaineen kattilaa lämmitetään herkästi liikaa käyttötilanteessa, jolloin kattilan neste alkaa kiehumään. Mahdollisen kiehun takia järjestelmä suunnitellaan avoimeksi kattilalaitokseksi. Suunnittelu ja mitoitus tehdään standardin SFS 3330 mukaan.

Laitoksessa tulee olla varoputket kattilalta paisuntasäiliöön. Yleensä varoputkia on kaksi, kiehunputki ja paisuntoputki. Varoputkien tehtävänä on estää suurimman sallitun käyttöpaineen ylittyminen sekä johtaa syntynyt höyry pois laitoksesta aiheuttamatta vaaraa ihmisille ja omaisuudelle. Painovoimaisessa järjestelmässä voidaan paisuntoputki jättää pois, jolloin kiehuntoputki toimii myös paisuntoputkenä. Kiehuntoputki asennetaan paisuntasäiliön ala- sekä yläosaan (kuva 17).

Paisuntasäiliö sijoitetaan yläpohjaan sekä eristetään jäätymisen estämiseksi. Paisuntasäiliöstä johdetaan ylivuotoputki lämmönjakohuoneeseen sijoitettavaan vesi-glykoliseosastiaan, joka toimii osana verkoston täyttöjärjestelmää. (28.)



KUVA 17. Yhden kattilan laitos (28)

Kiehuntaputken mitoitus tehdään kattilan tehon perusteella standardissa SFS 3330 esitettyjen taulukoiden mukaan. Taulukosta saadaan kiehuntaputken sisähalkaisijaksi 27 mm. Kiehuntaputkeksi valitaan Mapress Geberit -teräsputkijärjestelmän putki, jonka sisähalkaisija on 32 mm. Samaa putkikokoa käytetään myös ylivuotoputkessa.

Paisuntasäiliön toimivan tilavuuden tulee vastata suurinta laitoksen käytössä esiintyvää nestetilavuuden muutosta. Paisuntasäiliön mitoitus on esitetty taulukossa 17. (28.)

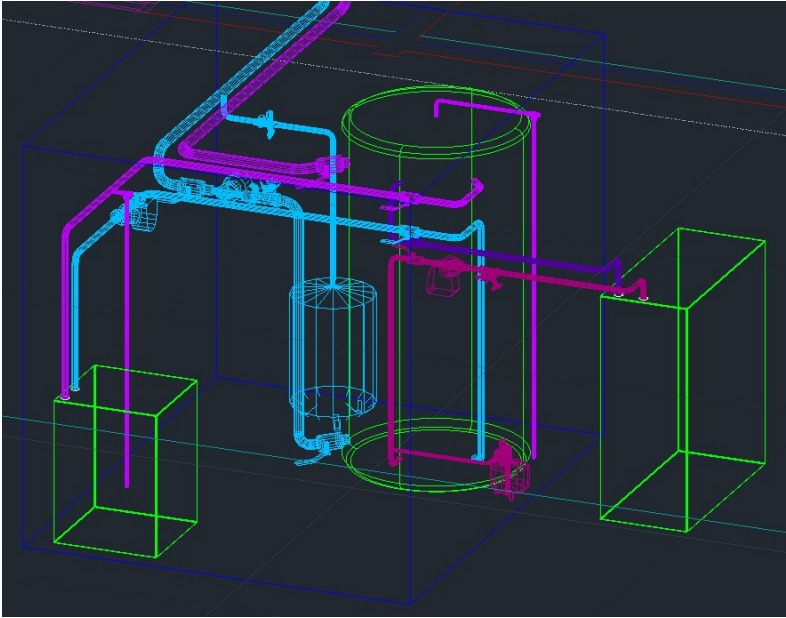
TAULUKKO 17. Paisuntasäiliön mitoitus

Paisuntasäiliön mitoitus 30% vesi-glykoli			
t_m	80	°C	
a	0,0481	-	
V_0	2470	dm ³	
V	118,8	dm ³	
Paisuntasäiliön toimiva tilavuus:		120	dm ³

Mikäli varaajaan asennetaan sähkövastus, joudutaan siihen myös asentamaan varoventtiili. Varaajan suurin sallittu käyttöpaine on 3 bar, joka valitaan myös varoventtiilin avautumispaineeksi.

6.2 Pumppukiertoinen hybridilämmitysjärjestelmä

Pumppukiertoinen hybridilämmitysjärjestelmä on vaihtoehto, jossa tarvitaan sähköenergiaa. Sähköntuotanto toteutetaan olemassa olevalla aurinkopaneelijärjestelmällä sekä aggregaatilla. Lämmönluovuttimiksi tulee levyradiaattorit, ja lämmönsiirto tehdään yläjakoisena kaksiputkijärjestelmänä. Järjestelmään tulee kaksi lämmönlähdettä sekä pieni varaaja tasaamaan virtaamat ja toimimaan puskurisäiliönä (kuva 18).



KUVA 18. Hybridilämmitysjärjestelmä lämmönjakuhuone

Lämmönlähteinä toimivat kaasubSORPTIOLämpöpumppu ja kaasukondenssikatila, jotka hoitavat lämmityksen vuorotellen tietyillä ulkolämpötila-alueilla. Lämpöpumppu hoitaa lämmityksen $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$:seen saakka, minkä jälkeen lämmitystä jatkaa kondenssikatila mitoitusulkolämpötilaan saakka. Lämpöpumpun automaatiikka antaa käyntiluvan kondenssikatilalle. Lämpöpumppu kytketään lämmönsiirtimeksi välityksellä järjestelmään, jotta sen jäätyminen estetään ja korkeamman vesi-glykoliseoksen käyttö koko järjestelmässä vältetään.

Järjestelmän lämmönsiirtonesteeksi tulee sama TPI Thermofluid MEG -vesi-glykoliseos kuin painovoimaisessa lämmitysjärjestelmässä. Seoksen pitoisuus on noin 25 %, jolla saavutetaan vielä hyvät glykolin suoja-aineominaisuudet järjestelmään sekä pakkasen kestävyys aina $-14\text{ }^{\circ}\text{C}$:seen saakka. Lämpöpumpun kiertoon tulee 45-prosenttinen vesi-glykoliseos, jonka pakkasenkestävyys riittää $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$:seen saakka. Lämmitysjärjestelmään asennetaan erillinen vesi-glykoliseoksen lisäyksen tarkoitettu säiliö ja pumppauslaitteisto.

6.2.1 Pattereiden mitoitus

Pumppukiertoisen lämmitysjärjestelmän lämmönluovuttimiksi valitaan Purmo Compact -levyradiaattorit. Pattereiden mitoitus kulkee samalla tavalla kuin painovoimaisen lämmitysjärjestelmän pattereiden mitoitus.

Pattereiden mitoitustilanteen lämpötilat:

- $T_m = 55 \text{ °C}$
- $T_p = 45 \text{ °C}$
- $T_s = 21 \text{ °C}$.

Pattereiden valinta tehdään patterivalmistajan taulukoiden avulla. Pumppukiertoisen lämmitysjärjestelmän patterit on mitoitettu taulukkoon 18.

TAULUKKO 18. Purmo compact -pattereiden valinta tilakohtaisesti

	Lämmitystehon tarve [W]	Ikkunan Leveys [m]			60/30/20	55/45/21	
	θ_{tila}	L_{ikk}	Purmo Compact	KytKentä	$\theta_{patteri}$	$\theta_{mitoitusarvoilla}$	%
KÄMPPÄ 1	6275	1,85	C33-500-1800	A-B	1201	1753	0,9
		1,85	C33-500-1800	A-B	1201	1753	
			C33-500-1800	A-B	1201	1753	
			C33-500-1100	A-B	734	1071	
					Σ	6330	
KÄMPPÄ 2	1010	1,26	C33-450-1100	A-B	677	986	-2,4
KÄMPPÄ 3	5157	1,85	C33-500-1800	A-B	1201	1753	0,9
		1,85	C33-500-1800	A-B	1201	1753	
			C22-500-1400	A-B	680	990	
			C22-500-1000	A-B	486	707	
					Σ	5203	
EMÄNTÄ	925	1,26	C33-450-1100	A-B	677	986	6,6
RUOKAILUTILA	3508	1,26	C33-500-1200	A-B	801	1169	0,0
		1,26	C33-500-1200	A-B	801	1169	
		1,26	C33-500-1200	A-B	801	1169	
					Σ	3507	
KEITTIÖ	2115	1,85	C33-500-1800	A-B	1201	1753	-0,4
			C22-500-500	A-B	243	354	
					Σ	2107	
PESUHUONE	977	1,26	C33-450-1100	A-B	677	986	0,9
ASUINHUONE 1	2131	1,85	C33-500-1800	A-B	1201	1753	2,3
			C22-500-600	A-B	292	426	
					Σ	2179	
ASUINHUONE 2	2136	1,85	C33-500-1800	A-B	1201	1753	2,0
			C22-500-600	A-B	292	426	
					Σ	2179	
	Σ	24234	W		Σ	24463	W
		24,2	kW			24,5	kW

6.2.2 Putkiston mitoitus

Järjestelmä on pumppukiertoinen kaksiputkijärjestelmä. Käsintehdävä mitoitus kulkee samalla tavalla kuin painovoimaisen lämmitysjärjestelmän putkiston mitoitus. Koska laskenta tehtiin painovoimaisessa järjestelmässä käsintehdävällä, tässä suunnittelu ja mitoitus tehtiin MagiCAD-ohjelmistolla. Putkisto suunniteltiin Geberit Mapress -teräsputkijärjestelmää käyttäen (taulukko 13) sekä lämpötilaohjelmalla 55/45/21.

MagiCAD-ohjelmaan syötetään lähtötiedot sekä mitoituskriteerit, joiden perusteella ohjelma mitoittaa putkiston. Ohjelmasta saadaan tulostettua tietoja kuten painehäviöt, putkiston tilavuus ja virtaama.

Näitä tietoja voidaan käyttää apuna järjestelmän laitteiden mitoituksessa. Pumpukiertoisen järjestelmän lopullinen suunnitelma löytyy liitteenä 9 olevista piirustuksista.

6.2.3 Patteri- ja linjasäätöventtiilit

Järjestelmän patteriventtiileiksi tulee Danfoss RA-N -esisäädettävät venttiilirungot sekä Danfoss RA 2970 -termostaattianturit (liite 10). Linjasäätöventtiilit asennetaan jokaiseen haaralinjaan. Linjasäätöventtiileiksi tulee TA STAD -kertasäätöventtiilit (liite 11).

6.2.4 Kaasuabsorptiolämpöpumppu

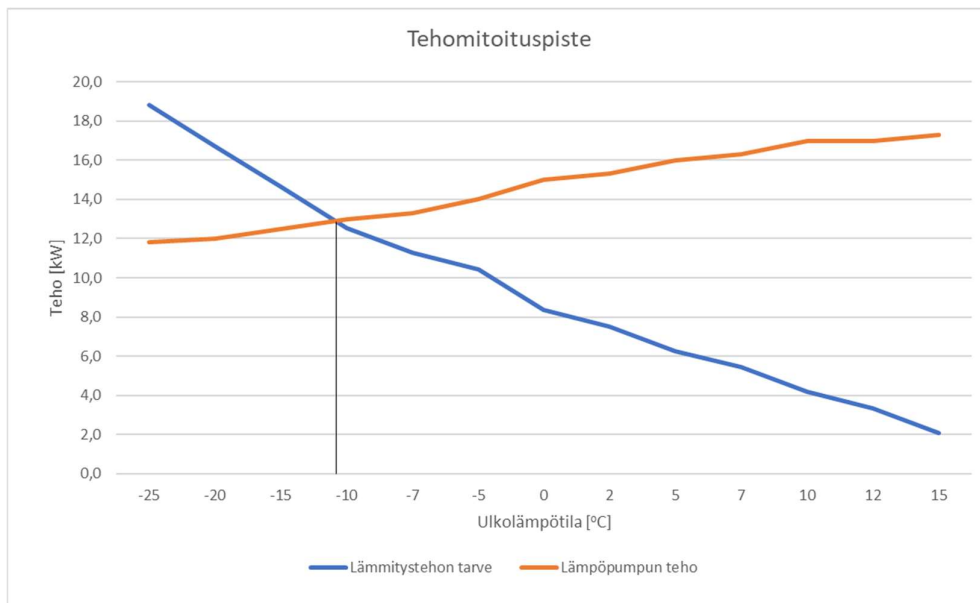
Kaasuabsorptiolämpöpumppu on Robur K18 Simplygas -ilmavesilämpöpumppu. Lämpöpumppu ottaa energiaa ulkoilmasta ja siirtää sen lämmitysjärjestelmän veden lämmönsiirtimeen välityksellä. Laitteisto asennetaan ulos, josta varaajan latauksen meno- ja paluulinjat kuljetetaan lämmönjakohuoneeseen. Lämmönsiirrin on kompakti kierukka, joka on asennettu varaajan sisään. Lämpöpumpun tekniset tiedot löytyvät liitteestä 12.

Tilaajan toive rakennuksen peruslämmöksi on +15 °C, josta lämpötila on pystyttävä nostamaan +21 °C:seen. Lämpötilan säätö hoidetaan patteritermostaattien avulla, jolloin erillistä automatiikkaa ei tarvita. Lämpöpumpun hyötysuhde eri ulkolämpötiloissa näkyy taulukossa 19.

TAULUKKO 19. Lämmön lähteiden tehon tuotto sekä sisälämpötilan vaikutus lämmitystehontarpeeseen

Ts	Tu	Φ_L	Φ_{ALP}	COPh	Φ_{KK}		Ts	Tu	Φ_L	Φ_{ALP}	COPh	Φ_{KK}
°C	°C	kW	kW		kW		°C	°C	kW	kW		kW
21	-38	24,2	0	0,0	24,2		15	-38	21,8	0	0,0	24,2
21	-25	18,9	0	0,0	18,9		15	-25	16,4	0	0,0	16,4
21	-20	16,8	0	0,0	16,8		15	-20	14,4	0	0,0	14,4
21	-15	14,8	0	0,0	14,8		15	-15	12,3	0	0,0	12,3
21	-10	12,7	13	1,1	0		15	-10	10,3	13	1,1	0
21	-7	11,5	13,3	1,2	0		15	-7	9,0	13,3	1,2	0
21	-5	10,7	14	1,2	0		15	-5	8,2	14	1,2	0
21	0	8,6	15	1,3	0		15	0	6,2	15	1,3	0
21	2	7,8	15,3	1,3	0		15	2	5,3	15,3	1,3	0
21	5	6,6	16	1,4	0		15	5	4,1	16	1,4	0
21	7	5,8	16,3	1,4	0		15	7	3,3	16,3	1,4	0
21	10	4,5	17	1,5	0		15	10	2,1	17	1,5	0
21	12	3,7	17	1,5	0		15	12	1,2	17	1,5	0
21	15	2,5	17,3	1,5	0		15	15	0,0	17,3	1,5	0
20	20	0,0	17,3	1,5	0							

Lämpöpumpun tehomitoituspiste on esitetty kuvassa 19. Tämä on raja, missä kondenssikatila ottaa kokonaan vastuu lämmityksestä.



KUVA 19. Kaasuabsorptiolämpöpumpun tehomitoituspiste

Lämpöpumppu tekee lämpöä valitun lämmityskäyrän mukaan, jonka perusteella on mitoitettu myös lämmönsiirrin varaajan sisään.

Lämmönsiirrin toimii vastavirtaperiaatteella, jonka mitoitus näkyy taulukossa 20. Lämmönsiirtimen pinta-ala lasketaan kaavalla 27 ja logaritminen keskilämpötilaero kaavalla 28 (12).

$$A = \frac{\Phi}{k \cdot LMTD} \quad \text{KAAVA 27}$$

A = lämmönsiirtimen pinta-ala [m²]
 Φ = lämmönsiirtimen teho (ALP teho, kun $t_u = -10^\circ\text{C}$) [kW]
 k = lämmönsiirtoluku, valitaan väliltä 1200 - 1700 [W/m²K]

$$LMTD = \frac{\Delta T_i - \Delta T_o}{\ln \frac{\Delta T_i}{\Delta T_o}} \quad \text{KAAVA 28}$$

$LMTD$ = logaritminen keskilämpötilaero [K]
 ΔT_i = lämpötilaero, ALP tulo (T_{pi}) – lämmitettävä meno (T_{so}) [K]
 ΔT_o = lämpötilaero, ALP paluu (T_{po}) – lämmitettävä tulo (T_{si}) [K]

Lämmönsiirrin on halkaisijaltaan 22 mm kampakupariputkea, jonka pituus lasketaan saadun pinta-alan perusteella. Lämmönsiirtimen pituus on 17 m, jonka tulo-liitäntä on varaajan yläosassa ja paluu varaajan alaosassa.

TAULUKKO 20. Lämmönsiirtimen mitoitus

Logaritminen keskilämpötilaero			Lämmönsiirrin kierukan mitoitus		
LMTD	9,0	°C	A	1,21	m ²
T_{pi}	48	°C	k	1200	W/m ² °C
T_{po}	41	°C	Φ_{LS}	13	kW
T_{si}	33	°C			
T_{so}	38	°C	Kierukka Cu	22	mm
ΔT_i	10	°C			
ΔT_o	8	°C	L	17	m

Lämpöpumpun tulonesteen lämpötila T_{pi} saadaan lämpöpumpun lämmityskäyrän numero 1 mukaan, kun ulkolämpötila on -10°C . Lämmönsiirtoneste on 45-prosenttinen vesi-glykoliseosta, jonka jäätymispiste on -33°C . (Liite 3.)

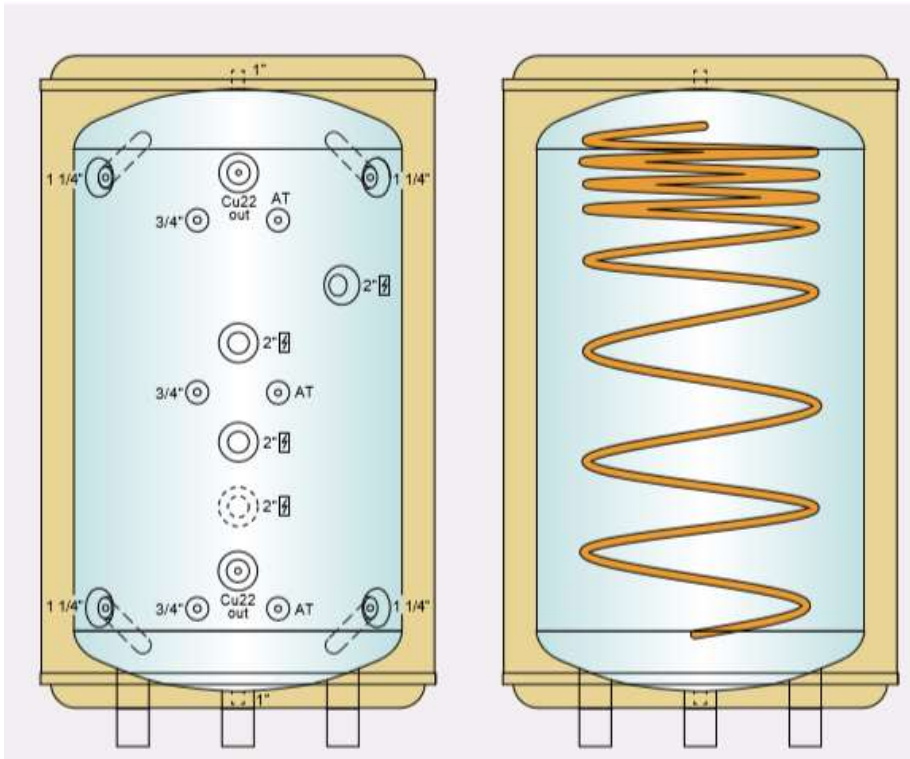
6.2.5 Kaasukondenssikattila

Kaasukondenssikattila on Atlantic Effinox 5024 -kaasukattila. Kattilan hyötysuhde on hyvä, koska palamisessa syntyvä hukkalämpö otetaan talteen kondenssitekniikalla. Kattila tekee lämpöä lämmityskäyrän mukaisesti. Kattilan tulo kytketään varaajan yläosaan ja paluu varaajan alaosaan. Kattila asennetaan lämmönjakuhuoneeseen. Kattilassa kiertää sama 25-prosenttinen vesi-glykoliseos kuin lämmitysjärjestelmässä. Kattilan tekniset tiedot löytyvät liitteestä 13.

Kattilan teho on 24 kW, mikä kattaa rakennuksen laskennallisen lämmitystehontarpeen mitoitustilanteessa. Kattilan tehontarve eri ulkolämpötiloissa näkyy taulukossa 19.

6.2.6 Varaaja

Varaajaksi valitaan Akvaterm Akva Nero, jonka tekniset tiedot löytyvät liitteestä 7. Varaajaan asennetaan absorptiolämpöpumpun latauskierukka kuvan 20 mukaisesti. Varaajaan tehdään lämpöä tarpeen mukaan valitulla lämmityskäyrällä.



KUVA 20. Akvaterm Akva Nero -varaaja (liite 7)

Lämmitysvaraajan käyttö ja sen tarpeellisuus vaihtelee lämmitysjärjestelmän ja lämmönjakotavan mukaan. Vaikka toimintalämpötilaerot olisivat samat, voidaan varaajaa joutua käyttämään lämmönjakoverkoston säätötavan takia. Useasti lämmitystehon säätö tapahtuu vesivirtaa rajoittamalla. Termostaattisten patteriventtiileiden sulkeutuessa virtaama muuttuu järjestelmässä, jolloin varaajan avulla virtaaman muutos ei vaikuta lämmönlähteen virtaamaan. (25.)

Varaajan koko on 1000 l, jolla pystytään välttämään erilämpöisten kerrostumien sekoittuminen varaajassa sekä saadaan hieman lepotaukoja lämmönlähteiden lämmöntuotantoon. Koska kämpän käyttö on satunnaista, voidaan olettaa sisälämpötilan olevan suurimman osan lämmityskautta +15 °C. Tällöin saadaan varaajan latausaika ja lämmönlähteiden lepoaika taulukon 21 mukaisiksi mitoitustilanteissa.

TAULUKKO 21. Varaajan latausaika ja lämmönlähteiden lepoaika

Lähtöarvot, KK kun $t_u = -38^\circ\text{C}$ ja $t_s = +15^\circ\text{C}$			Lähtöarvot, ALP käyttö kun $t_u = -10^\circ\text{C}$ ja $t_s = +15^\circ\text{C}$		
V_{varaaja}	1,00	m^3	V_{varaaja}	1,00	m^3
Φ_{kattila}	24,2	kW	Φ_{ALP}	13,0	kW
$\Phi_{\text{lämmitys}}$	21,8	kW	$\Phi_{\text{lämmitys}}$	10,3	kW
ΔT	10	$^\circ\text{C}$	ΔT	5	$^\circ\text{C}$
Varaaja			Varaaja		
Q_{varaaja}	11	kWh	Q_{varaaja}	5	kWh
Latausaika	4,5	h	Latausaika	1,9	h
Lepoaika	0,5	h	Lepoaika	0,5	h
Muu järjestelmä 25% vesi-glykoli seosta			ALP järjestelmässä käytetään 45% vesi-glykoli seosta		
ρ_{50}	1019,1	kg/m^3	ρ_{44}	1045,9	kg/m^3
c_{p50}	3,8377	$\text{kJ}/\text{kg}^\circ\text{C}$	c_{p44}	3,5109	$\text{kJ}/\text{kg}^\circ\text{C}$
v_{50}	9,308E-07	m^2/s	v_{44}	1,596E-06	m^2/s

6.2.7 Muut laitteet ja varusteet

Paisunta-astia ja varoventtiili

Paisunta-astian mitoitus tehdään ohjekortin LVI 11-10472 mukaan, mistä löytyy kaikkia tarvittavat tiedot mitoituksen suorittamiseen. (24.)

Järjestelmään mitoitetaan kaksi paisunta-astiaa, joista toinen tulee lämpöpumpun kiertoon ja toinen itse lämmitysjärjestelmään. Paisunta-astiat asennetaan pumpun imupuolelle. Järjestelmien erilaiset vesi-glykolipitoisuudet huomioidaan paisunta-astian mitoituksessa lämpölaajenemiskertoimen avulla. Taulukossa 22 näkyy paisunta-astioiden mitoitus ja varoventtiilien koko.

TAULUKKO 22. Paisunta-astian mitoitus pumppukiertoinen järjestelmä

Kalvopaisunta-astian valinta patterilämmitys 30% vesi-glykoli				Kalvopaisunta-astian valinta ALP kierto 45% vesi-glykoli			
t_m	55 °C			t_m	50 °C		
a	0,0294	-		a	0,037	-	
V_0	1350	dm ³		V_0	10	dm ³	
h	4	m		h	2	m	
p_{stat}	39	kPa		p_{stat}	20	kPa	
p_{sv}	250	kPa		p_{sv}	250	kPa	
p_{es}	1	kPa	40 kPa	p_{es}	1	kPa	21 kPa
p_{min}	10	kPa	50 kPa	p_{min}	10	kPa	31 kPa
p_{max}	10	kPa	240 kPa	p_{max}	10	kPa	240 kPa
K_{mit}			1,92 -	K_{mit}			1,76 -
V			76,2 dm ³	V			0,7 dm ³
Paisunta-astiaksi valitaan seuraava vakiokoko				Paisunta-astiaksi valitaan seuraava vakiokoko			
Valitaan kalvopaisunta-astia: N100				Valitaan kalvopaisunta-astia: N4			
Varoventtiilin valinta:				Varoventtiilin valinta:			
	Avautumispaine	250	kPa		Avautumispaine	250	kPa
	Koko	15	DN		Koko	15	DN

Varoventtiilit asennetaan varaajaan, lämpöpumppuun sekä kondenssikaasukattilaan. Varoventtiilien avautumispaine valitaan käytettyjen laitteiden suurimman sallitun käyttöpaineen mukaan. Varoventtiilit ovat 2,5 bar, ja varoventtiilien koko on dn15.

Pumput

Lämmitysjärjestelmään tulee kolme pumppua, joista yksi lämmityksen kiertoon ja kaksi lämmönlähteille. Kaasukondenssikattilan ja kaasuabsorptiolämpöpumpun sisäiset pumput joudutaan korvaamaan uusilla pumpuilla, jotka sijoitetaan lämmönjakohuoneeseen. Pumpuille asennetaan niiden painepuolelle pumpunsäätöventtiilit, joita käytetään vain mittausyhteenä, koska valitut pumput ovat portaattomasti säädettäviä taajuusmuuttajapumppuja. Lämmönsiirtonesteiden ominaisuudet on otettu huomioon pumpun valinnassa, koska vesi-glykoliseoksen käyttö laskee pumppaustehoa.

Lämmityksen kiertopumpun laskentaan tarvittavat tiedot saadaan MagiCAD-ohjelmasta. Pumpun mitoitus on esitetty taulukossa 23 sekä valitun pumpun tiedot liitteenä 14.

TAULUKKO 23. Lämpöjohtopumppu

Patteriverkoston kiertovesipumpun mitoitus ja valinta			
Δp_{kok}	10131	Pa	
q_v	0,6197	l/s	
Pumppu:	Kolmeks	AE-26/4 SCA 0,08 kW	792 1/min, H = 1,014m
PSV:	DN50	TA STAD	Käytetään mittausyhteenä

Lämpöpumpun nesteen kiertopumpun laskenta ja valinta on esitetty taulukossa 24 sekä valitun pumpun tiedot liitteenä 15.

TAULUKKO 24. ALP pumppu

T_m	48	T_p	41	ΔT	7	ρ	1045,9										
c_p	3,5109	v	1,60E-06	ε	0,00015												
n:o	\varnothing	DN	L	$\Sigma \zeta$	q_v	d_s	v	R	P_d	R · L	Z	ΔP	$\Sigma \Delta P$	Re	λ		
	[W]	[mm]	[m]		[dm ³ /s]	[mm]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	Pa	[Pa]	[-]	[-]		
LS	13000	20	17		0,506	20,0	1,6099	2597,5	1355,3	44158,2		44158	44158	20174	0,038		
1	13000	25	4	5	0,506	25,6	0,9826	732,2	504,9	2928,7	2524,4	5453	49611	15761	0,037		
ALP	13000				0,506							10000	59611				
Pumppu	Kolmeks	AE-26/4 SCA 0,2 kW			1612 1/min, H = 6,0m							H	59,6	kPa			
													6,0	m			

Kondenssikaasukattilan nesteen kiertopumpun laskenta ja valinta on esitetty taulukossa 25 sekä valitun pumpun tiedot liitteenä 16.

TAULUKKO 25. Kondenssikaasukattilan pumppu

T_m	55	T_p	45	ΔT	10	ρ	1019,1										
c_p	3,8377	v	9,31E-07	ε	0,00001												
n:o	\varnothing	DN	L	$\Sigma \zeta$	q_v	d_s	v	R	P_d	R · L	Z	ΔP	$\Sigma \Delta P$	Re	λ		
	[W]	[mm]	[m]		[dm ³ /s]	[mm]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	Pa	[Pa]	[-]	[-]		
1	24200	32	10	9	0,619	32,0	0,7694	235,4	301,6	2353,6	2714,6	5068	5068	26450	0,025		
KK	24200				0,619							10000	15068				
Pumppu	Kolmeks	AE-26/4 SCA 0,08 kW			903 1/min, H = 1,5m							H	15,1	kPa			
													1,5	m			

6.3 Putkisto ja lämmönluovuttimet työn tilaajan järjestelmään

Työn tilaajan suunnittelema järjestelmä sisältää noin 100 kW:n tehoisen kaasukattilan ja tilavuudeltaan 2000 l:n energiavaraajan. Tilaajan toiveena on kattosäteilijöiden käyttö lämmönluovuttimina. Vaihtoehtoisissa järjestelmässä suunnitelmassa ei käytetty kattosäteilijöitä, koska suuren lämmitystehontarpeen takia kattosäteilijöiden määrä olisi huomattava sekä ikkunoiden aiheuttama kylmävirta voisi aiheuttaa vedon tunnetta.

Tilaajan järjestelmään suunniteltiin ja mitoitettiin kaksi lämmönluovutintratkaisua. Ensimmäisessä vaihtoehdossa kattosäteilijät toimivat lämmönluovuttimina ja toisessa vaihtoehdossa patterit.

Järjestelmän lämmönsiirtonesteeksi tulee vastaava TPI Thermofluid MEG -vesi-glykoliseos kuin hybridilämmitysjärjestelmässä. Tämä on otettu huomioon mitoituksissa.

Kaikki mitoitus ja tasapainotus tehdään MagiCAD-ohjelmalla, jolloin verkoston tasapainotus esisäätömenetelmällä on luotettava. Virtaamat tarkistetaan ja hienosäädetään mittauksin sekä lämmityskäyrän ja verkoston lopullinen hienosäätö tehdään lämmityskaudella lämpötilamittauksin.

6.3.1 Kattosäteilijät

Kattosäteilijöiden mitoitusilanteen lämpötilat:

- $T_m = 55 \text{ °C}$
- $T_p = 45 \text{ °C}$
- $T_s = 21 \text{ °C}$.

Suunnitelmissa käytetään Itulan Itugraf-kattosäteilijöitä. Itulan verkkosivuilta ladattiin ItuCalc-ohjelma, jonka avulla kattosäteilijät mitoitettiin tilakohtaisesti. Tilaan Kämpä 1 sijoitettavan kattosäteilijän mitoitus on esimerkkinä liitteenä 17. Kaikkien kattosäteilijöiden mitoitus tulokset on esitetty taulukossa 26. Mitoituksen mukaiset säteilijät ladattiin MagiCAD-ohjelmaan, joihin lisättiin tietoa Other Pipe Device -käskyllä. (26.)

Tilojen lämpötilansäätö tapahtuu tilakohtaisen huonetermostaatin mittauksen perusteella. Oventrop Cocon -säätöventtiili on venttiilyhdistelmä, mikä koostuu kertasäätöventtiilistä ja tehon säätöosasta. Säätöosa voidaan varustaa toimilaitteella. Järjestelmään sopivan ohjausjärjestelmän, lämpötila-anturien/säätimien sekä toimilaitteiden valinnat tekee tilaaja.

Kattosäteilijöiden paras lämmitysteho saavutetaan silloin, kun nesteen virtaama säteilijöiden putkissa on turbulентtinen. Kattosäteilijöiden virtaaman turbulентtisuus ja 2-tieventtileiden auktoriteetit on laskettu taulukkoon 27.

Säätöventtiilin auktoriteetti saadaan kaavalla 29.

$$a_{sv} = \frac{\Delta p_{sv}}{\Delta p_{sv} + \Delta p_{piiri}}$$

KAAVA 29

a_{sv} = säätöventtiilin auktoriteetti

[-]

Δp_{sv} = säätöventtiilin painehäviö

[kPa]

Δp_{piiri} = putkiston painehäviö

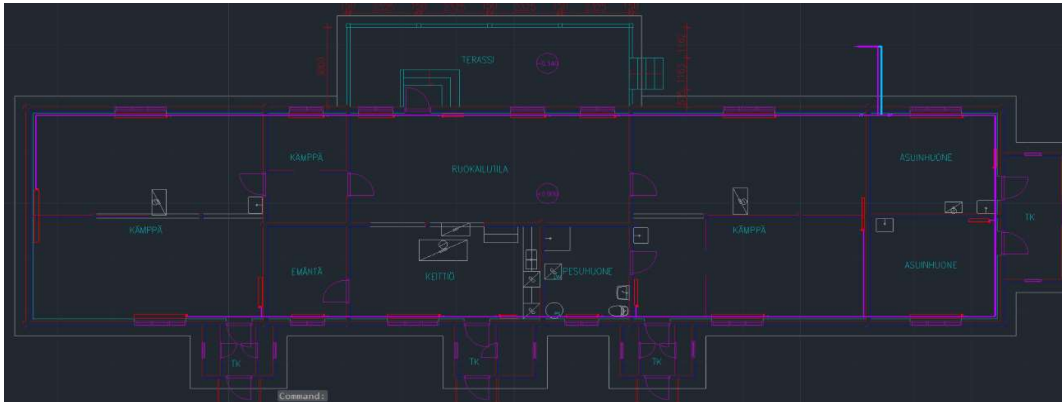
[kPa]

TAULUKKO 27. Kattosäteilijöiden virtaamien turbulентtisuuden varmistaminen ja 2-tieventtileiden säädettävyyden tarkastaminen

Kattosäteilijöiden säätöventtiileiden auktoriteetin					Hyvä, kun $0,25 \leq a_{sv} \leq 0,5$ Erinomainen, kun $0,5 \leq a_{sv} \leq 1$	
Säätöventtiili nro.	Koko [dn]	Δp_{sv} [kPa]	Δp_{piiri} [kPa]	a_{sv} [-]	Turbulентtinen virtaama savutetaan seuraavilla virtaamilla lämpötilan funktiona.	
SV 1	20	5,1	11	0,46		
SV 2	15	5,6	11	0,51		
SV 3	15	8,6	11	0,78		
SV 4	15	3,6	11,3	0,32		
SV 5	20	5,7	11,4	0,50		
SV 6	15	8,1	11,4	0,71		
SV 7	20	6,8	11,8	0,58		
SV 8	15	6,9	11,7	0,59		
SV 9	15	6,9	11,7	0,59		
Kattosäteilijöiden virtaama mitotitustilanteessa						
Pituus [m]	Virtaama [l/s]	Re > 2300 [-]	T [°C]			
2990	0,0193	OK	50			
2390	0,0154	OK	50			
1790	0,0116	OK	50			

6.3.2 Patterit

Toisessa vaihtoehdossa käytetään lämmönluovuttimina Purmo Compact -levyradiaattoreita, joiden putkitus tehdään yläjakoisena kaksiputkijärjestelmänä (kuva 22). Taulukossa 28 on esitetty pattereiden mitoitusluokset.



KUVA 22. MagiCAD-ohjelma patterit asennettuna ja putkitettu (Liite 21)

TAULUKKO 28. Pattereiden mitoitus

	Lämmitystehon tarve [W]	Ikkunan Leveys [m]	Kattila					
					60/30/20	60/40/21		
	θ_{tila}	L_{ikk}	Purmo Compact	Kytkentä	θ_{patteri}	$\theta_{\text{mitoitusarvoilla}}$	%	
KÄMPPÄ 1	6275	1,85	C33-500-1800	A-B	1201	1680	-0,4	
			C33-500-1800	A-B	1201	1680		
			C33-500-2000	A-B	1334	1866		
			C33-500-1100	A-B	734	1027		
					Σ	6253		
KÄMPPÄ 2	1010	1,26	C33-450-1200	A-B	739	1032	2,2	
KÄMPPÄ 3	5157	1,85	C33-500-1800	A-B	1201	1680	0,0	
			C33-500-1800	A-B	1201	1680		
			C33-500-1200	A-B	801	1120		
			C22-500-1000	A-B	486	678		
					Σ	5158		
EMÄNTÄ	925	1,26	C33-450-1100	A-B	677	945	2,2	
RUOKAILUTILA	3508	1,26	C33-450-1200	A-B	739	1032	0,7	
			C33-450-1200	A-B	739	1032		
			C33-450-1200	A-B	739	1032		
			C22-450-700	A-B	313	436		
					Σ	3532		
KEITTIÖ	2115	1,85	C33-500-1800	A-B	1201	1680	-1,3	
			C22-500-600	A-B	292	407		
					Σ	2087		
PESUHUONE	977	1,26	C33-500-1100	A-B	734	1027	5,1	
ASUINHUONE 1	2131	1,85	C33-500-1800	A-B	1201	1680	1,1	
			C22-500-700	A-B	340	474		
					Σ	2154		
ASUINHUONE 2	2136	1,85	C33-500-1800	A-B	1201	1680	0,8	
			C22-500-700	A-B	340	474		
					Σ	2154		
	Σ	24234	W			Σ	24342	W
		24,2	kW				24,3	kW

Pattereissa käytetään Danfoss RA-N -esisäädettäviä patteriventtiileitä sekä Danfoss RA 2970 -termostattiantureita. Linjasäätöventtiileinä käytetään TA STAD -kertasäätöventtiileitä. Kummassakaan suunnitelmassa ei mitoiteta muita järjestelmään liitettäviä varusteita. Kaikki dwg-tiedostot luovutetaan työtilaajalle.

6.4 Eristys

Eristykset koskevat kaikkia lämmitysratkaisuvaihtoehtoja. Eristysten suunnittelussa käytettiin avuksi ohjekortteja LVI 50-10344 ja LVI 50-10345. Varaajat ja muut varusteet on eristetty tehtaalla. Palo-osastointeja ei ole tiedossa, joten paloeristykset ja palokatkosuunnitelma eivät ole tarpeellisia.

Lämmönjakohuoneen kaikki putket eristetään sarjan 25 mineraalivillakourulla, jossa on alumiinilaminaattipinnoite. Mineraalivillakouru pinnoitetaan PVC-pinnoitteella, joka kiinnitetään PVC-niiteillä. Kulmissa käytetään eristeenä sullovillaa sekä tehdasvalmisteisia PVC-kulmakappaleita. Eristysten aloitus ja lopetus kohtiin asennetaan alumiininen päätyhela. Putkimerkinnot tehdään selvästi ja johdonmukaisesti.

Lämmönjakohuoneen ja rakennuksen väliset putkiosuudet eristetään sarjan 25 mineraalivillakourulla sekä yhteiseristetään meno- ja paluuputki vähintään 100 mm mineraalivillamatolla, jossa on alumiinipinnoite. Putkisilta koteloidaan erillisellä kotelorakenteella, jonka materiaali valitaan tyyliin sopivaksi. Kaikki läpiviennit on tehtävä tiiviiksi sekä eristettävä huolella.

Painovoimaisessa lämmitysjärjestelmässä eristetään kaikki sisäpuoliset menorunkoputket sarjan 22 mineraalivillakourulla, missä on alumiinilaminaattipinnoite. Eristeen päälle asennetaan lisäksi PVC-pinnoite samoilla periaatteilla ja tarvikkeilla kuin lämmönjakohuoneessakin. Hybridilämmitysjärjestelmän sisäpuoliset putkitukset jätetään eristämättä.

6.5 Energiankulutuksen arvio

Viimeiseksi arvioidaan omien lämmitysjärjestelmävaihtoehtojen polttoaineen ja sähkön kulutusta. Lämmitykseen kuluu vuodessa noin 51320 kWh energiaa, joka on saatu työn tilaajan ilmoittaman polttoaineen kulutuksen mukaan ja käyttämällä vuosihyötysuhdetta 0,8 (taulukko 10).

Painovoimainen lämmitysjärjestelmä

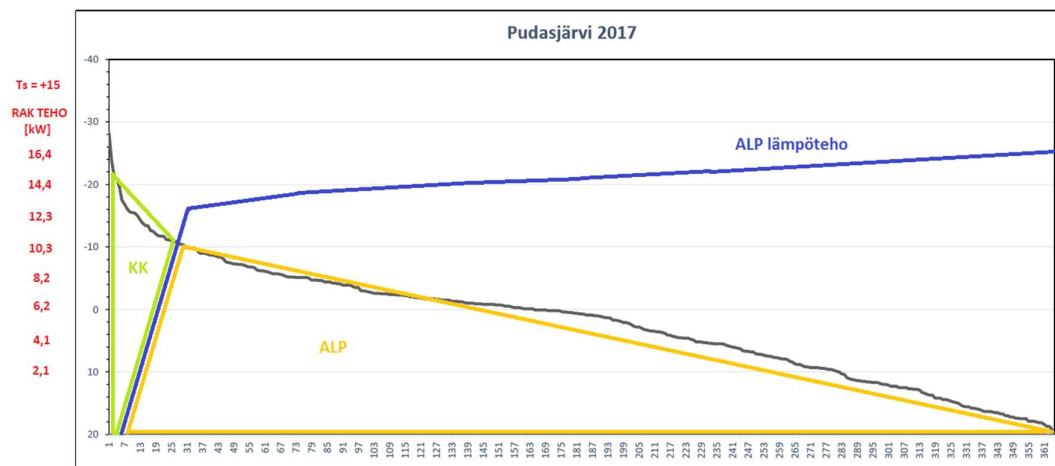
Lämmitysjärjestelmän polttoaineena oletetaan käytettävän kosteuspitoisuudeltaan 20-prosenttista koivupilkettä, jonka tehollinen lämpöarvo on 1700 kWh/pino-m³. Rakennuksen polttopuun kulutus on laskettu taulukkoon 29. (27.)

TAULUKKO 29. Koivupilkkeen kulutus

Puun kulutuksen arvio jatkuvalle lämmityksellä					
Puupilke	Kosteus	Lämpöarvo	Rakennus	Lämmitys	η _{järj.}
	[%]	[kWh/pino-m ³]		[kWh]	-
Koivu	20	1700		51320	0,69
Kulutus/a	44	pino-m ³			
	73	irto-m ³			

Hybridilämmitysjärjestelmä

Lämmitykseen kulutettua energiaa arvioidaan Pudasjärven vuoden 2017 vuorokautisten lämpötilahavaintojen pohjalta tehdyllä pysyvyyskäyrällä (kuva 23).



KUVA 23. Pudasjärvi 2017 pysyvyyskäyrä

Pysyvyyskäyrälle on piirretty kaasubSORPTIOLÄMPÖPUMPUN ja kaasukondenssikattilan tuottamat lämmitysenergiaosuudet, joiden yhteenlaskettu pinta-ala on koko rakennuksen lämmitysenergian kulutus vuonna 2017.

Laskuissa kaasukondenssikattila ja kaasubSORPTIOLÄMPÖPUMPPU toimii ON/OFF-periaatteella. Absorptiolämpöpumpun tehona käytetään 15,6 kW, joka on lämpöpumpun tuottaman tehon keskiarvo ulkolämpötilan ollessa välillä -10 - +20 °C. Kaasukondenssikattila käy täydellä teholla, jolloin sen teho on 24,2 kW.

Rakennuksen lämmitystehontarve eri ulkolämpötiloissa lasketaan rakennuksen lämpökonduktanssin avulla, joka saadaan kaavalla 30. Lämpökonduktanssia käytetään tehon laskentaan eri ulkolämpötiloissa kaavan 31 mukaan. Tarkat pinta-alat on mitattu CADS-ohjelmalla, jonka avulla saadut tulokset on esitetty taulukossa 29. (12.)

$$G = \frac{\Phi_L}{T_s - T_{u,mit}} \quad \text{KAAVA 30}$$

G = rakennuksen lämpökonduktanssi [kW/°C]

Φ_L = rakennuksen lämmitystehotarve [kW]

$T_{u,mit}$ = mitoitusulkolämpötila [°C]

T_s = rakennuksen sisälämpötila [°C]

$$\Phi = G * (T_s - T_u) \quad \text{KAAVA 31}$$

Φ = lämmitystehontarve [kW]

G = rakennuksen lämpökonduktanssi [kW/°C]

T_u = ulkolämpötila [°C]

T_s = rakennuksen sisälämpötila [°C]

TAULUKKO 29. Nestekaasun kulutuksen arvio hybridijärjestelmällä

Pysyvyyskäyrältä määritetyt pinta-alat:				Lämmitykseen kulunut energia vuodessa:							
$A_{L\text{lämmitys}}$	15874	mm ²		Q_{PA}	51320	kWh					
A_{KK}	1399	mm ²									
A_{ALP}	14475	mm ²									
Q_{mm2}	3,23	kWh/mm ²									
Absorptiolämpöpumpun kuluttama nestekaasun määrä vuodessa pinta-alan mukaan:				Kaasukondenssikattilan kuluttama nestekaasun määrä vuodessa pinta-alan mukaan:							
Q_{ALP}	46797	kWh	$\Phi_{ALP, ka}$	15,6	kW	Q_{KK}	4523	kWh	Φ_{KK}	24,2	kW
t	3000	h				t	187	h			
Absorptiolämpöpumpun kaasunkulutus:				Kaasukondenssikattilan kaasunkulutus:							
m	0,87	kg/h	Propaani	m	1,78	kg/h	Propaani				
η_{ALP}	1			η_{KK}	1,05						
P_{aALP}	2610	kg/a		P_{aKK}	317	kg/a					
Lämmitykseen kuluva kaasun määrä vuodessa:											
ΣPa	3443	kg/a	$\eta_{jäsj.}$	0,85							

Sähkönkulutusta arvioidaan taulukkoon 30 tehtyjen laskelmien perusteella. Sähkön tuottamiseen ja sen riittävyteen ei työssä oteta kantaa.

TAULUKKO 30. Sähkönkulutuksen arvio vuodessa

Sähkön kulutuksen arvio				
Laite:	Teho	Käy	Energia kulutus	
	[kW]	[h]	[kWh]	
LJ pumppu	0,026	8760	228	
ALP pumppu	0,086	3000	258	
KK pumppu	0,028	187	5	
KK	0,076	187	14	
ALP	0,35	3000	1050	
KK standby	0,05	8573	429	
ALP standby	0,05	5760	288	
			2272	kWh
Vuosi	8760	h		

7 YHTEENVETO

Työn tarkoituksena oli suunnitella ja mitoittaa nestekiertoinen lämmönjako vanhaan hirsirakennukseen. Työn ensisijaisena tavoitteena oli suunnitella työn tilaajan lämmönlähteratkaisuun lämmönjakoputkisto ja lämmönluovuttimet. Toisena tavoitteena oli suunnitella ja mitoittaa vaihtoehtoisia lämmönlähde ja lämmönjakoratkaisuja. Polttoaineena säilyi nestekaasu sekä sähköenergia tuotetaan jatkossakin omavaraisesti aggregaatilla ja aurinkopaneeleilla.

Omat haasteensa suunnitteluun ja ideointiin toivat omavaraisuus energian tuotannossa sekä olemassa olevat rakenteet ja tekniset ratkaisut. Edellä mainittujen ongelmien lisäksi kämppä on suurimman osan vuodesta tyhjillään, jolloin vikatilanteiden ja mahdollisten lämmityskatkosten valvonta ja pikaiset korjaustoimet ovat hankalia toteuttaa syrjäisen sijainnin takia. Uuden järjestelmän lopullista valintaa tehdessä onkin syytä muistaa, ettei järjestelmästä tehdä tietoisesti liian teknistä ja vikaherkkää kokonaisuutta. Kämpän käyttäjät ovat myös niitä henkilöitä, jotka joutuvat välillä ratkomaan vikatilanteita, jolloin mahdollisimman selkeä järjestelmä olisi helpommin ymmärrettävissä.

Asetetuissa tavoitteissa onnistuttiin ja tuloksena saatiin toimivia tai kehityskelpoisi ratkaisuja. Syntyneillä ratkaisuilla on omat hyvät ja huonot puolensa. Tulevaisuudessa ainakin lämpöpumpun käyttö saattaa olla järkevää, koska talven kovat pakkasjaksot vähenevät oleellisesti.

LÄHTEET

1. Puurunen, Mauno 2000. Pärjän kämpän historiaa. Pudasjärvi.
2. AGA. 2019. AGA Oy. Saatavissa: https://www.aga.fi/fi/products_ren/propane/propane_facts/index.html. Hakupäivä 3.12.2019.
3. Nestekaasu. 2010. Neste Oil Oyj. Saatavissa: https://www.neste.fi/sites/neste.fi/files/NO_Nestekaasu_esite.pdf. Hakupäivä 3.12.2019.
4. Maakaasu käsikirja. Helmikuu 2014. Suomen Kaasuyhdistys Ry. Saatavissa: <https://www.kaasuyhdistys.fi/julkaisut/maakaasun-kasikirja/>. Hakupäivä 3.12.2019.
5. Seppänen, Olli 2001. Rakennusten lämmitys. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy.
6. Keskuslämmityskattilat. 2020. Motiva Oy. Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/bioenergia/puulammitys_kiinteistoissa/keskuslammityskattilat. Hakupäivä: 26.2.2020.
7. Haapalainen, Esko – Vepsäläinen, Teuvo 1983. LVI – Lämmitystekniikka. Helsinki: Valtion painatuskeskus.
8. Klapi ilta. 2011. PrizzTech. Saatavissa: <http://www.prizz.fi/sites/default/files/asiakaskuvat/Siirretty%20Prizztech/PowerPoint%20KLAPI-ILTA%2027.9.2011MANU.pdf>. Hakupäivä 4.12.2019.
9. Effinox condens 5000. 2013. Atlantic Suomi. Saatavissa: <https://atlantic.fi/wp-content/uploads/2014/07/Effinox-Condens-Esite-FIN-6-s-putsattu.pdf>. Hakupäivä 4.12.2019.
10. Aho, Ilari – Laitinen, Ari 1989. Absorptiolämpöpumppu öljylämmitysjärjestelmissä. Espoo: VTT Offsetpaino.
11. Pirttinen, Valtteri 2014. Selvitys ilmaisenergian hyödyntämisteknologioista. Selvitystyö. Rovaniemi: Lapin ammattikorkeakoulu. Saatavissa:

<https://www.lapinamk.fi/loader.aspx?id=4bedf672-c022-4b41-bc16-9f19ef7090f3>. Hakupäivä 5.12.2019.

12. Mäkelä, Veli-Matti 2018. Lämmön- ja kosteudensiirto opintomoniste. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu Oy.
13. Paneeliradiaattorit – Purmo Compact. 2019. Purmo. Saatavissa: <https://www.purmo.com/fi/tuotteet/vesikiertoiset-radiaattorit/paneeliradiaattorit/purmo-compact.htm#tab-lataukset>. Hakupäivä 16.12.2019.
14. Radiaattorit. Oppimateriaali: Saatavissa: http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/pientalon_lammitys/radiaattorit.htm. Hakupäivä 16.12.2019.
15. Mäkelä, Veli-Matti 2017. Koneoppi 1 opintomoniste. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu Oy.
16. Vuorelainen, Olavi 1980. LVI-tekniikka - Lämmityslaitosten mitoittaminen – Osa 1, 2 ja 3. Espoo: Otapaino.
17. Energiatehokkuus (2018). 2017. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeenlaskenta. Ohjeet 2018. Suomenrakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö, Rakennukset ja rakentaminen -yksikkö. Saatavissa: https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Energiatehokkuus. Hakupäivä 12.11.2019.
18. Julkaisu K1/2013. Energiateollisuus ry. Saatavissa: https://energia.fi/julkaisut/materiaalipankki/julkaisu_k1_2013_rakennusten_kaukolammitys_maaraykset_ja_ohjeet.html. Hakupäivä 12.11.2019.
19. C4 (2003). 2002. Lämmöneristys. Ohjeet 2003. Kumotut, C4 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö. Saatavissa: https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Kumotut. Hakupäivä 12.11.2019.

20. Vertailukausi- ja paikkakunnat, korjauskertoimet ja lämmitystarveluvut. 2017. Motiva Oy. Saatavissa: https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/kiinteiston_energiankaytto/kulutuksen_normitus/vertailukausi-_ja_paikkakunnat_korjauskertoimet_ja_lammitystarveluvut. Hakupäivä 12.11.2019.
21. Jäähdytys-, lauhdutus-, ja LTO -järjestelmissä käytettävien glykolin valinta ja soveltuvuus eri käyttötarpeisiin. 2019. KL-Lämpö. Saatavissa: <https://www.kl-lampo.com/artikkelit/jaahdytys-lauhdutus-ja-lto-jarjestelmissa-kaytettavien-glykolin-valinta-ja-soveltuvuus-eri-kayttotarpeisiin/73-51>. Hakupäivä 30.12.2019.
22. Tekninen esite. 2018. Purmo. Saatavissa: https://www.purmo.com/docs/PURMO_Technical-brochure_FI_0718_web.pdf. Hakupäivä 3.9.2019.
23. Niskala, Mikko 2019. Painovoimaisen lämmitysjärjestelmän suunnitteluohje. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu Oy.
24. LVI 11-10472. 2011. Paisuntajärjestelmän valinta ja mitoitus. Ohjekortti 2011. LVI-kortisto. Helsinki: Rakennustieto. Saatavissa: <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezp.oamk.fi:2047/kortit/LVI%2011-10472>. Hakupäivä: 26.2.2020.
25. Rantanen, Mikko 2015. Lämpöpumppulämmitysjärjestelmän mitoitus ja laitevalinnat. Opinnäytetyö. Helsinki: Metropolia Ammattikorkeakoulu, talotekniikan koulutusohjelma. Saatavissa: <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/88825/Mikko%20Rantanen%20Lampopumppulammitysjarjestelman%20mitoitus%20ja%20laitevalinnat.pdf?sequence=1>. Hakupäivä 12.11.2019.
26. ItuCalc-mitoitusohjelma. 2019. Itula Oy. Saatavissa: <https://itula.fi/fi/itucalc/>. Hakupäivä: 6.11.2019
27. Puulämmitys. 2017. Ariterm Oy. Saatavissa: <https://www.ariterm.fi/wp-content/uploads/2014/01/Puul%C3%A4mmitys.pdf>. Hakupäivä 9.1.2020

28.SFS 3330 1975. Paineastialautakunta. Paineastian sijoitus, varustelu ja käyttö. Avoin nestekattilalaitos. Lämpötila enintään 120 °C. Helsinki: Suomen standardisoimislautakunta.

LIITTEET

Liite 1 Kämpän huonejako

Liite 2 Kämpän tilojen lämmitystehontarvelaskenta excel

Liite 3 TPI lämmönsiirtoneste Thermofluid MEG -tuoteseloste

Liite 4 Painovoimaisen putkiston mitoitus

Liite 5 Piirustus painovoimainen lämmitysjärjestelmä

Liite 6 Danfoss RA-G -esite

Liite 7 Akvaterm varaaja -esite

Liite 8 Ariterm 35+ puukattila -esite

Liite 9 Piirustus pumppukiertoinen lämmitysjärjestelmä

Liite 10 Danfoss RA-N -esite

Liite 11 TA STAD kertosäätöventtiili -esite

Liite 12 Ropur K18 absorptiolämpöpumppu -esite

Liite 13 Atlantic Effinox 5000 esite

Liite 14 Lämmitys Kolmeks AE-26/4 SCA 0,08 kW mitoitustulokset

Liite 15 ALP Kolmeks AE-26/4 SCA 0,2 kW mitoitustulokset

Liite 16 KK Kolmeks AE-26/4 SCA 0,08 kW mitoitustulokset

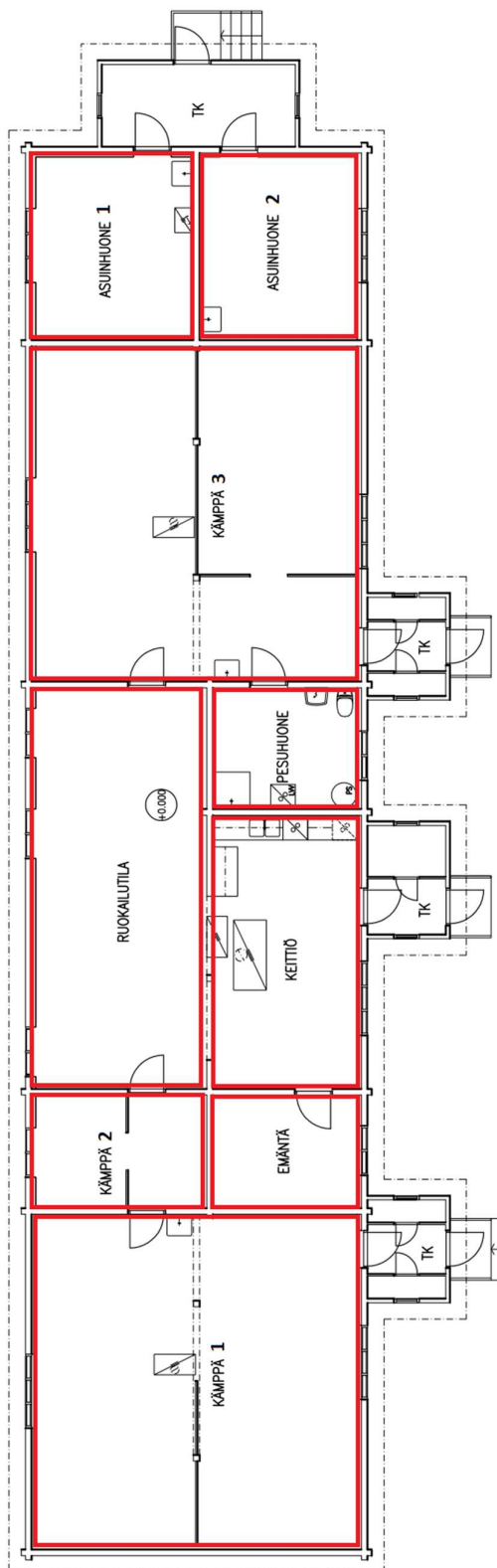
Liite 17 ItuCalc-laskenta Kämpä 1

Liite 18 Oventrop Cocon -esite

Liite 19 TA RADITRIM A -esite

Liite 20 Piirustus kattosäteilijät

Liite 21 Piirustus patterit



Pinta-ala		Rakenteen U-arvo		Mitoituslämpötila		Vävämäiset kylmäsiilat u-arvo		Lämmitystehontarve		Lämmitystehontarve iloiltaan	
[m ²]		[W/m ² K]		[°C]		[W/m ² K]		[W]		[W]	
KÄMPÄ 1	62,8	US	0,45	T _s	21	U _{sisäntila}	0,04	Φ _{sisäntila}	14384	KÄMPÄ 1	5755
KÄMPÄ 2	11,4	UI	2,8	T _{työpöytä}	21	U _{sisäntila}	0,04	Φ _{työpöytä}	6331	KÄMPÄ 2	994
KÄMPÄ 3	63,6	U _{ov}	1,4	T _{s, rakente}	0	U _{sisäntila}	0,04	Φ _{sisäntila}	1625	KÄMPÄ 3	5150
EMÄNTÄ	9,6	YP	0,16	T _s	-38	U _{sisäntila}	0,09	Φ _{sisäntila}	905	EMÄNTÄ	908
RUOKKAILUTILA	40,5	AP _{la}	0,16	T _{maa}	0	U _{sisäntila}	0,05	Φ _{työ}	23246	RUOKKAILUTILA	3512
KEITTIÖ	23,3	AP _{la}	0,16	T _{sp}	0	Ilmavirta [l/s]				KEITTIÖ	2096
PESUHUONE	10,3					Q _{sisäntila IV}		89		PESUHUONE	958
ASUNHUONE 1	17,0					Q _{sisäntila V}		23,0		ASUNHUONE 1	1936
ASUNHUONE 2	17,0									ASUNHUONE 2	1936
Yht.	255,5									Φ _{la}	23246
										Φ _{sisäntila}	25829

TILA	RAKENNE	U-arvo	ψ	P	L	K	A _{sisäntila}	A _{sisäntila}	V	T _s	T _o	Q _{sisäntila IV}	Q _{sisäntila V}	T _{sp}	Φ _{sisäntila}	Φ _{sisäntila}	Φ _{sisäntila}	Φ _{sisäntila}
		W/m ² °C	W/m ² °C	m	m	m	m ²	m ²	m ³	°C	°C	l/s	l/s	°C	W	W	W	W
KÄMPÄ 1	US1	0,45		8,05	2,6		17,04	17,04	21	-38					452			
	US2	0,45		7,8	2,6		20,28	20,28	21	-38					538			
	US3	0,45		8,05	2,6		18,75	18,75	21	-38					498			
	UI1	2,80		1,85	1,18		2,18	2,18	21	-38					361			
	UI2	2,80		1,85	1,18		2,18	2,18	21	-38					361			
	U _{ov}	1,40		0,9	1,9		1,71	1,71	21	-38					141			
	YP	0,16		8,05	7,8		62,8	62,8	21	-38					593			
	AP _{la}	0,16		21,9	1		21,9	21,9	21	-38					207			
	AP _{la}	0,16					40,9	40,9	21	-38					386			3536
	U _{sisäntila}	0,04		5,6					21	-38					13			
	U _{sisäntila}	0,04		12,12					21	-38					29			
	U _{sisäntila}	0,04		23,9					21	-38					56			
	U _{sisäntila}	0,09		23,9					21	-38					127			
	U _{sisäntila}	0,09		5,2					21	-38					15			240
Q _{sisäntila IV}								187,72	21	-38		6,0					422	
Q _{sisäntila V}								62,8	21	-38							1566	
									21	-38		22						5755

TILA	RAKENNE	U-arvo	ψ	P	L	K	A _{sisäntila}	A _{sisäntila}	V	T _s	T _o	Q _{sisäntila IV}	Q _{sisäntila V}	T _{sp}	Φ _{sisäntila}	Φ _{sisäntila}	Φ _{sisäntila}	Φ _{sisäntila}	
		W/m ² °C	W/m ² °C	m	m	m	m ²	m ²	m ³	°C	°C	l/s	l/s	°C	W	W	W	W	
KÄMPÄ 2	US1	0,45		2,75	2,6		5,66	5,66	21	-38					150				
	UI1	2,80		1,26	1,18		1,49	1,49	21	-38					246				
	YP	0,16		2,75	4,15		11,4	11,4	21	-38					108				
	AP _{la}	0,16		2,75	1		2,8	2,8	21	-38					26				
	AP _{la}	0,16					8,7	8,7	21	-38					82			611	
	U _{sisäntila}	0,04		4,88					21	-38					12				
	U _{sisäntila}	0,04		2,75					21	-38					6				
	U _{sisäntila}	0,09		2,75					21	-38					15			33	
	Q _{sisäntila IV}								29,98	21	-38		1,0					67	
	Q _{sisäntila V}								11,4	21	-38		4					283	
										21	-38								994

TILA	RAKENNE	U-arvo	ψ	P	L	K	A _{sisäntila}	A _{sisäntila}	V	T _s	T _o	Q _{sisäntila IV}	Q _{sisäntila V}	T _{sp}	Φ _{sisäntila}	Φ _{sisäntila}	Φ _{sisäntila}	Φ _{sisäntila}
		W/m ² °C	W/m ² °C	m	m	m	m ²	m ²	m ³	°C	°C	l/s	l/s	°C	W	W	W	W
KÄMPÄ 3	US1	0,45		8,15	2,6		19,01	19,01	21	-38					505			
	US2	0,45		8,15	2,6		17,30	17,30	21	-38					459			
	UI1	2,80		1,85	1,18		2,18	2,18	21	-38					361			
	UI2	2,80		1,85	1,18		2,18	2,18	21	-38					361			
	U _{ov}	1,40		0,9	1,9		1,71	1,71	21	-38					141			
	YP	0,16		8,15	7,8		63,6	63,6	21	-38					600			
	AP _{la}	0,16		16,3	1		16,3	16,3	21	-38					154			
	AP _{la}	0,16					47,3	47,3	21	-38					446			3027
	U _{sisäntila}	0,04		5,6					21	-38					13			
	U _{sisäntila}	0,04		12,12					21	-38					29			
	U _{sisäntila}	0,04		16,3					21	-38					38			
	U _{sisäntila}	0,09		16,3					21	-38					87			167
	Q _{sisäntila IV}								169,52	21	-38		5,4					381
	Q _{sisäntila V}								63,6	21	-38		22					1575
									21	-38								5150

TILA	RAKENNE	U-arvo	ψ	P	L	K	A _{sisäntila}	A _{sisäntila}	V	T _s	T _o	Q _{sisäntila IV}	Q _{sisäntila V}	T _{sp}	Φ _{sisäntila}	Φ _{sisäntila}	Φ _{sisäntila}	Φ _{sisäntila}	
		W/m ² °C	W/m ² °C	m	m	m	m ²	m ²	m ³	°C	°C	l/s	l/s	°C	W	W	W	W	
EMÄNTÄ	US1	0,45		2,75	2,6		5,66	5,66	21	-38					150				
	UI1	2,80		1,26	1,18		1,49	1,49	21	-38					246				
	YP	0,16		2,75	3,5		9,6	9,6	21	-38					91				
	AP _{la}	0,16		2,75	1		2,8	2,8	21	-38					26				
	AP _{la}	0,16					6,9	6,9	21	-38					65			578	
	U _{sisäntila}	0,04		4,88					21	-38					12				
	U _{sisäntila}	0,04		2,75					21	-38					6				
	U _{sisäntila}	0,09		2,75					21	-38					15			33	
	Q _{sisäntila IV}								26,40	21	-38		0,8					59	
	Q _{sisäntila V}								9,6	21	-38		3					239	
										21	-38								908

TILA	RAKENNE	U-arvo	ψ	P	L	K	A _{sisäntila}	A _{sisäntila}	V	T _s	T _o	Q _{sisäntila IV}	Q _{sisäntila V}	T _{sp}	Φ _{sisäntila}	Φ _{sisäntila}	Φ _{sisäntila}	Φ _{sisäntila}
		W/m ² °C	W/m ² °C	m	m	m	m ²	m ²	m ³	°C	°C	l/s	l/s	°C	W	W	W	W
RUOKKAILUTILA	US1	0,45		9,75	2,6		19,23	19,23	21	-38					511			
	UI1	2,80		1,26	1,18		1,49	1,49	21	-38					246			
	UI2	2,80		1,26	1,18		1,49	1,49	21	-38					246			
	U _{ov}	1,40		0,85	1,95		1,56	1,56	21	-38					137			
	YP	0,16		9,75	4,15		40,5	40,5	21	-38					382			
	AP _{la}	0,16		9,75	1		9,8	9,8	21	-38					92			
	AP _{la}	0,16					30,7	30,7	21	-38					290			2148
	U _{sisäntila}	0,04		5,6					21	-38					13			
	U _{sisäntila}	0,04		14,64					21	-38					35			
	U _{sisäntila}	0,04		9,75					21	-38					23			
	U _{sisäntila}	0,09		9,75					21	-38					52			123
	Q _{sisäntila IV}								106,28	21								

Thermofluid MEG

Monoetyleeniglykollipohjainen pakkasnestekilinteistöjen lämmönsiirtojärjestelmiin

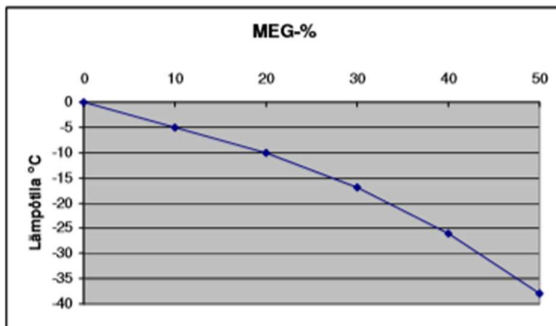
■ **Thermofluid MEG** suojaa tehokkaasti korroosiolta yleisimmät rakenne- ja juotomateriaalit mm. teräkset, kupariseokset, valuraudan ja alumiinin sekä soveltuu kaikille yleisesti käytetyille tiivistemateriaaleille. Epäselvissä tapauksissa pyydämme kääntymään toimittajan teknisen neuvonnan puoleen.

■ **Thermofluid MEG** on pitkäikäinen: pakkasnesteen korroosiosuojauksen taso voidaan analysoida ja tarvittaessa lisätä korroosiosuoja-aine erikseen ilman koko nesteen vaihtoa.

■ Täydellisen korroosiosuojan saavuttamiseksi vaaditaan vähintään 20 % liuos. **Thermofluid MEG** -pakkasnesteeellä päästään lähes -50 °C pakkaskestoon (60 % liuos). Koska lämmönsiirtokyky heikkenee oleellisesti liuosta väkevöittäessä, pyritään erityisesti lämmön talteenottojärjestelmissä suunnitteluarvojen mukaiseen liuosväkevyyteen.

■ Likaisissa järjestelmissä korroosiotuotteet lisäävät järjestelmän sisäpuolista pinta-alaa, jolloin alhaisissa pakkasnestepitoisuuksissa ei välttämättä saavuteta riittävää korroosiosuojauksia. Näissä tapauksissa suosittelemme verkoston puhdistusta tai suojaustason varmistusta.

PAKKASKESTÄVYYSTAULUKKO



TEKNISET TIEDOT

- pH 9
- liheys 1,11 - 1,12
- väritön neste

THERMOFLUID MEG SISÄLTÄÄ:

- monoetyleeniglykolia >93%
- korroosionestoaineita
- polyelektrolyyttejä

Varastointiaika 12 kk

Analysointi:

Korroosiosuojauksen taso mitataan valmistajan laboratoriossa tai kenttämittauksin.

Seuranta:

Nesteen kunto mitataan suunnitelman mukaisin aikavälein.

Pakkauskoori:
25 ja 210 kg

16.1.2006

Tm	80	Tp	40	ΔT	40	p ₈₀	1005,7	30% vesi-glykoli
C _{p,80}	3,8474	v ₆₀	8,58E-07	ε	0,00001	p ₄₀	1030,7	
C _{p,40}	3,7387					p ₆₀	1019	
C _{p,60}	3,7931							

PATTERI 9	h	1,3	m	p ₉	609	Pa	R _{OHJE}	3,4	Pa	Varataan hankaukseen 50% kiertopaineesta
	h ₉	1,7	m							
	l ₉	41	m							
	l	89	m							

n:o	∅	DN	L	Σζ	q _v	d _e	v	R	P _d	R · L	Z	ΔP	ΣΔP	Re	λ
	[W]	[mm]	[m]		[dm ³ /s]	[mm]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[-]	[-]
1	24234	50	6	11	0,157	51,0	0,0767	2,3	3,0	13,8	33,0	47	47	4563	0,039
2	15316	40	4	6	0,099	39,0	0,0829	3,7	3,5	15,0	21,0	36	83	3771	0,042
3	13185	40	23	14,5	0,085	39,0	0,0714	2,9	2,6	66,8	37,7	104	187	3246	0,044
4	11049	40	14	3,5	0,071	39,0	0,0598	2,2	1,8	30,3	6,4	37	224	2721	0,046
5	8999	32	7	7	0,058	32,0	0,0724	3,9	2,7	27,1	18,7	46	270	2700	0,046
6	7942	32	4	2,5	0,051	32,0	0,0639	3,1	2,1	12,6	5,2	18	287	2383	0,048
7	6965	32	12	6,5	0,045	32,0	0,0560	1,5	1,6	18,4	10,4	29	316	2090	0,031
8	4850	32	7	3,5	0,031	32,0	0,0390	1,1	0,8	7,5	2,7	10	326	1455	0,044
9	3925	25	3	4	0,025	25,0	0,0517	2,3	1,4	6,9	5,5	12	339	1508	0,042
10	2350	20	9	16,5	0,015	19,0	0,0536	4,2	1,5	37,4	24,2	62	400	1188	0,054

400 Pa

Patteriventtiili	Danfoss RA-G, DN 20 + RA 2000	P-alue	1,10	K	209	Pa
		k _v	1,20		0,0021	bar

PATTERI 8	h	1,3	m	p ₈	589	Pa	R _{OHJE}	3,5	Pa	Varataan hankaukseen 50% kiertopaineesta
	h ₈	1,7	m							
	l ₈	38	m							
	l	84	m							

n:o	∅	DN	L	Σζ	q _v	d _e	v	R	P _d	R · L	Z	ΔP	ΣΔP	Re	λ
	[W]	[mm]	[m]		[dm ³ /s]	[mm]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[-]	[-]
1	24234	50	6	11	0,157	51,0	0,0767	2,3	3,0	13,8	33,0	47	47	4563	0,039
2	15316	40	4	6	0,099	39,0	0,0829	3,7	3,5	15,0	21,0	36	83	3771	0,042
3	13185	40	23	14,5	0,085	39,0	0,0714	2,9	2,6	66,8	37,7	104	187	3246	0,044
4	11049	40	14	3,5	0,071	39,0	0,0598	2,2	1,8	30,3	6,4	37	224	2721	0,046
5	8999	32	7	7	0,058	32,0	0,0724	3,9	2,7	27,1	18,7	46	270	2700	0,046
6	7942	32	4	2,5	0,051	32,0	0,0639	3,1	2,1	12,6	5,2	18	287	2383	0,048
7	6965	32	12	6,5	0,045	32,0	0,0560	1,5	1,6	18,4	10,4	29	316	2090	0,031
8	4850	32	7	3,5	0,031	32,0	0,0390	1,1	0,8	7,5	2,7	10	326	1455	0,044
9	3925	25	3	4	0,025	25,0	0,0517	2,3	1,4	6,9	5,5	12	339	1508	0,042
11	1575	15	4	13	0,010	15,6	0,0533	6,1	1,4	24,5	18,8	43	382	970	0,066

382 Pa

Patteriventtiili	Danfoss RA-G, DN 15 + RA 2000	P-alue	0,85	K	207	Pa
		k _v	0,81		0,0021	bar

PATTERI 7	h	1,3	m	p ₇	568	Pa	R _{OHJE}	3,6	Pa	Varataan hankaukseen 50% kiertopaineesta
	h ₇	1,7	m							
	l ₇	35	m							
	l	79	m							

n:o	∅	DN	L	Σζ	q _v	d _e	v	R	P _d	R · L	Z	ΔP	ΣΔP	Re	λ
	[W]	[mm]	[m]		[dm ³ /s]	[mm]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[-]	[-]
1	24234	50	6	11	0,157	51,0	0,0767	2,3	3,0	13,8	33,0	47	47	4563	0,039
2	15316	40	4	6	0,099	39,0	0,0829	3,7	3,5	15,0	21,0	36	83	3771	0,042
3	13185	40	23	14,5	0,085	39,0	0,0714	2,9	2,6	66,8	37,7	104	187	3246	0,044
4	11049	40	14	3,5	0,071	39,0	0,0598	2,2	1,8	30,3	6,4	37	224	2721	0,046
5	8999	32	7	7	0,058	32,0	0,0724	3,9	2,7	27,1	18,7	46	270	2700	0,046
6	7942	32	4	2,5	0,051	32,0	0,0639	3,1	2,1	12,6	5,2	18	287	2383	0,048
7	6965	32	12	6,5	0,045	32,0	0,0560	1,5	1,6	18,4	10,4	29	316	2090	0,031
8	4850	32	7	3,5	0,031	32,0	0,0390	1,1	0,8	7,5	2,7	10	326	1455	0,044
12	925	12	2	12	0,006	12,6	0,0480	8,5	1,2	16,9	14,1	31	357	705	0,091

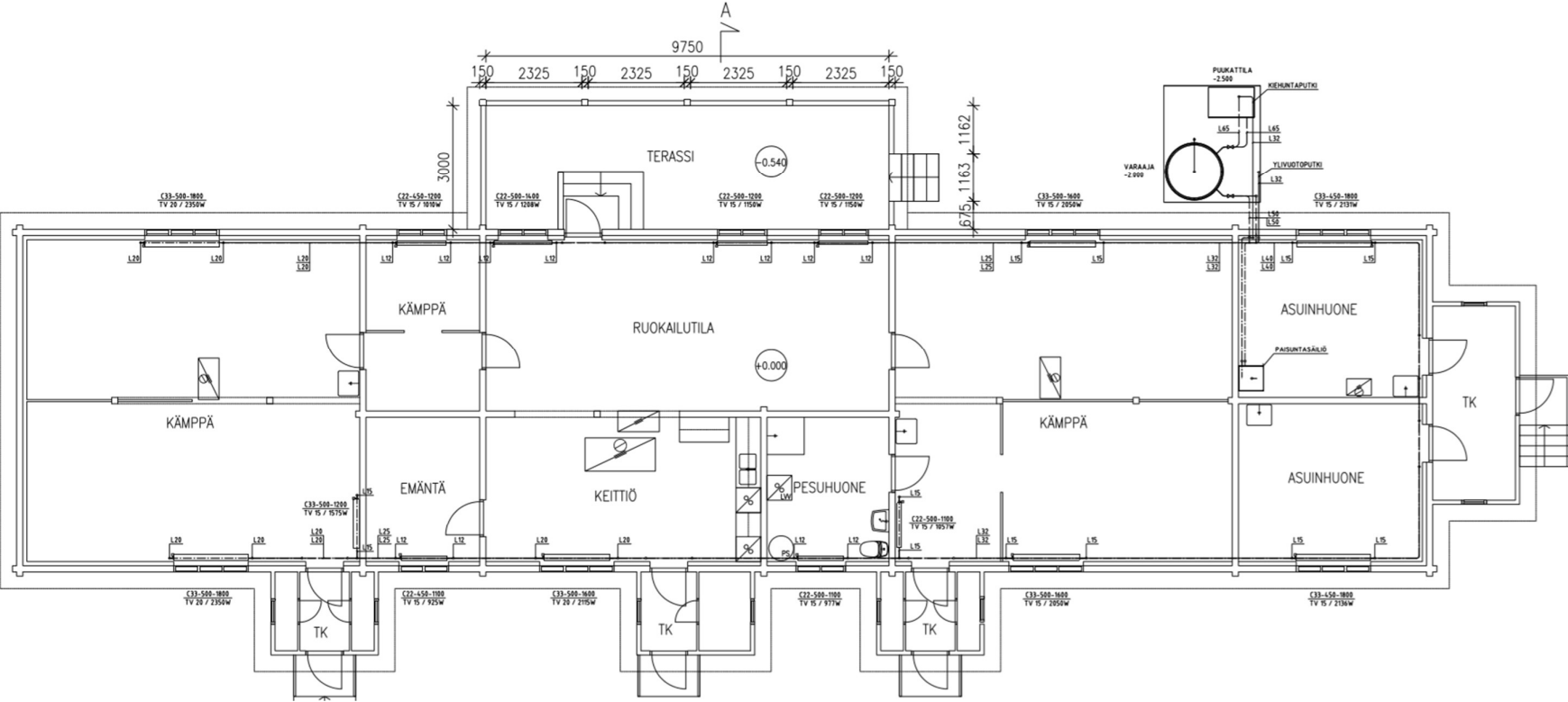
357 Pa

Patteriventtiili	Danfoss RA-G, DN 15 + RA 2000	P-alue	0,5	K	211	Pa
		k _v	0,47		0,0021	bar

PATTERI 6	h	1,3	m	p_6	548	Pa	R_{OHJE}	3,8	Pa	Varataan hankaukseen 50% kiertopaineesta					
	h_6	1,7	m												
	l_6	32	m												
	l	72	m												
n:o	\varnothing	DN	L	$\Sigma\zeta$	q_v	d_s	v	R	P_d	R · L	Z	ΔP	$\Sigma\Delta P$	Re	λ
	[W]	[mm]	[m]		[dm ³ /s]	[mm]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	Pa	[Pa]	[-]	[-]
1	24234	50	6	11	0,157	51,0	0,0767	2,3	3,0	13,8	33,0	47	47	4563	0,039
2	15316	40	4	6	0,099	39,0	0,0829	3,7	3,5	15,0	21,0	36	83	3771	0,042
3	13185	40	23	14,5	0,085	39,0	0,0714	2,9	2,6	66,8	37,7	104	187	3246	0,044
4	11049	40	14	3,5	0,071	39,0	0,0598	2,2	1,8	30,3	6,4	37	224	2721	0,046
5	8999	32	7	7	0,058	32,0	0,0724	3,9	2,7	27,1	18,7	46	270	2700	0,046
6	7942	32	4	2,5	0,051	32,0	0,0639	3,1	2,1	12,6	5,2	18	287	2383	0,048
7	6965	32	12	6,5	0,045	32,0	0,0560	1,5	1,6	18,4	10,4	29	316	2090	0,031
13	2115	20	2	12	0,014	19,0	0,0482	3,7	1,2	7,5	14,2	22	338	1069	0,060
													338		Pa
Patteriventtili	Danfoss RA-G, DN 20 + RA 2000				P-alue	1,00	K						210		Pa
					k_v	1,07							0,0021		bar
PATTERI 5	h	1,3	m	p_5	507	Pa	R_{OHJE}	4,2	Pa	Varataan hankaukseen 50% kiertopaineesta					
	h_5	1,7	m												
	l_5	26	m												
	l	60	m												
n:o	\varnothing	DN	L	$\Sigma\zeta$	q_v	d_s	v	R	P_d	R · L	Z	ΔP	$\Sigma\Delta P$	Re	λ
	[W]	[mm]	[m]		[dm ³ /s]	[mm]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	Pa	[Pa]	[-]	[-]
1	24234	50	6	11	0,157	51,0	0,0767	2,3	3,0	13,8	33,0	47	47	4563	0,039
2	15316	40	4	6	0,099	39,0	0,0829	3,7	3,5	15,0	21,0	36	83	3771	0,042
3	13185	40	23	14,5	0,085	39,0	0,0714	2,9	2,6	66,8	37,7	104	187	3246	0,044
4	11049	40	14	3,5	0,071	39,0	0,0598	2,2	1,8	30,3	6,4	37	224	2721	0,046
5	8999	32	7	7	0,058	32,0	0,0724	3,9	2,7	27,1	18,7	46	270	2700	0,046
6	7942	32	4	2,5	0,051	32,0	0,0639	3,1	2,1	12,6	5,2	18	287	2383	0,048
14	977	12	2	12	0,006	12,6	0,0507	8,9	1,3	17,9	15,7	34	321	745	0,086
													321		Pa
Patteriventtili	Danfoss RA-G, DN 15 + RA 2000				P-alue	0,50	K						186		Pa
					k_v	0,53							0,0019		bar
PATTERI 4	h	1,3	m	p_4	500	Pa	R_{OHJE}	4,3	Pa	Varataan hankaukseen 50% kiertopaineesta					
	h_4	1,7	m												
	l_4	25	m												
	l	58	m												
n:o	\varnothing	DN	L	$\Sigma\zeta$	q_v	d_s	v	R	P_d	R · L	Z	ΔP	$\Sigma\Delta P$	Re	λ
	[W]	[mm]	[m]		[dm ³ /s]	[mm]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	Pa	[Pa]	[-]	[-]
1	24234	50	6	11	0,157	51,0	0,0767	2,3	3,0	13,8	33,0	47	47	4563	0,039
2	15316	40	4	6	0,099	39,0	0,0829	3,7	3,5	15,0	21,0	36	83	3771	0,042
3	13185	40	23	14,5	0,085	39,0	0,0714	2,9	2,6	66,8	37,7	104	187	3246	0,044
4	11049	40	14	3,5	0,071	39,0	0,0598	2,2	1,8	30,3	6,4	37	224	2721	0,046
5	8999	32	7	7	0,058	32,0	0,0724	3,9	2,7	27,1	18,7	46	270	2700	0,046
15	1057	15	4	13	0,007	15,6	0,0358	4,1	0,7	16,4	8,5	25	295	651	0,098
													295		Pa
Patteriventtili	Danfoss RA-G, DN 15 + RA 2000				P-alue	0,55	K						206		Pa
					k_v	0,54							0,0021		bar
PATTERI 3	h	1,3	m	p_3	480	Pa	R_{OHJE}	4,9	Pa	Varataan hankaukseen 50% kiertopaineesta					
	h_3	1,7	m												
	l_3	22	m												
	l	49	m												
n:o	\varnothing	DN	L	$\Sigma\zeta$	q_v	d_s	v	R	P_d	R · L	Z	ΔP	$\Sigma\Delta P$	Re	λ
	[W]	[mm]	[m]		[dm ³ /s]	[mm]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	Pa	[Pa]	[-]	[-]
1	24234	50	6	11	0,157	51,0	0,0767	2,3	3,0	13,8	33,0	47	47	4563	0,039
2	15316	40	4	6	0,099	39,0	0,0829	3,7	3,5	15,0	21,0	36	83	3771	0,042
3	13185	40	23	14,5	0,085	39,0	0,0714	2,9	2,6	66,8	37,7	104	187	3246	0,044
4	11049	40	14	3,5	0,071	39,0	0,0598	2,2	1,8	30,3	6,4	37	224	2721	0,046
16	2050	15	2	12	0,013	15,6	0,0694	8,0	2,5	15,9	29,4	45	269	1262	0,051
													269		Pa
Patteriventtili	Danfoss RA-G, DN 15 + RA 2000				P-alue	1,10	K						211		Pa
					k_v	1,04							0,0021		bar

PATTERI 2	h	1,3	m	p_2	432	Pa	R_{OHE}	6,2	Pa	Varataan hankaukseen 50% kiertopaineesta					
	h_2	1,7	m												
	l_2	15	m												
	l	35	m												
n:o	\emptyset	DN	L	$\Sigma \zeta$	q_v	d_s	v	R	P_d	R · L	Z	ΔP	$\Sigma \Delta P$	Re	λ
	[W]	[mm]	[m]		[dm ³ /s]	[mm]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	Pa	[Pa]	[-]	[-]
1	24234	50	6	11	0,157	51,0	0,0767	2,3	3,0	13,8	33,0	47	47	4563	0,039
2	15316	40	4	6	0,099	39,0	0,0829	3,7	3,5	15,0	21,0	36	83	3771	0,042
3	13185	40	23	14,5	0,085	39,0	0,0714	2,9	2,6	66,8	37,7	104	187	3246	0,044
17	2136	15	2	12	0,014	15,6	0,0723	8,3	2,7	16,6	31,9	49	236	1315	0,049
													236	Pa	
Patteriventtiili	Danfoss RA-G, DN 15 + RA 2000			P-alue	1,20	K							197	Pa	
				k_v	1,12								0,0020	bar	
PATTERI 1	h	1,3	m	p_1	351	Pa	R_{OHE}	14,6	Pa	Varataan hankaukseen 50% kiertopaineesta					
	h_1	1,7	m												
	l_1	3	m												
	l	12	m												
n:o	\emptyset	DN	L	$\Sigma \zeta$	q_v	d_s	v	R	P_d	R · L	Z	ΔP	$\Sigma \Delta P$	Re	λ
	[W]	[mm]	[m]		[dm ³ /s]	[mm]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	Pa	[Pa]	[-]	[-]
1	24234	50	6	11	0,157	51,0	0,0767	2,3	3,0	13,8	33,0	47	47	4563	0,039
2	15316	40	4	6	0,099	39,0	0,0829	3,7	3,5	15,0	21,0	36	83	3771	0,042
18	2131	15	2	12	0,014	15,6	0,0721	8,3	2,6	16,6	31,8	48	131	1312	0,049
													131	Pa	
Patteriventtiili	Danfoss RA-G, DN 15 + RA 2000			P-alue	1,15	K							220	Pa	
				k_v	1,06								0,0022	bar	
PATTERI 10	h	1,3	m	p_{10}	514	Pa	R_{OHE}	4,2	Pa	Varataan hankaukseen 50% kiertopaineesta					
	h_{10}	1,7	m												
	l_{10}	27	m												
	l	61	m												
n:o	\emptyset	DN	L	$\Sigma \zeta$	q_v	d_s	v	R	P_d	R · L	Z	ΔP	$\Sigma \Delta P$	Re	λ
	[W]	[mm]	[m]		[dm ³ /s]	[mm]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	Pa	[Pa]	[-]	[-]
1	24234	50	6	11	0,157	51,0	0,0767	2,3	3,0	13,8	33,0	47	47	4563	0,039
19	8918	32	9	6	0,058	32,0	0,0717	3,8	2,6	34,3	15,7	50	97	2676	0,047
20	6868	25	11	3,5	0,044	25,0	0,0905	7,8	4,2	86,0	14,6	101	197	2638	0,047
21	5718	25	5	3	0,037	25,0	0,0753	3,4	2,9	16,9	8,7	26	223	2196	0,029
22	4568	25	11	6,5	0,030	25,0	0,0602	2,7	1,8	29,6	12,0	42	265	1755	0,036
23	3360	25	5	3,5	0,022	25,0	0,0443	2,0	1,0	9,9	3,5	13	278	1291	0,050
24	2350	20	14	12,5	0,015	19,0	0,0536	4,2	1,5	58,1	18,3	76	354	1188	0,054
													354	Pa	
Patteriventtiili	Danfoss RA-G, DN 20 + RA 2000			P-alue	1,30	K							160	Pa	
				k_v	1,37								0,0016	bar	
PATTERI 11	h	1,3	m	p_{11}	473	Pa	R_{OHE}	4,8	Pa	Varataan hankaukseen 50% kiertopaineesta					
	h_{11}	1,7	m												
	l_{11}	21	m												
	l	49	m												
n:o	\emptyset	DN	L	$\Sigma \zeta$	q_v	d_s	v	R	P_d	R · L	Z	ΔP	$\Sigma \Delta P$	Re	λ
	[W]	[mm]	[m]		[dm ³ /s]	[mm]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	Pa	[Pa]	[-]	[-]
1	24234	50	6	11	0,157	51,0	0,0767	2,3	3,0	13,8	33,0	47	47	4563	0,039
19	8918	32	9	6	0,058	32,0	0,0717	3,8	2,6	34,3	15,7	50	97	2676	0,047
20	6868	25	11	3,5	0,044	25,0	0,0905	7,8	4,2	86,0	14,6	101	197	2638	0,047
21	5718	25	5	3	0,037	25,0	0,0753	3,4	2,9	16,9	8,7	26	223	2196	0,029
22	4568	25	11	6,5	0,030	25,0	0,0602	2,7	1,8	29,6	12,0	42	265	1755	0,036
23	3360	25	5	3,5	0,022	25,0	0,0443	2,0	1,0	9,9	3,5	13	278	1291	0,050
25	1010	12	2	12	0,007	12,6	0,0524	9,2	1,4	18,5	16,8	35	313	770	0,083
													313	Pa	
Patteriventtiili	Danfoss RA-G, DN 15 + RA 2000			P-alue	0,60	K							160	Pa	
				k_v	0,59								0,0016	bar	

PATTERI 12	h	1,3	m	P_{12}	460	Pa	R_{OHJE}	5,2	Pa	Varataan hankaukseen 50% kiertopaineesta					
	h_{12}	1,7	m												
	l_{12}	19	m												
	l	44	m												
n:o	\varnothing	DN	L	$\Sigma \zeta$	q_v	d_e	v	R	P_d	R · L	Z	ΔP	$\Sigma \Delta P$	Re	λ
	[W]	[mm]	[m]		[dm ³ /s]	[mm]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	Pa	[Pa]	[-]	[-]
1	24200	50	6	11	0,157	51,0	0,0766	2,3	3,0	13,8	32,9	47	47	4557	0,039
19	8918	32	9	6	0,058	32,0	0,0717	3,8	2,6	34,3	15,7	50	97	2676	0,047
20	6868	25	11	3,5	0,044	25,0	0,0905	7,8	4,2	86,0	14,6	101	197	2638	0,047
21	5718	25	5	3	0,037	25,0	0,0753	3,4	2,9	16,9	8,7	26	223	2196	0,029
22	4568	25	11	6,5	0,030	25,0	0,0602	2,7	1,8	29,6	12,0	42	264	1755	0,036
26	1208	12	2	12	0,008	12,6	0,0627	11,0	2,0	22,1	24,0	46	311	921	0,070
													311	Pa	
Patteriventtiili	Danfoss RA-G, DN 15 + RA 2000			P-alue	0,80	K							149	Pa	
				k_v	0,73								0,0015	bar	
PATTERI 13	h	1,3	m	P_{13}	426	Pa	R_{OHJE}	6,4	Pa	Varataan hankaukseen 50% kiertopaineesta					
	h_{13}	1,7	m												
	l_{13}	14	m												
	l	33	m												
n:o	\varnothing	DN	L	$\Sigma \zeta$	q_v	d_e	v	R	P_d	R · L	Z	ΔP	$\Sigma \Delta P$	Re	λ
	[W]	[mm]	[m]		[dm ³ /s]	[mm]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	Pa	[Pa]	[-]	[-]
1	24200	50	6	11	0,157	51,0	0,0766	2,3	3,0	13,8	32,9	47	47	4557	0,039
19	8918	32	9	6	0,058	32,0	0,0717	3,8	2,6	34,3	15,7	50	97	2676	0,047
20	6868	25	11	2,5	0,044	25,0	0,0905	7,8	4,2	86,0	10,4	96	193	2638	0,047
21	5718	25	5	3,5	0,037	25,0	0,0753	3,4	2,9	16,9	10,1	27	220	2196	0,029
27	1150	12	2	12	0,007	12,6	0,0597	10,5	1,8	21,0	21,8	43	263	876	0,073
													263	Pa	
Patteriventtiili	Danfoss RA-G, DN 15 + RA 2000			P-alue	0,7	K							163	Pa	
				k_v	0,66								0,0016	bar	
PATTERI 14	h	1,3	m	P_{14}	405	Pa	R_{OHJE}	7,2	Pa	Varataan hankaukseen 50% kiertopaineesta					
	h_{14}	1,7	m												
	l_{14}	11	m												
	l	28	m												
n:o	\varnothing	DN	L	$\Sigma \zeta$	q_v	d_e	v	R	P_d	R · L	Z	ΔP	$\Sigma \Delta P$	Re	λ
	[W]	[mm]	[m]		[dm ³ /s]	[mm]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	Pa	[Pa]	[-]	[-]
1	24200	50	6	11	0,157	51,0	0,0766	2,3	3,0	13,8	32,9	47	47	4557	0,039
19	8918	32	9	6	0,058	32,0	0,0717	3,8	2,6	34,3	15,7	50	97	2676	0,047
20	6868	25	11	2,5	0,044	25,0	0,0905	7,8	4,2	86,0	10,4	96	193	2638	0,047
28	1150	12	2	12	0,007	12,6	0,0597	10,5	1,8	21,0	21,8	43	236	876	0,073
													236	Pa	
Patteriventtiili	Danfoss RA-G, DN 15 + RA 2000			P-alue	0,7	K							169	Pa	
				k_v	0,65								0,0017	bar	
PATTERI 15	h	1,3	m	P_{15}	371	Pa	R_{OHJE}	10,9	Pa	Varataan hankaukseen 50% kiertopaineesta					
	h_{15}	1,7	m												
	l_{15}	6	m												
	l	17	m												
n:o	\varnothing	DN	L	$\Sigma \zeta$	q_v	d_e	v	R	P_d	R · L	Z	ΔP	$\Sigma \Delta P$	Re	λ
	[W]	[mm]	[m]		[dm ³ /s]	[mm]	[m/s]	[Pa/m]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	Pa	[Pa]	[-]	[-]
1	24200	50	6	11	0,157	51,0	0,0766	2,3	3,0	13,8	32,9	47	47	4557	0,039
19	8918	32	9	6	0,058	32,0	0,0717	3,8	2,6	34,3	15,7	50	97	2676	0,047
29	2050	15	2	12	0,013	15,6	0,0694	8,0	2,5	15,9	29,4	45	142	1262	0,051
													142	Pa	
Patteriventtiili	Danfoss RA-G, DN 15 + RA 2000			P-alue	0,9	K							229	Pa	
				k_v	1,00								0,0023	bar	





Tekninen esite

Vapaakiertoventtiilin runko, malli RA-G

Sovellus



RA-G-vapaakiertoventtiilejä käytetään pääasiassa yksiputkijärjestelmissä.

Kaikkia RA-G-venttiilejä voidaan käyttää kaikkien RA-sarjan termostaattiantureiden kanssa.

RA-G-venttiileissä on harmaa suojatulppa. Sitä ei saa käyttää laitteen manuaaliseen sulkemiseen. Saatavilla on erillinen sulkulaite (koodi 013G3300).

Läpiviennin tiivisteeseen painetappi on valmistettu kromiteräksestä, ja se sijaitsee voidellussa O-renkaassa. Venttiilin tiivistepakkaus voidaan vaihtaa tyhjentämättä järjestelmää.

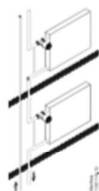
Höyrystymisen ja korroosion estämiseksi kytkennän täytyy olla VDI 2035 -säännösten mukainen. Emme suosittele käyttämään mineraaliöljyä sisältäviä nesteitä.

Hyväksyty standardin EN 215 mukaisesti



Kaikki Danfossin RA-G-vapaakiertoventtiilit valmistetaan tiukimpien vaatimusten mukaisesti, ja ne on hyväksyty eurooppalaisen standardin EN 215 mukaisesti.

Järjestelmät



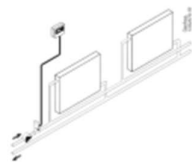
Yksiputkijärjestelmä, virtaus ylhäältä



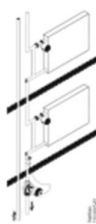
Yksiputkijärjestelmä, virtaus alhaalta



Tekninen esite Vapaakiertoventtiilin runko, malli RA-G



Vyöhykesaadon ohjaus. TWA-toimilaite huonetermostaatin/ohjelmointiyksikön kanssa



Danfoss kunnostus käytettäessä AB-QM sekä AB-QT

Tilaaminen ja tekniset tiedot

Malli	Tilausnumero	Rakennus	Kytkenä ISO 7-1		k_v -arvot [m ³ /h] P-alue [kPa] ^{1,2)}					Maksimipaine			Maksimivirtauslämpötila
			Tuulo	Lähtö	0.5	1.0	1.5	2.0	k_{vs}	Käyttöbar	Ero ³⁾ bar	Testi bar	
					0.5	1.0	1.5	2.0	4.30				
RA-G 15	013G1676	Kulma	R_p	$R_{1/2}$	0.54	1.07	1.61	2.06	4.30	16	0.20	25	120
	013G1675	Suora	$R_{1/2}$		0.51	0.94	1.35	1.63	2.30				
RA-G 20	013G1678	Kulma	R_p	$R_{3/4}$	0.57	1.11	1.16	2.20	5.01	16	0.16	25	120
	013G1677	Suora	$R_{3/4}$		0.54	1.07	1.61	2.06	3.81				
RA-G 25	013G1680	Kulma	R_p	R_1	0.59	1.27	1.77	2.41	5.50	16	0.16	25	120
	013G1679	Suora	R_1		0.57	1.16	1.71	2.27	4.58				

¹⁾ k_v -arvo osoittaa virtauksen (Q) metreina³/h paine-erolla 1 bar (Δp) venttiilin yli. $k_v = Q \sqrt{\Delta p}$. k_{vs} -arvot osoittavat maksimivirtauksen (Q) eli venttiili täysin auki.

²⁾ Jos RAW/RAS-C/RAS-C2/RAS-D/RAS-D/RAX/RAE -anturi tai irtoanturi on käytössä, P-aluetta laajennetaan kertoimella 1.6.

³⁾ Käyttöpaine = staattinen + eropaine. Määritelty maksimipaine-ero on se maksimipaine, jolla venttiilit säilyvät tyydyttävästi. Kuten kaikki painetta alentavat laitteet, myös tämä järjestelmä saattaa aiheuttaa melua tietyissä virtaus-/paineolosuhteissa. Hiljaisen toiminnan varmistamiseksi suurin sallittu paine-ero on 30 - 35 kPa. Paine-eroa voidaan vähentää Danfossin eropainesäätimillä.

Tarvikkeet

Tuote	Yksiköt	Tilausnumero
Tiiviste	10 kpl	013G0290

O-rengastiiviste voidaan vaihtaa käytön aikana.

Tuote	Koko	Tilausnumero
RTD-CB-virtausrajoitin	DN 15	013L1925
RTD-CB-virtausrajoitin	DN 20	013L1926
RTD-CB-virtausrajoitin	DN 25	013L1927
RTD-BR ohituksen rajoitin	DN 15/10	013L1915
RTD-BR ohituksen rajoitin	DN 20/15	013L1916

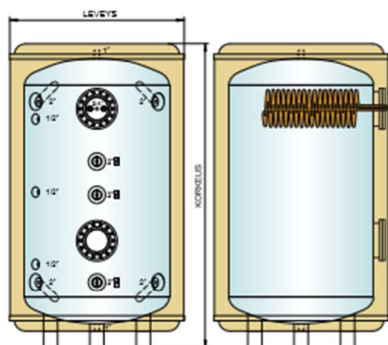
AKVA EK

AKVA EK lämminvesivaraaja on saatavissa tilavuuksissa 300 - 10 000 litraa. Paineluokka 3 bar. Eristeenä 100 mm saumaton polyuretaani sekä verhoauspelti. Eristys saata- vissa myös irrotettavilla sivuloikoilla.

Ylemmässä käsiliukussa on normaalisti vakiona LK 5 kierukka käyttöveden lämmitykseen. Alaosaan voidaan asentaa käyttöveden esilämmityskierukka, aurinkokierukka tai muu latauskierukka. Varaajassa on 2" yhteen sähkövastuksille sekä oikean lämpöerrostu- man varmistavat ohjausputket. Asennuksen helpottami- seksi yhteen tuotu lähelle varaajan pintaa. Varaajia voi lyhentää tai korottaa ja varustaa tasauslevyillä, sähkövastuksilla, muhviyhteillä, laippayhteillä, erilaisil- la luukuilla tai kierukoilla - kysy lisää myynnistämme!

Tekniset tiedot

Optimaalinen käytettäväksi esim. öljy-, puu- tai pelletti- kattilan rinnalla. Soveltuu myös lämpöpumpun puskuri- varaajaksi. Varaaja voidaan varustaa sähkövastuksilla, jotka tuottavat lämpöä jos ulkoinen lämmönlähde menee pois päältä tai rikkoutuu.



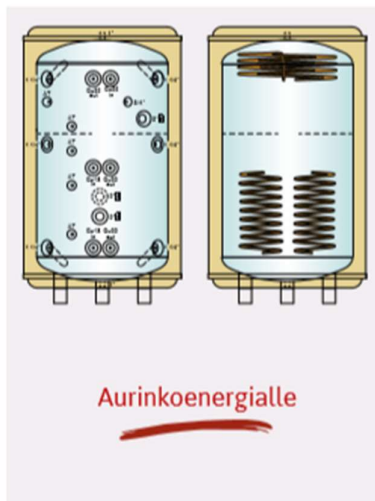
Yhteet	Kpl	Koko	Lisätieto
Verkosto-/kattilayhde	4	2"	Yli 200-litraisissa tyypillisesti 2"
Lämpömittari/ termostaatti	3	1/2"	
Sähkövastusyhde	3	2"	
Käyttövesikierukan yhteen	2	3/4"	Varaajan yläosassa. Alaluukkuun usein toinen kierukka joko käyttöveden esilämmitykseen tai aurinkoenergialle.
Tyhjennysyhde	1	1"	
Ilmausyhde	1	1"	

Tyypillisesti AKVA EK varustetaan LK 5 kierukalla, joka on varaajan ylemmässä käsiliukussa. Vaihtoehtoina on runsas valikoima eri kokoisia kierukoita, joita voi hyödyntää käyttöveden lämmittämiseen tai lämpöenergian syöttämiseksi varaajaan. Muckattavissa: sähkövastukset, kierukat, tuplakierukat, välilevyt, erikoisyhteen ym.

Nimike	Leveys [mm]	Korkeus [mm]	Paino [kg]	Tilavuus [l]	PN [bar]	Eristys [mm]	Seisonta- häviö [W]	Energia- luokka	LVI-nro
AKVA EK 300*	710	2000/2060**	140	284,0	3	100	66,0	B	5235100
AKVA EK 500*	800	2000/2060**	170	450,0	3	100	74,0	B	5235054
AKVA EK 750*	950	2080/2140**	210	749,2	3	100	94,0	B	5235056
AKVA EK 1000*	1050	2100/2210**	240	958,4	3	100	106,0	B	5235058
AKVA EK 1500*	1250	2130/2240**	300	1486,4	3	100	128,0	C	5235060
AKVA EK 2000*	1400	2190/2300**	350	1972,4	3	100	145,0	C	5235062
AKVA EK 2500*	1500	2250/2360**	380	2500	3	100			5235101
AKVA EK 3000	1600	2280/2390**	420	3000	3	100			5235064
AKVA EK 4000	1800	2350/2450**	500	4000	3	100			5235102
AKVA EK 5000	2000	2500/2600**	630	5000	3	100			5235103
AKVA EK 6000	2150	2500/2600**	780	6000	3	100			
AKVA EK 7500	2150	3000/3100**	940	7500	3	100			

*) Tuotteet on valmistettu Ecodesign-asetuksen EU No 814/2013 mukaisesti ja sen alaiset tuotteet ovat CE-merkittyjä. ** Min./max.

AKVA SOLAR



Tehokas AKVA SOLAR hybridivaraaja on suunniteltu järjestelmiin, joissa yhtenä lämmönlähteenä käytetään aurinkoenergiaa. AKVA SOLAR varaajissa on kaksi kierukkaa käyttöveden esilämmitystä ja tulistusta varten sekä tehokas aurinkokierukka aurinkokeräimiltä tulevaa lämmönkeruunestettä varten.

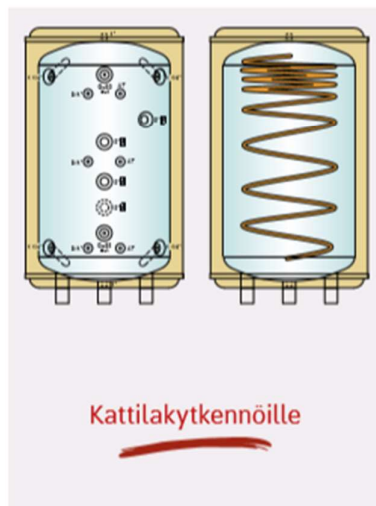
Tekniset tiedot

Erilaiset kattilaratkaisut, lämpöpumppuratkaisut, aurinko, sähkö. Lähes kaikki mahdolliset lämmönlähteet ja niiden yhdistelmät. Varaaja voidaan varustaa sähkövastuksilla, jotka tuottavat lämpöä jos ulkoinen lämmönlähde menee pois päältä tai rikkoutuu.

Nimike	LVI-nro	En-luokka	Nimike	LVI-nro
AKVA SOLAR 300°	S235204	B	AKVA SOLAR 2500	S235220
AKVA SOLAR 500°	S235205	B	AKVA SOLAR 3000	S235221
AKVA SOLAR 750°	S235206	B	AKVA SOLAR 4000	S235222
AKVA SOLAR 1000°	S235207	B	AKVA SOLAR 5000	S235223
AKVA SOLAR 1500°	S235208	C		
AKVA SOLAR 2000°	S235209	C		

Mittatiedot:
ks. Akva EKn taulukko.

AKVA NERO



Akvatermin NERO varaajaperhe on kehitetty vastamaan yhä kiristyneisiin ekologisiin energiatehokkuusvaatimuksiin. Korkealuokkainen, saumaton polyuretaanieristys sekä energiatehokkuutta tehostavat ratkaisut takaavat erinomaisen eristyskyvyn.

AKVA NERO varaajissa on erittäin tehokas, erikoiskam-pakuparista valmistettu LK MAX käyttövesikierukka, joka on sijoitettu varaajan koko pituudelle. Kierukan lämmönsiirtopinta-ala on tyypillistä käyttövesikierukkaa tuplasti isompi ja maksimoi siten lämpimän käyttöveden tuoton. Saatavana myös aurinkokierukalla varustettuna.

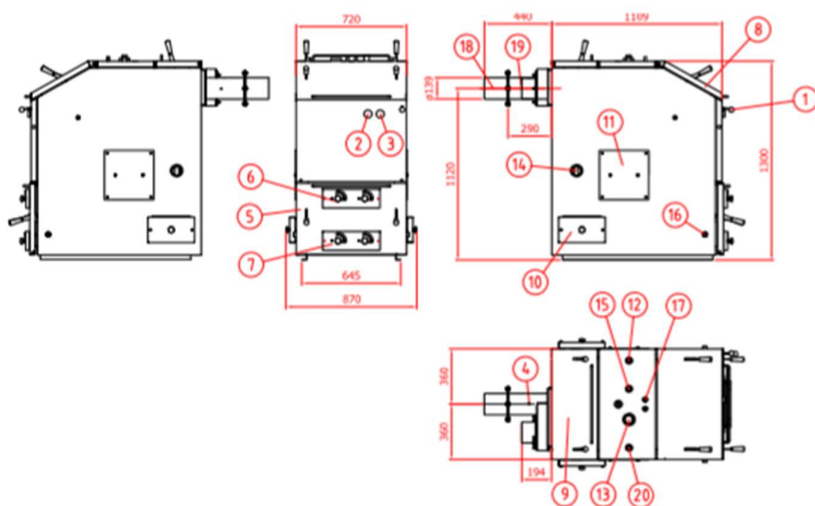
Tekniset tiedot

AKVA NERO on optimaalinen käytettäväksi esimerkiksi öljy-, puu- tai pellettikattilan rinnalla. Varaaja voidaan varustaa sähkövastuksilla, jotka tuottavat lämpöä jos ulkoinen lämmönlähde menee pois päältä tai rikkoutuu.

Nimike	LVI-nro	En-luokka	Nimike	LVI-nro
AKVA NERO 300°	S235169	B	AKVA NERO 2500	S235178
AKVA NERO 500°	S235170	B	AKVA NERO 3000	S235176
AKVA NERO 750°	S235171	B	AKVA NERO 4000	S235177
AKVA NERO 1000°	S235172	B	AKVA NERO 5000	S235178
AKVA NERO 1500°	S235173	C		
AKVA NERO 2000°	S235174	C		

Mittatiedot:
ks. Akva EKn taulukko.

MITAT JA LIITÄNNÄT

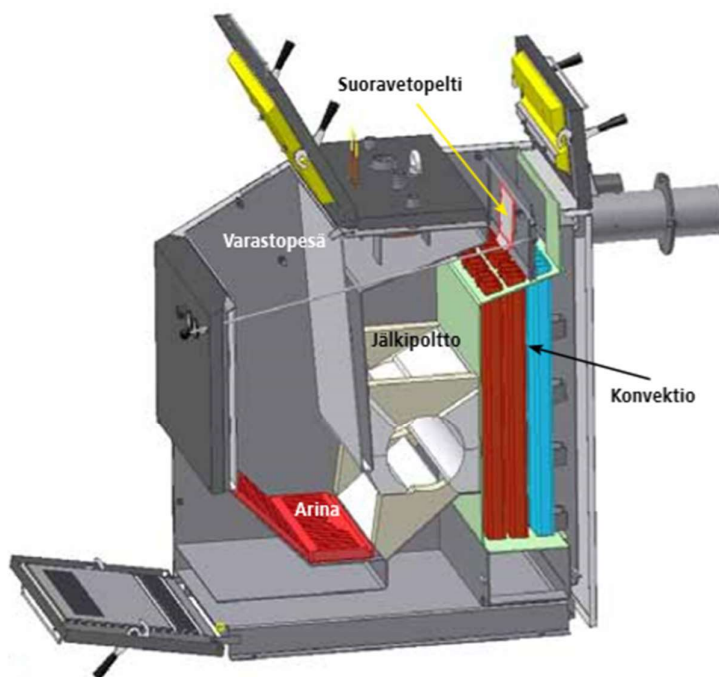


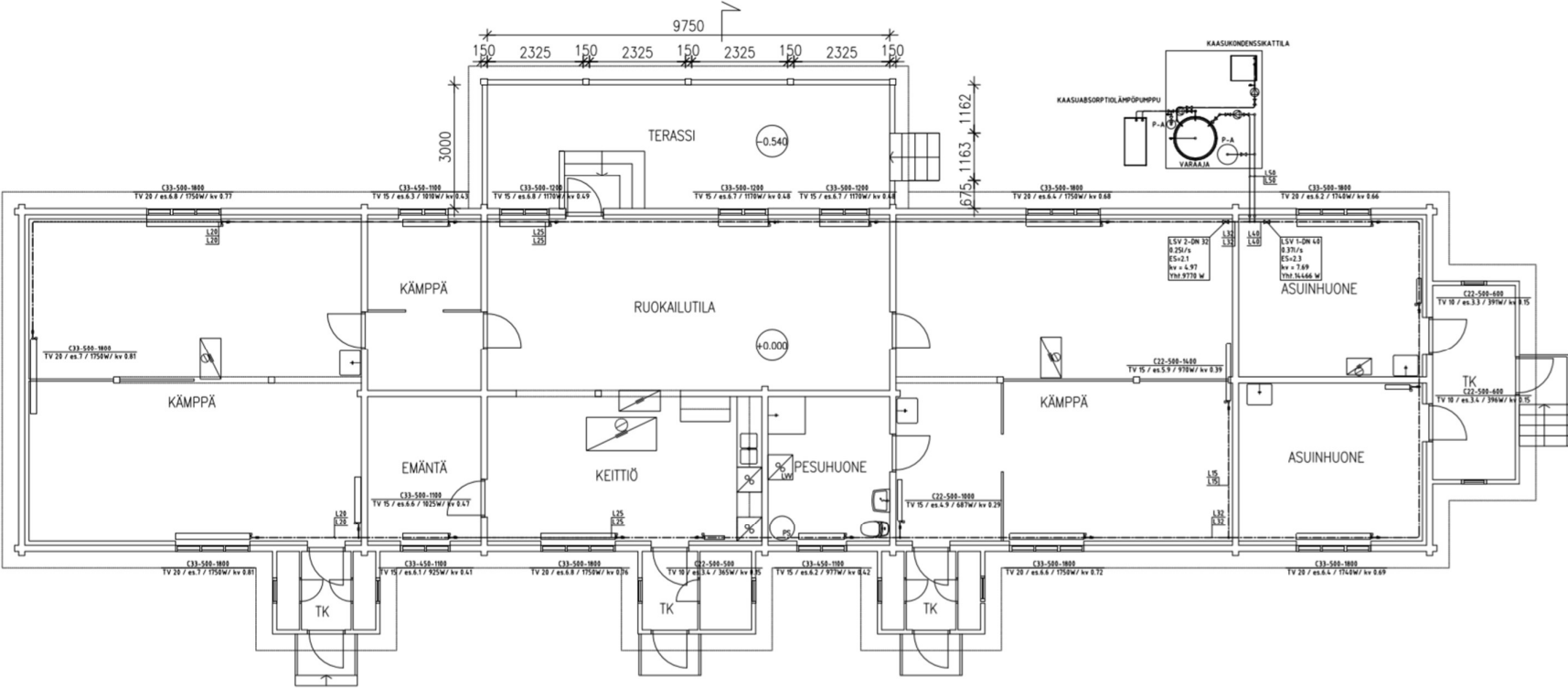
Osa	Nimike	Yhde
1	Kääntöpellin säädin	
2	Veden painemittari	
3	Veden lämpömittari	
4	Savukaasun lämpömittari	
5	Tulenhoitoluukku	
6	Ensisiilman säätöventtiilit	
7	Toisiilman säätöventtiilit	
8	Täyttöluukku	
9	Konvektion puhdistusluukku	
10	Konvektion tuhkanpoistoluukku	

Osa	Nimike	Yhde
11	Kiinteä jälkipoltopesän luukku (saranoitu huoltoluukku lisävarusteena)	
12	Tuuventtiilin yhde	DN 20
13	Vesivaraajan lahto	DN 50
14	Vesivaraajan paluu	DN 50
15	Paisuntayhde	DN 25
16	Tyhjennysyhde	DN 15
17	Jäähdytyskierrukan yhteydet	Cu 15
18	Hormilitäntä	
19	Savukaasumuri koottu (A35-121D)	
20	Kattilaveden lämpötila-anturin suoja tasku	

TEKNISET TIEDOT / KATTILAN POIKKILEIKKAUS

TEKNISET TIEDOT		
Suoritusarvot	Teho	20 - 40 kW
Mittatiedot	Leveys	800 mm
	Syvyys	1109 mm
	Korkeus	1300 mm
	Paino tyhjänä	690 kg
	Vesitilavuus	150 L
	Varastopesän tilavuus	120 L
	Paloaika	37 kg / 3 h
Suunnittelu- ja säätöarvot	Täyttöaukon koko	550x350 mm
	Savuhormisuositus	150 mm, 4 m
	Kattilan käyttöpaine	0,5-1,5 bar
	Sallittu kattilan lämpötilä	Max 120 °C
Sopiva varaajakoko	1800 – 3000 L	
Käytettävän puun max. pituus	0,5 m	







Tekninen esite

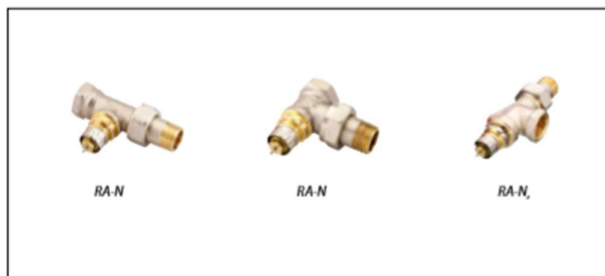
RA 2000 Venttiilirungot RA-N esisäädettävät venttiilit

Käyttö



027

Sertifioitu EN 215 mukaan

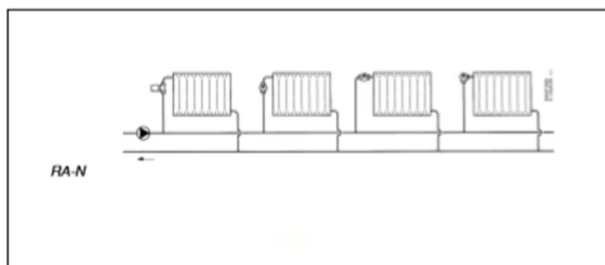


RA-N venttiileitä käytetään pumppukierroisissa 2-putkijärjestelmissä, ja niissä on esisäätö. Esisäätöarvot ovat suojassa anturin alla.

RA venttiilirunkoja on eri muotoisia. Venttiileitä ei saa asentaa lämmin käyttövesijärjestelmiin. Mitat ovat Euronormin HD 1215-2 sarjan S mukaisia.

RA 2000 täyttää EN 215-1 vaatimukset. Jos kiertoveteen on tarpeellista lisätä kemikaaleja kalkkeutumisen tai korroosion vähentämiseksi, on tärkeää noudattaa lisäainetointijan ohjeita.

Periaate



Jos verkostossa syntyy virtausääntä korkean paine-eron vuoksi, käytetään Danfoss paineerosäätimiä (esim. ASV-P).



Tekninen esite RA 2000 Venttiilirungot RA-N

Tilausnumerot ja tekniset arvot

RA-N venttiilit

Malli	Litätä	Rakenne	K _v alue							K _v	Tilausno	LVI-nro	
			1	2	3	4	5	6	7				N
RA-N 10 ¹⁾	10	Kulma	0,04	0,08	0,12	0,19	0,25	0,33	0,38	0,56	0,65	013G0051	4035112
RA-N 10 ²⁾	10	Suora	0,04	0,08	0,12	0,19	0,25	0,33	0,38	0,56	0,65	013G0052	4035102
RA-N 10 UK ³⁾	10	Ulkokuilma	0,04	0,08	0,12	0,19	0,25	0,33	0,38	0,56	0,65	013G3031	4035122
RA-N 15 ¹⁾	15	Kulma	0,04	0,08	0,12	0,20	0,30	0,40	0,51	0,73	0,90	013G0053	4035114
RA-N 15 ²⁾	15	Suora	0,04	0,08	0,12	0,20	0,30	0,40	0,51	0,73	0,90	013G0054	4035104
RA-N 15 UK ³⁾	15	Ulkokuilma	0,04	0,08	0,12	0,20	0,30	0,40	0,51	0,73	0,90	013G3033	4035124
RA-N 20 ¹⁾	20	Kulma	0,10	0,15	0,21	0,30	0,36	0,45	0,73	1,04	1,40	013G0055	4035116
RA-N 20 ²⁾	20	Suora	0,10	0,15	0,21	0,30	0,36	0,45	0,73	1,04	1,40	013G0056	4035106
RA-N 20 UK ³⁾	20	Ulkokuilma	0,08	0,16	0,24	0,36	0,52	0,69	0,82	0,85	1,08	013G3035	4035126
RA-N 25 ¹⁾	25	Kulma	0,10	0,15	0,17	0,26	0,35	0,46	0,73	1,04	1,40	013G0037	4035118
RA-N 25 ²⁾	25	Suora	0,10	0,15	0,17	0,26	0,35	0,46	0,73	1,04	1,40	013G0038	4035108

- 1) Sisältää patteriyhdistäjän. Venttiili voidaan asentaa puserusliittimillä menopuolelle. Ks. tarvikkeet.
2) Sisältää patteriyhdistäjän.
3) Rakenne normin HD 1215-2 sarjan D mukainen, sisältää patteriyhdistäjän.

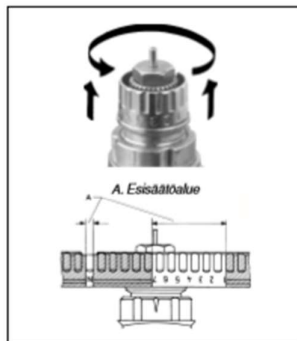
Tarvikkeet

Puserusliittimet RA-N venttiileille, O-rengastiviste

Tuote	Venttiilikoko	Litätä	Tilausno	LVI-nro
Puserusliitin	RA-N 10	3/8 x Ø 12	013G4102 ¹⁾	4035901
Puserusliitin	RA-N 15	1/2 x Ø 12	013G4112 ¹⁾	
Puserusliitin	RA-N 15	1/2 x Ø 15	013G4115 ¹⁾	
O-rengastiviste	RA-N		013G0290 ¹⁾	

1) Toimiiasteen 10 kpl pakkauksissa

Venttiin esisäätö



RA-N venttiileissä on esisäätö. Esisäätö tapahtuu nostamalla esisäätöpyörää ja kääntämällä se halutun esisäätöarvon kohdalle. Esisäätöarvot voidaan valita väliltä 1 - 7 puolen numeron tarkkuudella. Esisäätöarvolla N on venttiili täysin auki. Asteikon ulkopuolisia arvoja ei saa käyttää (viivoitettu alue). Painehäviökäyrästä on venttiin virtaama paine-eron suhteessa eri esisäätöarvoilla.

IMI TA / Linjasäätöventtiilit / STAD

STAD

STAD linjasäätöventtiilien vaikuttava valikoima mahdollistaa nestepohjaisten järjestelmien virtaamien tarkan perussäädön. Se on räätälöity käytettäväksi lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien toisipuolella. Pitävä sulkutoiminto tekee järjestelmän huollosta helppoa.



Tärkeimmät ominaisuudet

- > **Todella tarkka kaikilla asetusarvoilla**
Takaa tarkan tasapainotuksen ja virtaaman mittaamisen.
- > **Itsetiivistyvät mittausyhteet**
Itsetiivistyvien mittausyhtöiden ansiosta mittaaminen on yksinkertaista ja tarkkaa.
- > **Käsiympyriä**
Numeronäyttöisen käsiympyriän avulla esisäätöarvojen asottelu voidaan tehdä tarkasti ja perussäädön suorittaminen on mutkatonta.
- > **AMETAL®**
Sinkkikatovapaan lejeeringin ansiosta venttiilin käyttöikä on pitkä ja vuotojen vaara vähäinen.

Tekniset tiedot

Käyttöalue:

Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät.
Käyttövesijärjestelmät.

Toiminnot:

Esisäätö
Maksimirajoitus (Virtauksen maksimirajoitus)
Mittaus
Sulku
Tyhjennys (riippuen venttiilityypistä)

Koot:

DN 10-50

Paineluokka:

PN 25

Lämpötila:

Maks. käyttölämpötila: 120°C
(hetkellisesti 150°C)
Käyttölämpötilan ollessa korkeampi, maks. 150°C, katso STAD-C.
HUOMI! STAD varustettuna KOMBI (STAD LVK) maks. 100°C.
Min. käyttölämpötila: -20°C

Väliaine:

Vesi tai neutraalit nesteet, vesi ja glykolin seokset (0-57%).

Materiaali:

Venttiilipesä ja yläkappale: AMETAL®
Tiiviste (pesä/yläkappale): EPDM O-rengas
Venttiilin istukka: AMETAL®
Istukkativiste: EPDM O-rengas
Kara: AMETAL®
Rengastiviste: PTFE
Karan tiiviste: EPDM O-rengas
Jousi: Fluorostumatonta terästä
Käsiympyriä: Polyamidia ja TPE

Mittausyhteet: AMETAL®

Tiivisteet: EPDM
Suojahatut: Polyamidia ja TPE

Tyhjennys: AMETAL®

Tiiviste: EPDM
Tiivisterenkaat: Kuitupohjainen aramidi

AMETAL® on IMI Hydronic Engineeringin kehittämä sinkkikatkoa kestävä lejeeringi.

Merkintä:

Venttiilinumero: IMI, TA, PN 25/400 WWP, DN ja tuumamerkintä, DN 50 sekä CE, Punainen/harmaa käsiympyriä: TA, STAD® ja DN.

Liitintä:

- Sisäkierteet ISO 228 mukaan.
- Kierritys ISO 7/1:n mukaan.
- Ulkokierteet ISO 228 mukaan.
- Kierritys DIN 3546:n mukaan.
- KOMBI puserusliittimillä (LVK) liittämiseksi kupariputkiin.

Tyypihyväksyntä:

WT/Ympäristöministeriön tyypihyväksymä käyttövesilaitteistoon.



Mittausyhteet

Mittausa suorittaessa poistetaan kanssi ja tiiviste. Mittaneula työnnetään itsotivetyvän mittausyhteen läpi vesitiilään.

Tyhjennys

Venttiilejä on saatavissa ilman tyhjennysyhdistettä tai varustottuna G1/2 kiertoisellä tyhjennysyhteellä.

Kertasäätöventtiilin mitoitus

Kun Δp ja haluttu virtaama on tiedossa voidaan Kv arvo laskea alla olevalla kaavalla tai katsoa se käyrästä.

$$Kv = 0,01 \frac{q}{\sqrt{\Delta p}} \quad q \text{ l/h, } \Delta p \text{ kPa}$$

$$Kv = 36 \frac{q}{\sqrt{\Delta p}} \quad q \text{ l/s, } \Delta p \text{ kPa}$$

Kv-arvot

Kierros	DN 10	DN 15	DN 20	DN 25	DN 32	DN 40	DN 50
0.5	-	0.136	0.533	0.599	1.19	1.89	2.62
1	0.091	0.226	0.781	1.03	2.09	3.40	4.10
1.5	0.134	0.347	1.22	2.13	3.36	4.74	6.76
2	0.264	0.618	1.96	3.64	5.22	6.26	11.4
2.5	0.461	0.931	2.71	5.26	7.77	9.16	15.8
3	0.799	1.46	3.71	6.65	9.82	12.8	21.5
3.5	1.22	2.07	4.51	7.79	11.9	16.2	27.0
4	1.36	2.56	5.39	8.69	14.2	19.3	32.3

Huom: Ohjelmistoissa (HySelect, HyTools) ja mittalaitteissa (TA-SCOPE) PN 25 version STAD on nimetty nimellä STAD*.

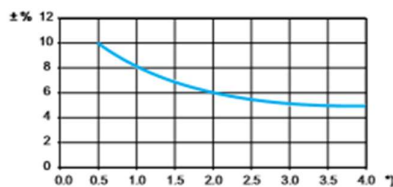
Mittaustarkkuus

Nolla-asento on kalibroitu. Käskyn asentoa ei saa muuttaa.

Virtauksen muuttuminen eri esisäätöarvoilla

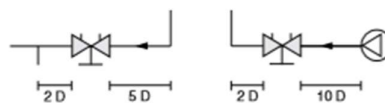
Kuvan 1 käyrästä on voimassa kun asennus on tehty tavanomaisin liittimin ja virtaussuunta (kuva 2) on oikea. Tämän lisäksi tulee välttää venttiilin asentamista välittömästi pumpun tai muun putkistovarusteen yhteyteen. Venttiilit voidaan asentaa myös päinvastaiseen virtaussuuntaan. Käyrästä tiedot pätevät myös tällöin, mutta poikkeamat voivat olla suurempia (maks. 5% suurempia).

Kuva 1



*) Eisisäätökierrosten lukumäärä.

Kuva 2



D = Venttiilin DN

Table 1.2 K18 Simplygas Technical data

			K18 Simplygas C1	
Heating mode				
Seasonal space heating energy efficiency class (ErP)	medium-temperature application (55 °C)	-	A++	
	low-temperature application (35 °C)	-	A+	
Heat output	Outdoor temperature/Delivery temperature	A7W50	kW	17,6
		A7W35	kW	18,9
GUE efficiency	Outdoor temperature/Delivery temperature	A7W50	%	157
		A7W35	%	169
Heat input	nominal (1013 mbar - 15 °C) (1)		kW	11,4
	real		kW	11,2
Hot water delivery temperature	maximum for heating		°C	65
	maximum for heating		°C	55
Hot water return temperature	minimum temperature in continuous operation		°C	25 (2)
	nominal		l/h	1000
Heating water flow	maximum		l/h	2000
	minimum		l/h	400
	maximum		°C	40
Ambient air temperature (dry bulb)	maximum		°C	40
	minimum		°C	-25
DHW mode				
DHW delivery temperature	maximum for DHW		°C	70 (3)
DHW inlet temperature	maximum for DHW		°C	60 (3)
nominal heat output for DHW at 20 °C ambient			kW	18,9 (3)
specific capacity in continuous operation - Δt 30°C			l/min	30,0 (4)
Electrical specifications				
Power supply	voltage		V	230
	type		-	single-phase
	frequency		Hz	50
Electrical power absorption	nominal		kW	0,35
Degree of protection	IP		-	25
Installation data				
Gas consumption	G20 natural gas (nominal)		m³/h	1,20 (5)
	GPL G30/G31 (nominal)		kg/h	0,87 (6)
Water fitting	type		-	M
	thread		"	3/4
Gas connection	type		-	M
	thread		"	1/2 (7)
Flue gas exhaust	diameter (Ø)		mm	80
	residual head		Pa	70
type of installation			-	B23P; B53P
NO _x emission class			-	5
Dimensions	width		mm	1145
	depth		mm	721 (8)
	height		mm	1333
Weight	in operation		kg	215
sound pressure L _p at 5 metres (max)			dB(A)	43,0 (9)
sound pressure L _p at 5 metres (min)			dB(A)	40,0 (9)
maximum water pressure in operation			bar	4,0
maximum condensation and defrosting water flow rate			l/h	13,5
Water content inside the apparatus			l	1
required air flow			m³/h	4000

(1) relative to NCV (net calorific value).

(2) in transient operation, lower temperatures are allowed.

(3) only for EVO version.

(4) only for EVO version, 10 minute peak collection of domestic hot water. The exact value depends on the performance of the DHW buffer tank.

(5) PCI (G20) 34,02 MJ/m³ (15 °C - 1013 mbar).

(6) PCI (G30/G31) 46,34 MJ/kg (15 °C - 1013 mbar).

(7) it is possible to reduce gas pipe diameter to 3/8", ensuring enough gas pressure to the appliance, considering pressure losses of entire gas supply pipe.

(8) dimensions including flue gas discharge.

(9) sound pressure values in free field, with directionality factor 2, obtained from the sound power value in compliance with standard EN ISO 9614. Sound power L_w 65 dB(A) at maximum ventilation, 62 dB(A) at minimum ventilation; sound power values detected in compliance with the intensity measurement methodology set forth by standard EN ISO 9614.

			K18 Simplygas C1
Circulating pump data	maximum head	m w.c.	7,5
	residual pressure head at nominal flow rate	m w.c.	4,0
	nominal flow at the maximum available head	l/h	1500
	maximum electrical consumption	W	75
General information			
Cooling fluid	ammonia R717	kg	4,3
	water H ₂ O	kg	4,4

(1) Relative to NCV (net calorific value).

(2) In transient operation, lower temperatures are allowed.

(3) Only for EVO version.

(4) Only for EVO version, 10 minute peak collection of domestic hot water. The exact value depends on the performance of the DHW buffer tank.

(5) PCI (CO) 3402 MJ/m³ (15 °C - 1013 mbar).

(6) PCI (CO) 1146 MJ/kg (15 °C - 1013 mbar).

(7) It is possible to reduce gas pipe diameter to 3/8", ensuring enough gas pressure to the appliance, considering pressure losses of entire gas supply pipe.

(8) Dimensions including flue gas discharge.

(9) Sound pressure: values in free field, with directionality factor 2, obtained from the sound power value in compliance with standard EN ISO 9614. Sound power (w 65 dB(A) at maximum ventilation, 62 dB(A) at minimum ventilation; sound power values detected in compliance with the intensity measurement methodology set forth by standard EN ISO 9614.

Table 1.3 K18 Simplygas PED data

			K18 Simplygas C1
PED data			
Components under pressure	generator	l	14,5
	cooling volume transformer	l	3,0
	absorber/condenser	l	2,2
	cooling absorber solution	l	4,2
	solution pump	l	2,8
	test pressure (in air)	bar g	55
maximum pressure of the cooling circuit	bar g	32	
filling ratio	kg of NH ₃ /l	0,161	
fluid group	-	group 1*	

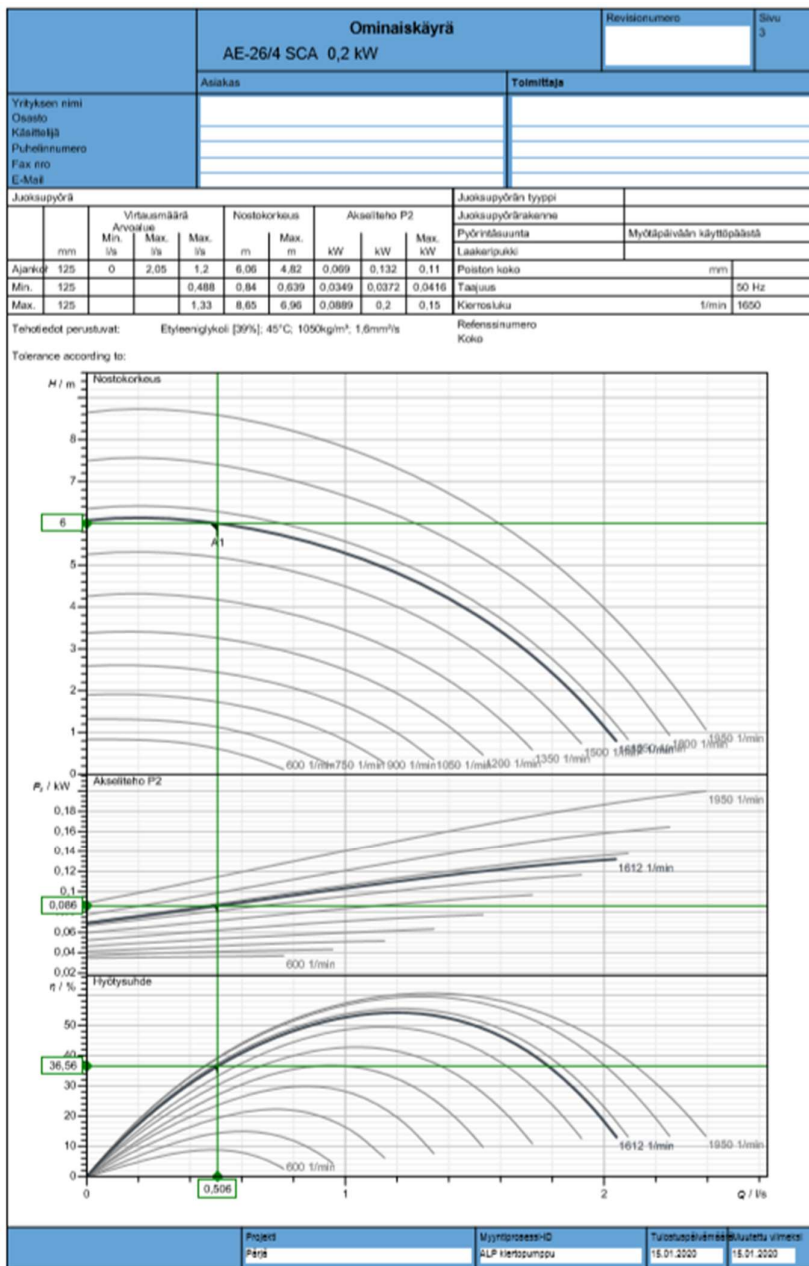
effinox condens duo 5000

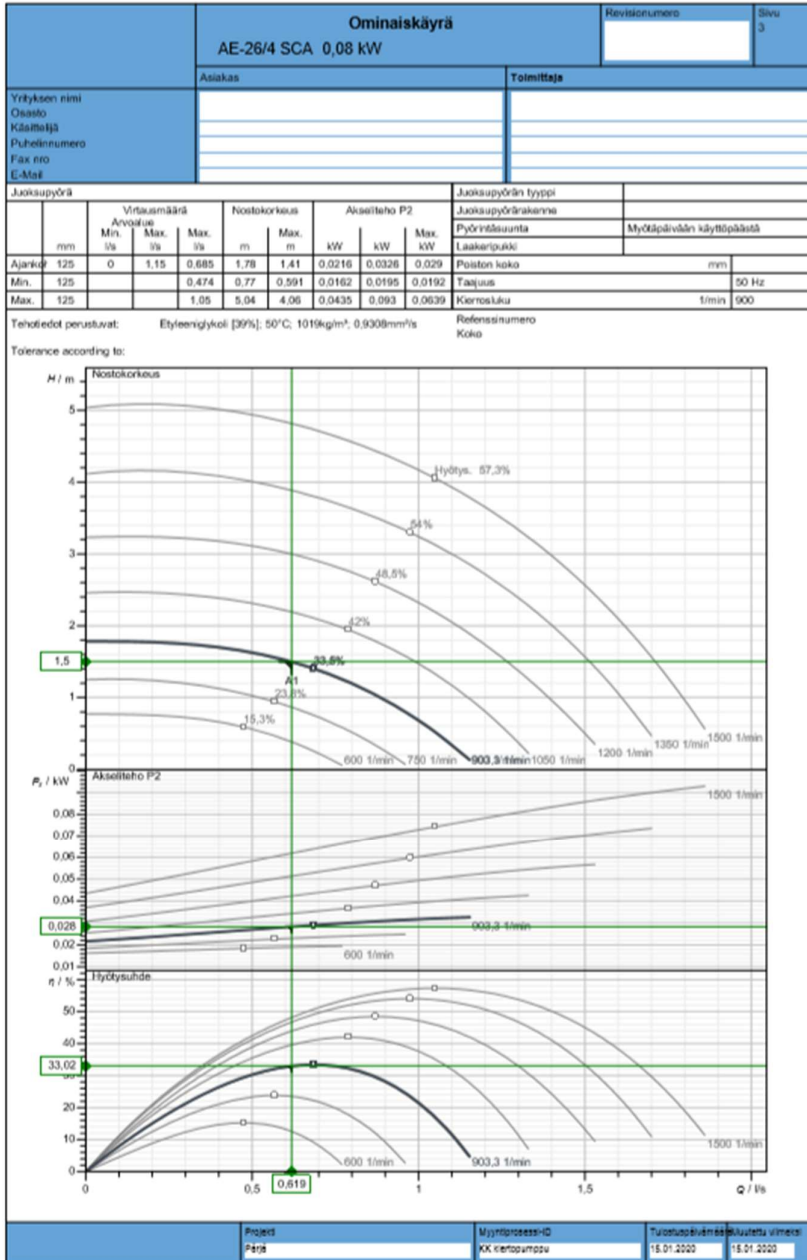
effinox condens 5000

1.3 Yleistä

Nimi/malli	effinox	5024	5034	duo 5024	duo 5028	duo 5034
Koodi		21793	21794	21790	21791	21792
Kategoria/kaasu	FR			Ilves		
	CH - CZ - ES - IT - LT - PT - SK			Ilves		
	DK - EE - FI - SE			lu		
	LU - DE			lu		
NOx-luokka				5		
Suorituskyky				tiivistyminen		
Energiatehokkuusluokka/direktiivi 92/42/CEE	kW					
Nimellislämpö	kW	24,7	35,2	24,7	28,7	35,2
Nimelliskäyttöteho (lämmitys)	kW	24	34,6	24	27,7	34,6
Nimelliskäyttöteho/tiivistys (paluu 30 °C)	kW	24,8	37,6	24,8	30,6	37,6
Minimikäyttöteho (80/60 °C)	kW	5,25	5,4	5,25	5,5	5,4
Minimihöyry	kW	5,6	5,8	5,6	5,7	5,6
Kaasuvirta normaalikäytössä (15°C - 1013 mbar)						
- luonnonkaasu (G20 - 20 mbar)	m³/h	2,58	3,73	2,58	3,06	3,73
- luonnonkaasu (G25 - 25 mbar)	m³/h	3,02	4,29	3,02	3,52	4,29
- propaani (G31 - 37 mbar)	m³/h	0,95	1,44	0,95	1,18	1,44
Säätelyventtiili (kaasu/ulos)						
- luonnonkaasu G20 - 20 mbar oheisarvo/halkaisija oheis - Ø				20 - 6,5 mm		
- luonnonkaasu (G25 - 25 mbar) oheisläpim.	oheis - Ø			ei		
- propaani (G31 - 37 mbar) oheisläpim.	oheis - Ø			kartio - 3,9 mm		
Lämmityslaitteet						
Lämmitysvesikiertomäärä	litre	2,8	3,2	8,4	9	9,8
Maksimipaine, lämmityskierto (PMS)	bar			3		
Veden maksimilämpötila	°C			85		
Polttojäte						
Höyryn lämpötila (min/max)	°C			35 / 80		
Höyryvirtausmassa (min/max)	g/s	2,87 / 11,9	2,87 / 17	2,87 / 11,9	2,87 / 13,9	2,87 / 17
Kuumavesisäiliö/hanavesisäiliö						
kuumavesisäiliön sisällysmäärä	litraa	-	-	128	128	128
maksimi paine kierrossa ECS (PMS)	bar	-	-	7	7	7
ominaisvirtaus ECS ä DT 30°K (D)	l/min	-	-	22	22	22
Imu poisto horisontaalitasossa tai pystysuorassa						
Höyryputkien läpimitta / poistoilma (C13, C33)	mm			80 / 125		
Höyryputket, läpimitta (C53)	mm			80		
Pisin sallittu suora putki/ulos	m			11		
Vinoputki/kulmaputki (90° / 45°)	m			1 / 0,5		
Yhteensopivuus				UBBINK *		
Savupiipun sovitin mukana						
Savupiippu, läpimitta	mm			80		
Edullisin paine, savupiippu (tyyppi B23)	Pa			15		
Poistotoiminnon maksimipaine (tyyppi B23P)	Pa	200	100	200	80	100
Joitakin muita arvoja						
Laajeneva säiliö (lämmitys/vesi)	Litraa			18 / 8		
Sähköjännite (50 Hz)	V			230		
Sähkön teho	W	76	109	81	98	123
Kansainvälinen sähkösuojaus				IP 21		
Pakkauspaino	kg	64	70	140	144	147

* (ks. lisätiedot sivu 4)





LASKENTA

Laskelma

Paneelin tyyppi	Paneelin pituus	
595	2990 mm	
Litintyyppi	Paneelien määrä	Paneelien kokonaisala
Sarjakytkentä	1	1.78 m ²

Lämmitys

Huoneen lämpötila	Menoveden lämpötila	Paluuveden lämpötila		
21 °C	55 °C	45 °C		
Paneelin teho	Virtaama	Painehäviö	ΔT lämpötilaero	Paneelin teho
755 W	0.018 l/s	4.1 kPa	29 °C	424 W/m ²

Perforointi
SileäAsennustapa
AlakattoAlakattomalli
Ecophon
A and
Rockfon
A24/A15

oventrop

Innovatiivisuus ja laatu

Tekniset tiedot

"Cocon"
Säätöventtiili jäähdytyspakkien asennuksiin"Cocon" säätöventtiili
"eco" ja "classic" mittaustekniikoilla**Tuotekuvaus:**

Oventrop "Cocon" säätöventtiili suhteellisella esisäädöllä. Tyhjennys-, täyttö- ja sulkutoiminnot, mittausyhteet mittaukseen, lineaarinen virtauksen ominaiskäyrä 0,45 ja 1,0 kvs-arvoilla. Venttiilin runko messinkiä (DN 15), tai punametallia (DN 20), venttiilikartio EPDM tai PTFE, O-rengastiivisteet EPDM, venttiilikara ruostumatonta terästä. Kieroliitäntä M 30 x 1,5. DN 15 venttiilin sisäosat vaihdettavissa "Demo Block" erikoistyökälulla käytön aikana. Liitännät kierrepukille, kupari-, muovi-, teräs- ja tarkkuusteräspukille sekä Oventropin Copipe komposiittipukille.

max. käyttölämpötila: 120 °C
min. käyttölämpötila: -10 °C
max. käyttöpaino: 10 bar

Tuotteet:

Meno: 1/2" UK yhdistäjä
Paluu: 1/2" SK

	"eco"	"classic"		Merkintä insertissä
DN 15 (1/2")	114 50 04	114 50 74	kvs = 0,45	P1
DN 15 (1/2")	114 51 04	114 51 74	kvs = 1,0	P2
DN 15 (1/2")	114 52 04	114 52 74	kvs = 1,8	P3

Meno ja paluu: 1/2" UK, kartio

	"eco"	"classic"		Merkintä insertissä
DN 15 (1/2")	114 53 61	114 53 71	kvs = 0,45	P1
DN 15 (1/2")	114 53 62	114 53 72	kvs = 1,0	P2
DN 15 (1/2")	114 53 63	114 53 73	kvs = 1,8	P3
DN 20 (3/4")	114 54 65	114 54 75	kvs = 4,5	

Käyttökohteet:

Soveltuu suljettuihin kiertovesijärjestelmiin, kuten jäähdytykseen, Fan-Coil- ja induktiolaitteille sekä keskuslämmitysjärjestelmiin.

Toiminta:

Oventrop „Cocon“ -säätöventtiili säätää toimilaitteen avulla huonelämpötilaa säätämällä käyttölaitteille tulevan virtauksen määrää. Venttiili kytketään esimerkiksi jäähdytyskattiomoduulin paluupuolelle. Jäähdytyspalkin hydraulista tasapainoa ylläpidetään säätämällä virtausvastuksen esisäätöarvoja. Esisäädetty arvo on mahdollista asettaa uudelleen. Tarvitavat arvot ovat saatavilla virtauslaulukosta. Laitteen säätö tapahtuu Oventropin "OV-DCM" paine-eromittauslaitteella tai Oventropin paine-eromittauslaitteilla mittaussyhteiden kautta.

Säätöventtiiliin voidaan kytkä mm.:

- Oventropin 2-piste- tai suhteellinen sähkötoiminen toimilaite (0-10 V)
- Oventropin suhteellinen(0-10 V) tai 3-piste-sähkötoiminen toimilaite
- Oventropin EIB tai LON sähkömotorinen toimilaite
- Oventropin Uni LH ja Uni XH termostaattit

Jäähdytyspalkin tyhjennys ja täyttö tapahtuu Tyhjennys- ja täyttötyökälulla, tuotenro. 109 05 51 tai 106 17 91 ("eco"-mittaustekniikalla oleva venttiili).

**Edut:**

- Helppo asentaa ja huottaa
- Yksi venttiili kuudelle toiminnolle:
 - Säätö
 - Esisäätö
 - Mittaus
 - Suku
 - Täyttö
 - Tyhjennys / ilmaus
- tarkka paine-erosäätö
- portaaton esisäätö
- virtaus on jatkuvasti luettavissa virtausmittarin ollessa kytkettynä
- DN 15 venttiilin säätöosa on vaihdettavissa käytön aikana
- Lineaarinen virtauksen ominaiskäyrä 0,45 ja 1,0 kvs-arvoilla

Lisävarusteet:

- juotosriippasetti
- "Ofx" puserrusliittimet
- Tyhjennys- ja täyttötyökälu
- Mittasillat ("eco" mittaustekniikalle)
- Mittausneulat

HEIMEIER > PALUUVENTTIILI - RADITRIM A

> Esisäätö

Tarkan perussäädön suorittamiseksi oikea virtaama on aseteltavissa etukäteen. Yksinkertainen kuusiokoloavaintoiminto.

> Kaksi karaa

Erilliset sulku- ja säätökarat tekevät järjestelmän huollosta helppoa.

> AMETAL®

Sinkkikatovapaan lejeerin ansiosta venttiilien käyttöikä on pitkä ja vuotojen vaara vähäinen.

**> Tekniset tiedot****Käyttöalue:**

Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät
Käyttövesijärjestelmät

Toiminnot:

Virtauksen asettelu
Esisäätö
Sulku

Koot:

DN 10-15

Paineluokka:

PN 16

Lämpötila:

Maks. käyttölämpötila: 120°C
Min. käyttölämpötila: -10°C

Materiaali:

Pesa: AMETAL®
Istukka: AMETAL®
Kara: AMETAL®
Kansi: Messinkiä
O-renkas: Nitrilikumia
Suora patteriyhdistäjä: AMETAL®

AMETAL® on Tour & Anderssonin kehittämä sinkkikatoa kestävä lejeerinki.

Pintakäsittely:

Nikattu.

Merkintä:

Pesässä merkki TA, TRIM, tuumamerkintä ja esisäätökannessa merkki RADITRIM A.

> Esisäätö**Sulkeminen/Esisäätö:**

Erilliset sulku- ja säätökarat.

Esisäätö RADITRIM A

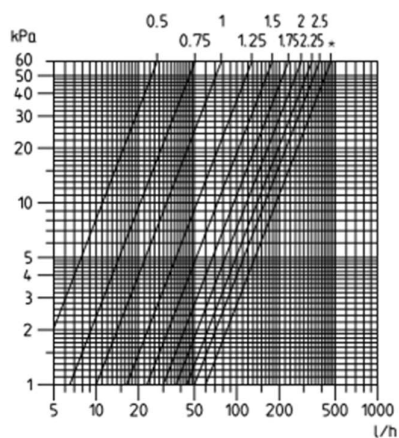
Esisäätö tapahtuu poistamalla kansi ja sulkemalla kuusiokoloavaimella esisäätökara. Tämän jälkeen esisäätökaraa (sisempi kara, kuusiokoloavain 3 mm) avataan niin monta kierrosta, että saadaan oikea esisäätö. Tarkastakaa että sulkukara (ulompi kara, kuusiokoloavain 4 mm) on täysin auki ennenkuin kansi kierretään paikalleen.

HUOMI! Jos venttiili suljetaan ei esisäätö muutu.

Esisäätötyökalu:

Ulompi kara kuusiokoloavain 4 mm
Sisempi kara kuusiokoloavain 3 mm

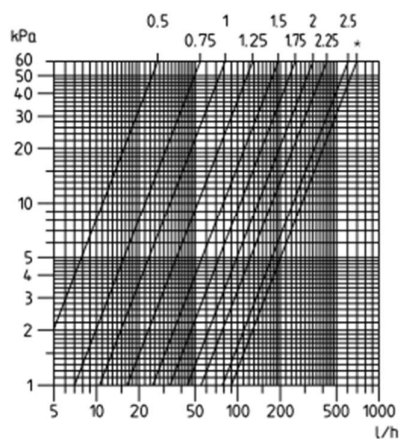
Käyrästö RADITRIM A DN 10



Kierros	Kv
0.5	0.035
0.75	0.065
1	0.1
1.25	0.165
1.5	0.23
1.75	0.3
2	0.37
2.25	0.44
2.5	0.5
*)	0.6

Toimitettaessa *) = Täysin auki.

Käyrästö RADITRIM A DN 15



Kierros	Kv
0.5	0.035
0.75	0.07
1	0.105
1.25	0.165
1.5	0.25
1.75	0.33
2	0.44
2.25	0.55
2.5	0.78
*)	0.9

Toimitettaessa *) = Täysin auki.

