OULUN AMMATTIKORKEAKOULU

Harri Näsänen

HYBRIDILABORATORION JÄÄHDYTYS- JA LÄMMITYSSUUNNITELMA

HYBRIDILABORATORION JÄÄHDYTYS- JA LÄMMITYSSUUNNITELMA

Harri Näsänen

Opinnäytetyö

Kevät 2020

Talotekniikan tutkinto-ohjelma

Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu

Talotekniikan tutkinto-ohjelma

Tekijä: Harri Näsänen

Opinnäytetyön nimi: Hybridilaboratorion jäähdytys- ja lämmityssuunnitelma

Opinnäytetyön nimi englanniksi: Cooling and Heating Plan for Hybrid Laboratory

Työn ohjaaja(t): Mikko Mielityinen ja Mikko Niskala

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2020

Sivumäärä: 42+ 10 liitettä

Oulun ammattikorkeakoulun Kaukovainion kampuksen osastot siirtyvät kesällä 2020 Oulun yliopiston kanssa yhteiselle kampukselle Linnamaalle. Yliopiston tiloja saneerataan ammattikorkeakoululle sopivaksi, mihin myös tämä työ liittyy. Opinnäytetyö on suunnittelutyö, jossa täytyy huomioida oppimisympäristön vaatimukset. Opinnäytetyön tavoitteena on suunnitella Oulun ammattikorkeakoululle hybridilaboratorion lämmitys- ja jäähdytyssuunnitelmat. Suunnitteluohjelmina olivat käytössä MagiCAD ja CADS.

Laboratoriossa on tarkoitus käytännössä tutkia ja testata keskeisiä komponentteja, joilla säädetään lämmitys- ja jäähdytysverkostoja. Verkosto suunnitellaan niin, että sitä voidaan käyttää sekä täydellä teholla että osateholla. Lämmityssuunnitelma sisältää ilmanvaihtojärjestelmän lämmityksen, jossa on ilmavaihtokoneiden lämmityspatterit (2 kpl), ja patteriverkoston, jossa on vesikiertoisia pattereita 9 kpl. Jäähdytyssuunnitelma sisältää tuloilman jäähdytyksen, joka toteutetaan jäähdytyspattereilla, sekä luokkatilan jäähdytykseen jäähdytyspalkin. Jäähdytysvesi jäähdytetään sisäasenteisella vedenjäähdyttimellä.

Lämmitys toteutetaan omalla kaukolämpöverkolla. Kaukolämpö tuotetaan eri lämmitysmuotojen yhteensovittamisella, joita ovat mm. bioöljy- ja pellettikattila, moottori-CHP-laitos ja aurinkopaneelit sekä aurinkokeräimet.

Hybridilaboratorion käyttäjinä tulevat olemaan ammatillisen koulutuksen korkea-aste eli Oulun ammattikorkeakoulu ja Oulun yliopisto sekä yhteistyösopimuksin elinkeinoelämä. Eri järjestelmien käyttöliittymien tulee mahdollistaa sekä paikallisesti käytettävät että etäkäytettävät oppimisympäristöt.

Asiasanat: lämmitys, jäähdytys, kaukolämpö, laboratorio

ALKULAUSE

Haluan kiittää mielenkiintoisesta opinnäytetyön aiheesta Oulun ammattikorkeakoulua. Opinnäytetyötä tehdessäni olen oppinut paljon suunnittelutyöstä ja samalla sain kerrata koulutuksen aikana jo opittuja asioita. Haluan kiittää myös opinnäytetyön ohjaajia, Mikko Mielityistä sekä Mikko Niskalaa, joiden kanssa työskentelyssä opin paljon uutta liittyen teknisiin ratkaisuihin suunnittelutyössä. Haluan kiittää myös työnantajaani Vesa Hannilaa, joka on mahdollistanut päätoimisen opiskelun töiden painottuessa kesäajalle, jolloin olen opinnoista vapaalla.

Oulussa 13.12.2019

Harri Näsänen

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

SISÄLLYS

1 JOHDANTO 7
2 HYBRIDILABORATORIO 8
2.1 Kaukolämpö 9
2.2 Kaukolämpöverkko 9
3 TULOILMAN LÄMMITYS 11
3.1 IV-Konetyypit 11
3.2 Lämmöntalteenotto LTO 11
3.2.1 Yleisimmät LTO-tyypit 12
3.2.2 Huurtumisen esto 12
3.3 Lämmitystehon tarve 13
3.3.1 Ilmanvaihtokoneen lämmityspatterin teho 13
3.3.2 Auktoriteetin laskeminen 14
3.3.3 Lämmityspatterin tehon säätö 15
3.4 IV-lämmitysverkon suunnittelutyö 16
3.5 Laitteet 18
3.5.1 Kiertovesipumput 18
3.5.2 PU3-pääkiertovesipumppu 19
3.5.3 PU4-TK1- pumppu 19
3.5.4 PU5-TK2-pumppu 19
3.5.5 Säätöventtiili 20
3.5.6 Linjasäätöventtiili 21
3.5.7 Paisunta-astia 21
4 PATTERILÄMMITYS 25
4.1 Yksiputkijärjestelmä 25
4.2 Kaksiputkijärjestelmä 25
4.3 Patteriverkosto 26
5 JÄÄHDYTYS 27
5.1 Kaukojäähdytys 27

5.2 Lämpöpumppujäähdytys 27
5.3 Vapaajäähdytys 28
5.4 Absorptiojäähdytys 29
5.5 Kylmävesivarasto 30
5.6 Suorahöyrystin- ja vedenjäähdytyskoneet 30
6 JÄÄHDYTYSVESIVERKKO 32
6.1 Vedenjäähdytyskone 33
6.2 Välillinen nestejäähdytin 33
6.3 Pumput 34
6.4 Jäähdytyspumppu PU1 34
6.5 Palkkipiirin pumppu PU2 35
6.6 Nestejäähdyttimen pumppu PU7 35
6.7 Latauspumppu PU8 36
6.8 Kiertoilmakoje 36
6.9 Jäähdytyspalkki 36
6.10 Tasaajasäiliön mitoitus 37
6.11 2T-venttiilit 38
7 YHTEENVETO 39
LIITTEET 42
LÄHTEET

1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä suunniteltiin hybridilaboratorion lämmitys- ja jäähdytysverkosto Oulun ammattikorkeakoululle. Ammattikorkeakoululle tulee uudet tilat Oulun Linnanmaalla sijaitsevalle yliopiston kampukselle, jonne myös hybridilaboratorio rakennetaan. Hybridilaboratoriossa on tarkoitus käytännössä opettaa eri lämmitysmuotojen toimivuutta, kuten sähkölämmitys, aurinkosähkö, öljylämmitys sekä pellettilämmitys. Näiden tuottama lämmitysenergia siirretään yhteiseen varaajaan tai suoraan käyttöpisteeseen. Varaajasta energia siirretään eri lämmönjakojärjestelmiin.

Lämmityssuunnitelmat sisältävät kaukolämmön toisiopuolen suunnitelmat. Kaukolämpö (KL) tuotetaan hybridilaboratoriossa edellä mainittujen lämmitysmuotojen yhteensovittamisella. Lämmönjakojärjestelmänä on ilmanvaihdon tuloilmanlämmitys, joka toteutetaan lämmityspatterilla, ja vesikiertoinen patteriverkosto.

Jäähdytysverkostosuunnitelmat sisältävät jäähdytyksen kokonaisuudessaan. Jäähdytys tuotetaan sisäasenteisella vedenjäähdytyskoneikolla, jonka kylmäteho on noin 21 kW. Jäähdytetyllä vedellä jäähdytetään ja kuivataan tuloilmaa ilmanvaihtokoneessa sijaitsevan patterin avulla; lisäksi jäähdytyspalkilla viilennetään jäähdytettävän huoneen ilmaa. Jäähdytysverkostoon tulee myös 2 kpl kiertoilmakojeita, jotka sijaitsevat hybridilaboratoriossa.

Opinnäytetyön tavoitteena on suunnitella lämmitys- ja jäähdytysverkosto Oulun ammattikorkeakoululle, tutustua eri suunnitteluohjelmiin, oppia vuorovaikutustaitoja suunnittelutyössä sekä yleisesti työelämässä ja tutustua eri toteutusvaihtoehtoihin niin lämmityksen kuin jäähdytyksen osalta. Suunnittelussa piti huomioida myös opetukselliset näkökohdat. Ohjaajani työssä toimivat Mikko Niskala ja Mikko Mielityinen.

2 HYBRIDILABORATORIO

Hybridilaboratorioon rakennetaan oppimisympäristö palvelemaan energia- LVI- automaatio- ja sähkötekniikan AMK-opiskelijoita sekä myös prosessitekniikan yliopisto-opiskelijoita. Laboratoriossa pystytään mallintamaan eri energiamuotojen energiatuotantoa ja vertailemaan saatuja tuloksia todelliseen ympäristöön. Järjestelmiä voidaan tarvittaessa käyttää myös tutkimusprojekteihin. Hybridilaboratorion käyttäjinä tulevat olemaan Oulun ammattikorkeakoulu, Oulun yliopisto sekä yhteistyösopimuksin elinkeinoelämä.

Laboratorioon rakennetaan oma sisäinen lämpöenergiaverkko, jäähdytys/kylmävesiverkko, kaukolämpöverkko sekä älysähköverkko. Lämpöenergiaverkko koostuu bioöljykattilasta, moottori-CHP-yksiköstä, sähkökattilasta, pellettikattilasta sekä aurinkokeräimistä (taso- ja tyhjiökeräin). Näiden tuottama energia siirretään energiavaraajaan, josta lämpöenergia jaetaan lämmitysjärjestelmiin.

Kylmävesiverkon vaatima jäähdytysenergia tehdään vedenjäähdyttimellä, jonka jäähdytetty vesi siirretään jäähdytyslaitteille. LVI-laboratoriossa on kaksi ilmanvaihtokonetta, joissa on tuloilman jäähdytys. Tuloilman jäähdytys ja kuivaus toteutetaan vesipatterilla. Lisäksi jäähdytyslaitteina on kiertoilmakoje kattilahuoneessa sekä jäähdytyspalkki opetustilassa. Verkostoon asennetaan energiamittarit, joilla pystytään mittaamaan tuotetut energiamäärät.

Kaukolämpöön tarvittava energia voidaan ottaa joko suoraan kattiloista tai vaihtoehtoisesti energiavaraajasta. Kaukolämpöverkostossa on korkeampi paine ja lämpötila kuin lämmitysverkossa, joten niiden välille asennetaan lämmönsiirrin, jotta korkeampi paine ja lämpötila on mahdollista toteuttaa. Verkostossa on lisäksi läpivirtausvastus, jolla lämpötila saadaan tarvittaessa nostettua 115 °C:seen. Koska kaikkea lämpöenergiaa ei aina ole mahdollista käyttää lämmitysjärjestelmiin, varotoimena rakennetaan jäähdytin, jonka kautta ylimääräinen lämpö siirretään ulkoilmaan.

Älysähköverkko rakentuu saarekeverkkona aurinkosähköstä, akkuvarastosta, muuntamosta, generaattorista sekä jakelupuolella olevista sähkökeskuksista. Sähkön kulutuspuolella on sähköautojen latauspisteitä, kaukolämmityksen läpivirtausvastus ja sähkökattila sekä laboratorion sähkö- ja valaistuspisteet.

2.1 Kaukolämpö

Kaukolämpö on Suomen yleisin lämmöntuotantomenetelmä. Kaukolämmön historia on peräisin USA:sta, jossa ensimmäinen kaukolämpölaitos valmistui vuonna 1877. Kaukolämpö mahdollisti pilvenpiirtäjien lämmityksen. Pilvenpiirtäjiä alettiin rakentaa USA:ssa juuri tuohon aikaan. Lämmönsiirtoon käytettiin höyryä. Ensimmäinen vesikiertoisen kaukolämpöjärjestelmän toiminta alkoi Saksasta, josta se laajeni myös muualle Eurooppaan ja Venäjälle. (1, s. 12.)

Suomeen kaukolämpö rantautui 1940-luvulla. Kaukolämmitys alkoi Helsingistä, josta se laajeni Espooseen. Vuonna 1953 otettiin käyttöön Salmisaari A -voimalaitos, joka sijaitsee Ruoholahdessa. Vesikaukolämmitys alkoi vuonna 1957, mihin liittyi ensimmäisenä Hotelli- ja Ravintolakoulu Perhonkatu 11:ssa. (1, s. 12.)

Vuoden 2018 tilastojen perusteella Suomessa oli kaukolämpöasiakkaita 154 500 kpl yhteenlasketun sopimustehon ollessa 19 000 MW. Kaukolämpöverkoston pituus oli vuoden 2018 lopussa 15 140 km. Kasvua edellisvuoteen oli +2 %. Voimalaitoksia on 107 kpl, ja voimalaitoksien yhteenlaskettu kapasiteetti kaukolämmössä on 8300 MW. Kiinteitä lämpökeskuksia oli 744 kpl, ja niiden yhteenlaskettu kapasiteetti oli 14 100 MW. (2, s. 3.)

Kaukolämmön hyötysuhde saadaan korkeammaksi (noin 75 %), kun käytetään laitosta, joka tuottaa sekä sähköä että lämpöä (CHP). Sähkön tuotannossa käytettävä höyry, joka pyörittää sähköä tuottavaa generaattoria, pitää lauhduttaa vedeksi, jotta se voidaan pumpata takaisin kattilaan höyrystettäväksi. Lauhduttamiseen on perinteisesti käytetty mm. meri-, järvi- tai jokivesistöä, jolloin lämpöenergiaa siirtyy suuri määrä vesistöön. Nykyisin osa höyrystä lauhdutetaan siirtimellä, jolla lämmitetään kaukolämpövettä. Tällä menetelmällä lauhdutuksessa vapautuvaa lämpöenergiaa saadaan hyötykäyttöön ja CHP-laitoksen hyötysuhde paranee. (1, s. 13.)

2.2 Kaukolämpöverkko

Laboratorion kaukolämpö tuotetaan käyttämällä eri lämmitysmuotoja. Lämpöenergia tuotetaan sähkökattilalla, CHP-moottorilla, biokattilalla sekä pellettikattilalla. Tuotettu lämmitysenergia ajetaan yhteiseen energiavaraajaan V = 1 m^3 tai suoraan kaukolämpösiirtimelle. Kaukolämpöverkko tarvitsee erillisen siirtimen, koska kaukolämpöverkossa suurin sallittu käyttöpaine on 1,6 MPa. Siirtimen jälkeen verkostossa on sähkövastus, jolla vesi tarvittaessa kuumennetaan 115 asteeseen vastaamaan kaukolämmön ensiöpuolella käytettävää lämpötilaa.

Koska verkostossa ei ole kulutusta jatkuvasti, kaukolämmön veden lämpötila voisi nousta liian korkeaksi ja aiheuttaa näin mm. paineen nousua sekä mahdollisia laiterikkoja. Tästä syystä verkostoon asennetaan jäähdytyslämmönsiirrin, joka jäähdyttää veden lämpötilaa riittävästi. Lamellilämmönsiirrin sijaitsee ulkoilmassa rakennuksen ulkopuolella ja sen teho on noin 80 kW. Lämmönsiirtonesteenä käytetään etyleeniglykoli-vesiseosta.

Kaukolämpö johdetaan putkistoa pitkin LVI-laboratorioon, jossa on lämmönsiirtimet ilmanvaihdon lämmitykselle, patterilämmitykselle ja käyttövedelle. Siirtimien toisiopuoli varustetaan pumppu- ja venttiiliryhmällä, joilla varmistetaan tarvittava säätö lämmitysjärjestelmässä. Toisiopuolen pumppu valitaan verkostoon sopivaksi (huomioidaan myös verkoston muokattavuus). Pumpun valintaan vaikuttavat pumpattava neste, nesteen lämpötila, verkoston painehäviö sekä mahdollinen tehon muutos, joka vaikuttaa pumpun säädettävyyteen.

Kaukolämpöjohtojen asennettavuuteen joudutaan kiinnittämään erityistä huomiota, koska KL-putket menevät rakennuksen sisällä, missä liikkuu ihmisiä. Mikäli verkostoon tulee vuoto, palovamman vaara on mahdollinen. KL-johdoiksi suunniteltiin aluksi kiinnivaahdotettua kaukolämpöelementtiä. Tästä jouduttiin luopumaan, koska palokuorma olisi kasvanut liian suureksi. Kaukolämpöelementti koostuu teräsputkesta, jonka päällä on uretaanikerros, paksuus 46 mm - 132 mm, ja muovikuoresta. Tässä tapauksessa päädyttiin KL-johtojen osalta teräsputkeen, jonka päälle tulee mineraalivilla, jonka paksuus valitaan eristyssarjan 25 mukaan (16). Lopuksi eristeen päälle asennetaan peltipinnoite.

KL-rungon alkupäähän asennetaan pätkä kaukolämpöelementtiä, jotta opiskelijat voivat tutustua ko. elementtiin. Markkinoille on ilmestynyt myös maalia, jolla on eristyskykyä. Tätä on myös tarkoitus testata KL-rungossa, joten rungosta maalataan pieni pätkä putkea, jolloin voidaan tutkia maalin eristyskykyä.

3 TULOILMAN LÄMMITYS

3.1 IV-Konetyypit

LVI-laboratoriossa on kaksi ilmanvaihtokonetta, joissa on tuloilman lämmitys patterilla. Koneiden teknisiä tietoja alla:

TK1:

- malli: Swegonin valmistama Gold F RX 004
- ilmavirta = 0,35 m^3/s
- SFPv = 1,4 $kW/(m^3/s)$
- lämmityspatterin teho = 4,3 kW
- jäähdytyspatterin teho (kanavapatteri) = 5,4 kW.

TK2:

- malli: Koja Future 0606
- ilmavirta = 0,5 m^3/s
- SFP = 1,2 $KW/(m^3/s)$
- lämmityspatterin teho = 16,2 kW
- jäähdytyspatterin teho = 10,4 kW.

3.2 Lämmöntalteenotto LTO

LTO:n tarkoitus on ottaa poistoilmasta talteen mahdollisimman paljon lämpöenergiaa. Nykyisillä järjestelmillä päästään jopa 80 %:n hyötysuhteeseen. Ilmanvaihdon suunnittelussa joudutaan huomioimaan yhdistämisrajoitukset, jotka vaikuttavat LTO:n valintaan.

Suomessa LTO:n käyttö yleistyi 1970-luvulla, joskin se oli paperikoneissa käytössä jo 1930-luvulla. Ensimmäinen versio LTO:sta oli ns. välillinen nestekiertoinen versio, jossa poistoilmapuolella oli patteri. Siitä lämpö otettiin talteen jäätymättömällä nesteellä ja lämpö siirrettiin tuloilmassa olevaan patteriin.

1970-luvulla LTO-järjestelmät yleistyivät ja markkinoille tuli erilaisia vaihtoehtoja ja ratkaisuja. Näitä olivat mm. alumiinista valmistettu levylämmönsiirrin, Yhdysvalloissa kehitetty Heat Pipe -lämpöputkipatteri sekä erilaiset pyörivät järjestelmät. (3, s. 99.)

3.2.1 Yleisimmät LTO-tyypit

Levylämmönsiirrin

Levylämmönsiirtimenä käytetään useimmiten vastavirta- ja ristivirtalämmönsiirrintä. Levylämmönsiirtimissä on vieri vieressä alumiinilevyjä, joiden välissä ilma liikkuu. Joka toisessa välissä liikkuu poistoilma ja joka toisessa välissä tuloilma. Lämpö siirtyy poistoilmasta tuloilmaan. Levylämmönsiirtimien hyötysuhde on noin 50–80 %. (4, s. 7.)

Pyörivä lämmönsiirrin

Pyörivässä lämmönsiirtimessä olevat kennot varaavat poistoilmassa olevan lämmön ja siirtävät lämmön tuloilmaan. Pyörivässä siirtimessä ilmavirrat voivat sekoittua, joten pyörivää siirrintä ei voi käyttää kaikissa tapauksissa. Siirtimen tehoa säädellään pyörimisnopeudella. Pyörivän lämmönsiirtimen hyötysuhde on noin 60–80 %. (4, s. 11.)

Nestekiertoinen LTO

Nestekiertoista järjestelmää käytetään mm. ammattikeittiöiden poistoilman lämmöntalteenotossa ja sellaisissa tilanteissa, joissa poistoilmaluokka vaatii nestekiertoisen LTO:n käyttöä. Nestekiertoisessa LTO:ssa on poistoilmassa patteri, josta lämpö otetaan talteen kierrättämällä nestettä patterissa. Talteen saatu lämpö siirretään nesteen välityksellä tuloilmassa olevaan patteriin. Nestekiertoisen lämmönsiirtimen hyötysuhde on matalampi kuin muiden versioiden, noin 40–60 % (4, s. 12).

3.2.2 Huurtumisen esto

Lämmöntalteenoton hyötysuhteen rajoittavana tekijä on LTO-kennon huurtuminen. LTO-kennossa oleva kosteus alkaa huurtumaan, mikäli kennon lämpötila laskee liian matalaksi. Mikäli kenno alkaa huurtumaan, levylämmönsiirtimissä pienennetään tuloilmapuhaltimen nopeutta ja tarvittaessa se sammutetaan kokonaan, jolloin poistoilmavirta sulattaa LTO-kennon. Tätä ohjataan koneessa olevalla automatiikalla. Ympäristöministeriö on ohjeistanut asetuksessa 1009/2017 pykälässä 21, että huurtumisen esto toteutetaan ohittamalla LTO-kenno tuloilmapuolelta tai asentamalla esilämmityspatteri ennen LTO-kennoa.

Pyörivissä lämmönsiirtimissä huurtumista estetään pienentämällä tuloilmavirtaa sekä pienentämällä lämmönsiirtimen kierrosnopeutta, jolloin poistoilmavirta ehtii sulattamaan huurteen kennon pinnalta. Huurtuminen todetaan paine-eromittauksella. Lämmönsiirtimen molemmin puolin on asennettu paineanturit, jotka mittaavat paine-eroa siirtimen yli. Paine-eron raja-arvon ylittyessä automatiikka alkaa muuttamaan tuloilmapuhaltimen ja lämmönsiirtimen kierrosnopeutta. Paine-eron pienentyessä sallituksi sekä tuloilmapuhaltimen että lämmönsiirtimen nopeus palautuu normaaliksi. Huurtumisen estoa voidaan ohjata myös ulospuhalluslämpötilalla ja valokennolla.

3.3 Lämmitystehon tarve

Tuloilman lämmitystä tarvitaan, koska ilmanvaihtokoneessa oleva lämmöntalteenotto ei kykene lämmittämään koneelle tulevaa ulkoilmaa riittävästi. Määräysten mukaan LTO:n pitäisi pystyä ottamaan talteen poistoilmasta lämpömäärä, joka vastaa ilmanvaihdon tarvittavasta lämpömäärästä vähintään 45 %:a (5, s. 15).

Tuloilman lämmittämiseen tarvittava teho saadaan laskettua kaavasta 1. Lämmityspatterin tehoa säädetään menoveden lämpötilaa muuttamalla. Menoveden lämpötilaa muutetaan ulkoilman ja tuloilman perusteella. Tuloilman lämpötila on talvella noin 18 ˚C. Patterin menoveden lämpötilaa säädetään muuttamalla pääpiirin virtaamaa 2-tieventtiilillä, jota ohjaa kiinteistöautomatiikka. Säätöventtiilin valintaan on suositeltavaa kiinnittää huomiota, koska venttiilin rooli tehon säädössä on huomattava. Venttiilin vaikutusaste (auktoriteetti) olisi hyvä olla luokkaa 0,25–0,5 pumpun nostokorkeuteen nähden, jotta säätö olisi mahdollisimman hyvä ja tarkka. Huono auktoriteetti heikentää tehon säätöä, ja liian hyvä auktoriteetti kasvattaa painehäviötä verkostossa ja siten nostaa pumppauskustannuksia. (6, s. 68.)

3.3.1 Ilmanvaihtokoneen lämmityspatterin teho

Ilmanvaihtokoneen lämmityspatterin teho saadaan laskettua kaavalla 1.

$$Ø_{iv} = \rho_i \, C_{p,i} \, qv_{,tulo} \, (T_{sp} - T_{lto,mit}) \qquad \textit{KAAVA 1.}$$

Missä

$Ø_{iv}$ on lämmityspatterin teho [W]

ρ_i on ilman tiheys [kg/m^3]

$C_{p,i}$ on ilman ominaislämpökapasiteetti [J/(kg ˚C)]

$qv_{,tulo}$ tuloilmavirta, [m^3/s]

T_{sp} on sisäänpuhalluslämpötila [˚C]

$T_{lto,mit}$ on LTO:n jälkeinen tuloilman lämpötila mitoitustilanteessa [˚C]

3.3.2 Auktoriteetin laskeminen

Auktoriteetin laskennassa verrataan täysin avoimen säätöventtiilin painehäviötä verkoston muuhun painehäviöön, johon on lisätty täysin avoimen säätöventtiilin painehäviö.

Venttiilin vaikutusaste (auktoriteetti) β_H lasketaan kaavalla 2.

$$\beta_H = \frac{\Delta P2tv}{(\Delta P,verkosto+\Delta P2\quad)} \qquad \textit{KAAVA 2}$$

Missä:

β_H on venttiilin vaikutusaste

ΔP2tv on täysin avoimen venttiilin painehäviö

ΔP, verkosto on muun verkoston aiheuttama painehäviö

Käyttökelpoisempi venttiiliauktoriteetti β' lasketaan kaavalla 3. Kaavassa verrataan säätöventtiilin painerojen ∆pmin mitoitusvirtaamalla ja ∆pmax välistä suhdetta (17, s. 40).

$$\beta' = \frac{\Delta pmin\ mitoitusvirtaamalla}{\Delta pmax} \qquad \textit{KAAVA 3}$$

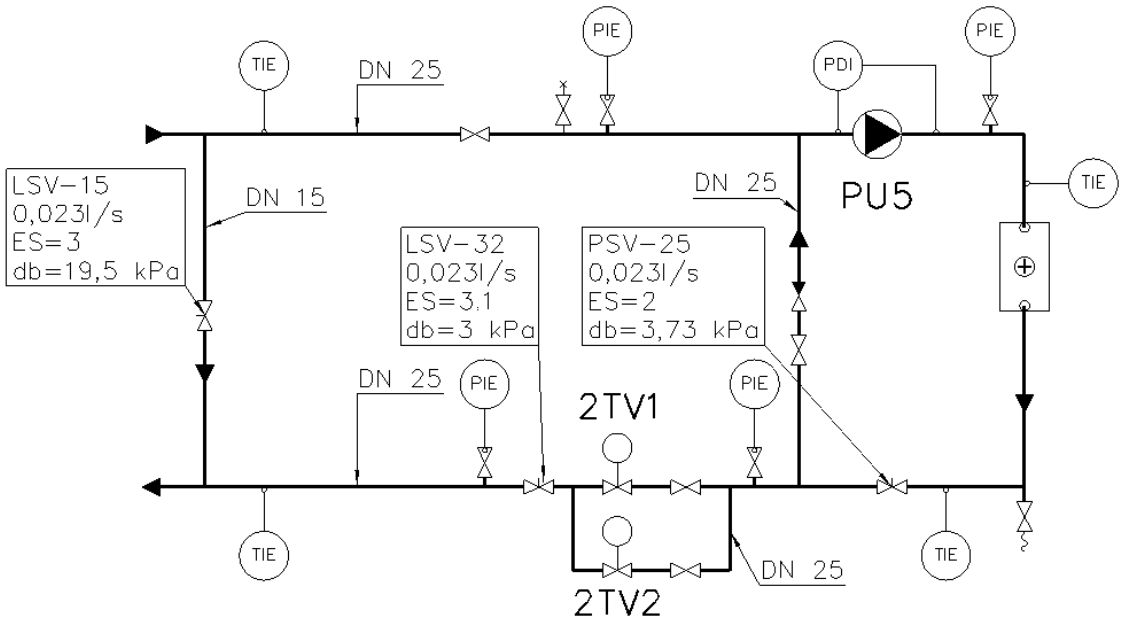
Missä:

∆pmin mitoitusvirtaamalla on täysin avoimen venttiilin painehäviö mitoitusvirtaamalla

∆pmax on täysin suljetun venttiilin painehäviö

3.3.3 Lämmityspatterin tehon säätö

Lämmityspatterin tehoa säädetään säätöventtiilillä, jolla pitää olla hyvä auktoriteetti. TK2 varustettiin kahdella säätöventtiilillä, joista toisessa on hyvä auktoriteetti ja toisessa huono, jolloin auktoriteetin merkitys voidaan käytännössä todeta (kuva 1).



KUVA 1 TK2 lämmityspatteri varustettu kahdella säätöventtiilillä

Koska kyseessä on 2-tiesäätö, lämmityspatterilla on oma kiertovesipumppu (PU5), ns. piiskapumppu, joka kierrättää vettä patterin läpi lähes vakiovirtaamalla. Tällä varmistetaan tasainen virtaama patterin läpi sekä estetään talviolosuhteissa mahdollinen patterin jäätyminen. 2TV1:n sulkeutuessa vesi virtaa pelkästään ohituspiirin kautta. Ohituspiirin läpi virtaaminen 2TV1:n ollessa auki rajoitetaan LSV-15:n avulla. Ohituspiirin virtaama on 0,023 l/s ja LSV-15:n painehäviö on sama kuin PU3:n nostokorkeus. PSV:llä säädetään verkoston painehäviö vastaamaan pumpun nostokorkeutta pumpun valitulla virtaamalla.

Koska ilmanvaihtokone tulee opetuskäyttöön, lämmityspatterin pumppuryhmä on varustettu useammalla mittauspisteellä. Mittareina käytetään Produalin valmistamia mittareita, joissa on LCD-näytöllä varustettu osoittava mittari sekä kiinteistöjärjestelmään kytkettävä mittari, jolla nähdään mittaustuloksia myös etänä.

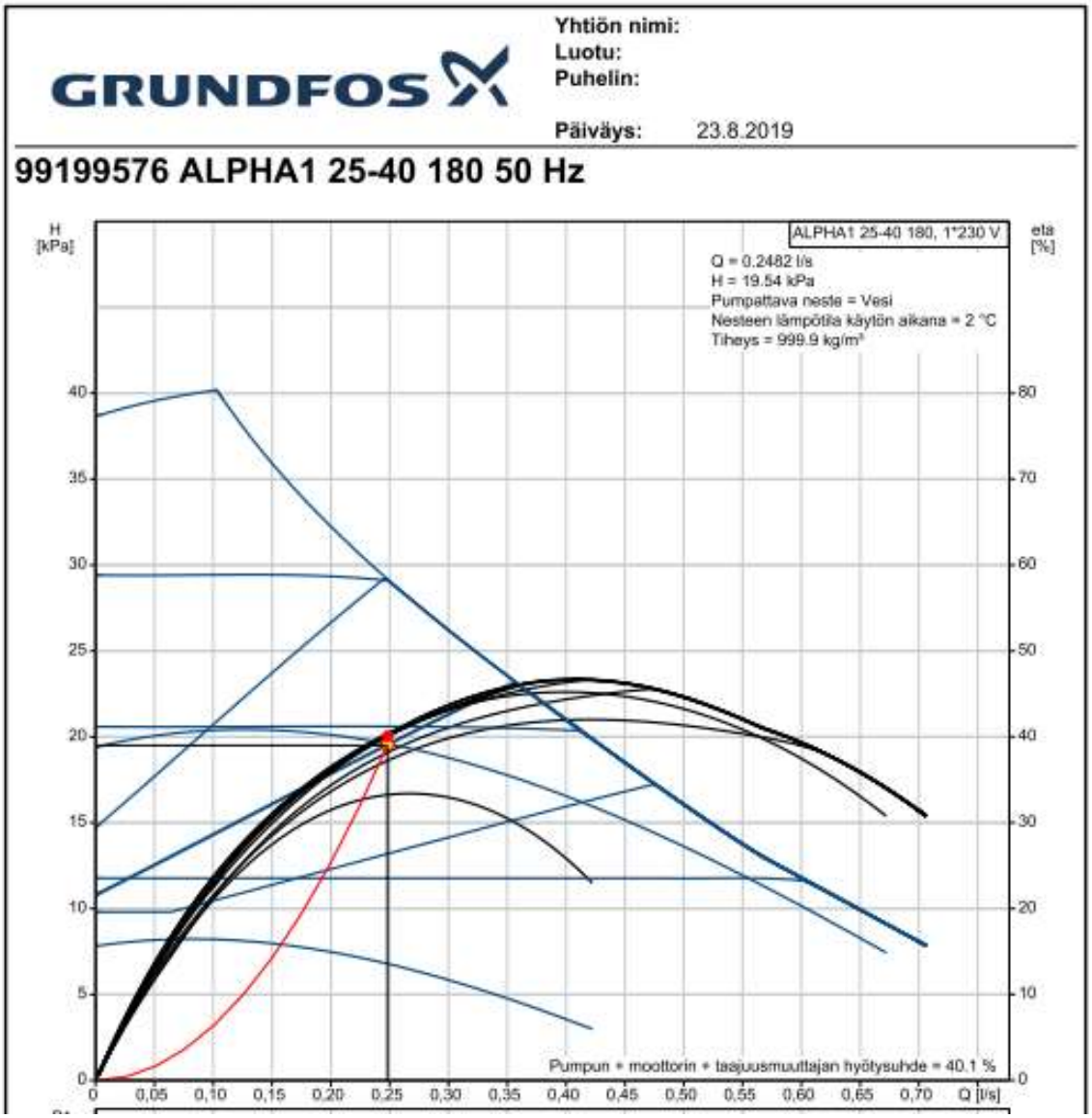
3.4 IV-lämmitysverkon suunnittelutyö

Ilmanvaihdon lämmitysverkosto säädetään tasapainoon, jotta varmistetaan laskettu virtaama verkostossa oleville lämmönluovuttajille. Tasapainotus alkaa jo verkoston putkikoon määrityksessä. Verkosto mitoitettiin painehäviölle 50 Pa/m. MagiCAD-suunnitteluohjelmalla voidaan mitoittaa ja laskea painehäviöt nopeasti. Ennen kuin suunnittelutyö alkoi, oli työlle tehtävä projekti, johon määriteltiin mitoituskriteerit, käytettävät putkimateriaalit, mitoituslämpötilat, käytettävä neste sekä rakennuksen tiedot.

Ohjelmalla mallinnettiin IV-lämmityspatterit ja mallinnukset tuodaan pohjakuvaan. Mallinnusta varten tarvittiin patterin teho, mitoituslämpötilaero sekä patterin painehäviö. Nämä tiedot saadaan ilmanvaihtosuunnittelijalta tai koneen toimittajalta. Ennen lämpöjohtorungon piirtämistä tarkastetaan ilmanvaihtosuunnitelma läpi, jotta vältyttäisiin putkien yhteentörmäykseltä ja päällekkäisyyksiltä. Rungon piirtämisen jälkeen kytketään siihen patterit ja linjasäätöventtiilit, minkä jälkeen mitoitetaan verkosto. Verkoston mitoittamisen jälkeen on tiedossa ns. ”vaikein piiri” ja verkoston koko painehäviö. Näitä tietoja tarvitaan, kun valitaan säätöventtiilit. Säätöventtiilin painehäviö tulisi olla samaa luokkaa kuin muun verkoston painehäviö, jolloin auktoriteetiksi tulee noin 0,5.

Säätöventtiilin valinnassa käytetään esimerkiksi Belimon nettisivuilla olevaa valintaohjelmaa. Mitoitusohjelmaan syötetään venttiilin läpi menevä virtaama ja haluttu painehäviö. Tulokseksi ohjelma antaa muutaman vaihtoehdon, joista valitaan sopivin. Venttiilin valinnan jälkeen kyseinen venttiilimalli ladataan MagiCADin tuotesivuilta ja asennetaan se verkostoon, minkä jälkeen verkosto tasapainotetaan, jotta myös venttiilin painehäviö tulee mukaan. Samalla kaavalla valitaan verkostoon tulevat muut säätöventtiilit. Kun kaikki venttiilit on valittu, verkosto tasapainotetaan, jotta saadaan linjasäätöventtiileille säätöarvot, pumpulle tarvittava nostokorkeus ja virtaama tietoon, jotta voidaan valita pumppu.

Verkoston teho ja virtaama muuttuu vallitsevan ulkoilman ja tuloilmakoneen ilmavirran mukaan, joten verkoston pääpumpuksi valitaan säädettävä pumppu, joka on Grundfos Alpha 1 25-40 (kuva 2). Tässä pumpussa on säätömahdollisuutena suhteellinen painesäätö, vakiopainesäätö ja vakiokierroslukukäyrä. Pumppu asetetaan suhteelliselle paineelle, eli kun virtaama pienenee, myös nostokorkeus pienenee. Pumppu voidaan asettaa myös vakiopainekäyrälle, koska suhteellinen painesäätö ei välttämättä toimi kaikissa olosuhteissa.



KUVA 2 IV-pääpumpun toimintapiste

IV-verkoston suunnittelun lopuksi mitoitetaan paisunta-astia ja merkitään suunnitelmiin putkikoot, eristetyypit, materiaalit, venttiilien säätöarvot, pumppujen numeroinnit ja kaiken muun, mitä suunnitelmissa yleensä on. Lopuksi suunnitelmista tehdään PDF-tulosteet mittakaavaan 1:50. Lämpöjohdot eristetään LVI-50 10345 -kortin mukaan, jolloin eristepaksuus valitaan eristesarjan 24 mukaan. Eristeenä käytetään mineraalivillakourua, joka pinnoitetaan peltipinnoitteella (16).

3.5 Laitteet

Tuloilman lämmitystehon säädössä tarvitaan eri komponentteja, jotta lämmitysteho olisi joka tilanteessa optimaalinen. Tehon säädössä tarvittavia komponentteja ovat kiertovesipumppu, säätöventtiili sekä linjasäätöventtiili.

3.5.1 Kiertovesipumput

Tuloilman lämmityspiirissä on yhteensä kolme kiertovesipumppua, yksi pääkiertovesipumppu (PU3) ja lämmityspattereilla omat kiertovesipumput (PU4, PU5). Pumpun virtaama saadaan laskettua kaavalla 4.

$$qv = \frac{Ø\ [W]}{Cp * \rho * \Delta T} \qquad \textit{KAAVA 4}$$

Missä:

qv on pumpun virtaama [m^3/s]

Ø on lämmitysteho [W]

Cp on nesteen ominaislämpökapasiteetti [J/kg ˚C]

ρ οv nesteen tiheys [kg/m^3]

ΔTon lämpötilaero [˚C]

Esimerkiksi lasketaan PU3:n virtaama:

- lämmitysteho: 20 500 W
- lämpötilat: 50/30 ˚C
- ominaislämpökapasiteetti lämpötilassa 30 ˚C: 4180 j/kg ˚C
- veden tiheys lämpötilassa 30 ˚C on 996 kg/m^3.

$qv_{,\ PU3} = \frac{20500}{4180 * 996 * (50-30)}$=0,000246 $m^3/s \approx 0{,}25\ dm^3/s$

3.5.2 PU3-pääkiertovesipumppu

PU3 kierrättää vettä IV-lämmitysverkossa lämmönsiirtimen ja IV-koneissa olevien lämmityspatte-reiden välillä. PU3 on Grundfosin valmistama pumppu, ja säätötavaksi on valittu suhteellinen paine (liite 1).

Tekniset tiedot:

- malli: Grundfos Alpha 1 25-40 180
- virtaama: 0,25 l/s
- nostokorkeus: 20 kPa
- säätötapa: suhteellinen painesäätö.

3.5.3 PU4-TK1- pumppu

PU4 on Grundfosin valmistama pumppu, joka sijaitsee TK1:n lämmityspiirissä. Lämmityspatterilla on lähes vakiovirtaama, joten säätötavaksi on valittu vakiokierrospumppu (liite 2).

Tekniset tiedot:

- malli: Grundfos UP 20-07 N150
- virtaama: 0,05 l/s
- nostokorkeus: 6,5 kPa
- säätötapa: vakiokierrosluku.

3.5.4 PU5-TK2-pumppu

PU5 on Grundfosin valmistama pumppu, joka sijaitsee TK2:n lämmityspiirissä. Lämmityspatterilla on lähes vakiovirtaama, joten säätötavaksi on valittu vakiokierrospumppu. (liite 3).

Tekniset tiedot:

- malli: Grundfos UP 20-15 N150
- virtaama: 0,2 l/s
- nostokorkeus: 8,3 kPa
- säätötapa: vakiokierrosluku.

3.5.5 Säätöventtiili

Säätöventtiili on tässä toteutuksessa 2-tieventtiili, koska lämmitysjärjestelmä on muuttuvalla vesivirralla. Säätöventtiili voisi olla myös 3-tieventtiili, jolloin pumpun tuottama virtaama on vakio. Säätöventtiili valitaan tarvittavan virtaaman ja verkoston painehäviön perusteella. Virtaamaksi valitaan lämmityspatterin tarvitsema virtaama, ja venttiilin tavoitepainehäviöksi tulee muun verkoston kokonaispainehäviö. Mikäli venttiilin haluttu painehäviö on lähellä muun verkoston painehäviötä, venttiilin vaikutusasteeksi tulee suositeltu 0,35…0,5.

Valitut 2-tieventtiilit ovat Belimon valmistamia. Säätöventtiilinen valinnassa on käytetty apuna Belimon venttiilivalintaohjelmaa.

Venttiilin mitoitusarvot 2TV3, muun verkoston Δp= 11 kPa

- malli: Belimo R2015-P63-S1
- KVS-arvo: 0.63
- virtaama: 0,05 l/s
- venttiilin painehäviö: 8 kPa
- vaikutusaste: 0,42.

Venttiilin mitoitusarvot 2TV1:

- malli: Belimo 2015-2P5-S1
- KVS-arvo: 2.5
- virtaama: 0,2 l/s
- venttiilin painehäviö: 8 kPa
- vaikutusaste: 0,42.

$\beta_{2TV3} = \frac{8\ kPa}{(11\ kPa + 8\ kPa)} = 0{,}42$

Venttiilin valinnassa käytetään Kvs-arvoa. Kvs-arvo kertoo suurimman mahdollisen virtaaman yhden tunnin aikana 1 baarin paine-erolla venttiilin ollessa täysin auki. Kvs-yksikkö on siis m^3/h. Venttiilin haluttu Kvs-arvo lasketaan kaavalla 5.

Kvs-arvo:

$$Kvs = \frac{\text{qv } [\frac{\text{m}^3}{\text{h}}]}{\sqrt{\Delta P[bar]}}$$ *KAAVA 5*

Missä:

qv on virtaama [m^3/h]

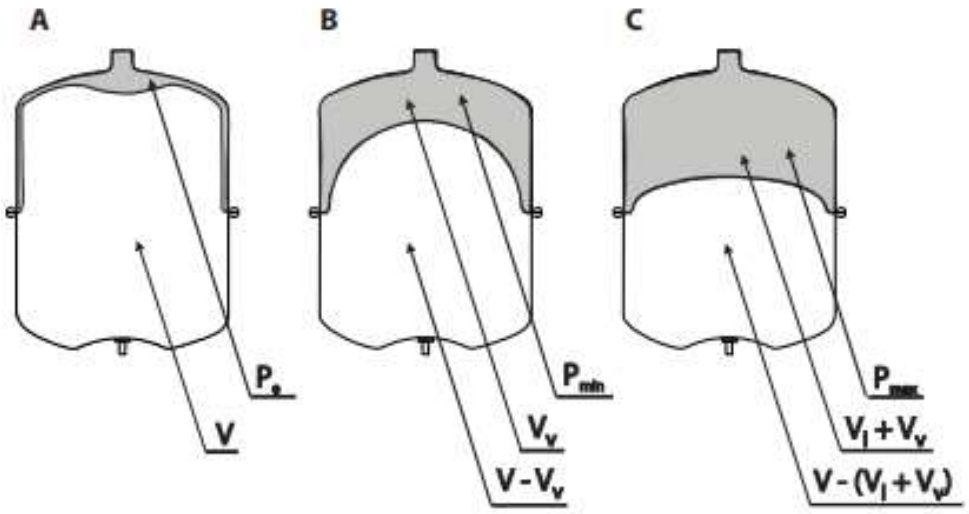
∆P on venttiilin painehäviö [bar]

3.5.6 Linjasäätöventtiili

Linjasäätöventtiiliä käytetään verkoston tasapainottamiseen ja virtauksen mittausta varten. Mikäli verkoston jossain osissa tarvitaan painehäviötä, linjasäätöventtiilillä on helppo toteuttaa tarvittava painehäviö.

3.5.7 Paisunta-astia

Paisunta-astiaa käytetään lämmitysverkostossa tasaamaan verkostossa kiertävän nesteen lämpötilan muutoksen aiheuttamaa paineen vaihtelua. Paisunta-astia on suljettu säiliö, jonka sisällä on kalvo, jonka toisella puolella on paineistettua ilmaa (esipaine) ja toisella puolella verkostossa oleva neste (kuva 3) (7, s. 4).



V = kalvopaisunta-astian tilavuus, dm^3
V_v = vuotovaratilavuus, pienelle vesihukalle, vuodolle tai häiriölle, dm^3
V_l = verkostoveden laajenemistilavuus, dm^3

Kuva 2. *A) Paisunta-astia ennen kytkentää verkostoon (p_e), B) paisunta-astia kytketty verkostoon ja verkosto on täytetty vähimmäiskäyttöpaineeseen (p_{min}) ja C) paisunta-astia on enimmäismitoituslämpötilassa (p_{max}).*

KUVA 3 Periaatekuva paisunta-astian toiminnasta (7, s. 4)

Paisunta-astian valintaan tarvitaan seuraavia tietoja:

- verkoston kokonaistilavuus V_o [dm^3]
- verkoston enimmäislämpötila mitoitustilanteessa [˚C]
- laitoksen lämmitysteho Ø [kW]
- staattinen paine, eli korkeusero laitoksen ylimmän laitteen ja paisunta-astian välillä, p_{st} [kPa]
- verkoston suurin sallittu käyttöpaine, p_{rak} [kPa].

Paisunta-astian mitoittamiseen käytetään kaavoja 6 - 10 (7, s. 4).

$$H_{brutto} = 1 - \frac{Pe}{P_{max}} = 1 - \frac{(p_e+100)}{(p_{max}+100)} \qquad \textit{KAAVA 6}$$

$$H_{vara} = 1 - \frac{Pe}{P_{min}} = 1 - \frac{(p_e+100)}{(p_{min}+100)} \qquad \textit{KAAVA 7}$$

$$H_{netto} = H_{brutto} - H_{vara} \qquad \textit{KAAVA 8}$$

$$K_{mit} = \frac{1}{H_{netto}} \qquad \textit{KAAVA 9}$$

$$V = a * K_{mit} * V_o \qquad \textit{KAAVA 10}$$

Missä:

- H_{brutto} on paisunta-astian bruttonestetilavuus
- H_{vara} on paisunta-astian vuotovaranestetilavuus
- H_{netto} on paisunta-astian nettonestetilavuus
- K_{mit} on paisunta-astian mitoituskerroin, laskettuna tai taulukkoarvo
- V on paisunta-astian tilavuus [dm^3]
- a on nesteen lämpölaajenemiskerroin [%]
- P_e on paisunta-astian absoluuttinen esipaine [kPa]
- P_{max} on absoluuttinen enimmäiskäyttöpaine [kPa]
- P_{min} on absoluuttinen vähimmäiskäyttöpaine [kPa].

Paisunta-astian tilavuus on laskettu kaavasta 10

V_o = 80 dm^3

K_{mit} = 3,11 katsottu taulukosta 1 (LVI-kortti 11-10472)

a= 1,71 % nesteenlämpölaajenemiskerroin, taulukkoarvo (LVI-kortti 11-10472)

V= 80 dm^3 *3,11* 0,0171=4,5 dm^3

Valittu koko on **<u>15 dm^3</u>**

Suunnitelmiin merkitään seuraavat tiedot:

- p_e on 50 kPa (esipaine)
- $p_{häl^-}$ on 70 kPa (alapaineen hälytysraja)
- p_{min} on 100 kPa (verkoston alin käyttöpaine)
- $p_{täyttö}$ on 110 kPa (verkoston normaali käyttöpaine]
- p_{max} on 250 kPa (verkoston ylin käyttöpaine)
- $p_{häl^+}$ on 270 kPa (verkoston paineen ylärajahälytys)
- p_{var} on 300 kPa (varoventtiilin avautumispaine).

4 PATTERILÄMMITYS

Vesikiertoinen patterilämmitys on hyvin suosittu ja käytetty lämmitysmuoto maailmalla. Patterilämmityksessä radiaattorissa lämmin vesi johdetaan radiaattorin yläosaan, josta vesi liikkuu painovoimaisesti alas lämmittäen patterin kauttaaltaan. Patterin pinnalta lämpö siirtyy konvektion ja säteilyn avulla huoneilmaan. Vesi poistuu yleensä patterin alareunasta ja palaa takaisin lämmönlähteelle. Vesikiertoiset patterilämmitysjärjestelmät voidaan jakaa karkeasti yksiputki- ja kaksiputkijärjestelmään. Patteri on yleensä joko radiaattori- tai konvektorimallinen. Konvektoripatteri on putkivirtauspatteri, jossa lämmin vesi jakautuu patteriin pakotettuna.

Ennen kuin koneellinen ilmanvaihto ja LTO yleistyi, lämmityspattereilla lämmitettiin rakennuksen korvausilma. Patterin takana oli seinässä korvausilmaventtiili, jonka läpi virtasi korvausilmaa sisälle. Tavanomaisissa kerrostaloissa korvausilma otettiin sisälle ikkunassa olevien korvausilmaventtiilien avulla, jolloin patteri asennettiin ikkunan alle lämmittämään korvausilmaa. (3, s. 24.)

Vesikiertoisen patterilämmityksen säätö toteutetaan mm. menoveden lämpötilaa säätämällä, lämmitysverkoston tasapainotuksella, patteriventtiilillä ja patteriventtiilin termostaatilla. Menoveden lämpötilaa säädetään ulkoilman lämpötilan perusteella. Lämmityskäyrää käytetään automatiikassa havainnollistamaan menoveden lämpötilan muutos ulkolämpötilan muuttuessa.

4.1 Yksiputkijärjestelmä

Yksiputkijärjestelmässä menovesi kiertää patterilta seuraavalle, joten kun mennään linjaston loppupäätä kohti, veden lämpötila laskee. Koska veden lämpötila laskee, patterin lämmönsiirtopinta-alaa on kasvatettava linjan loppua kohden. Viimeisen patterin jälkeen vesi palaa takaisin jakotukille tai lämmönlähteelle, jossa vesi lämpenee. Yksiputkijärjestelmässä on yleensä 1…5 patteria per lenkki. Yksiputkijärjestelmässä patteriventtiilien esisäätöarvot ovat täysi auki, vain rinnakkaiset lenkit tasapainotetaan kertasäätöventtiilillä. (8, s. 5.)

4.2 Kaksiputkijärjestelmä

Lämpöjohtorungossa menopuolella kiertää lämmin vesi, mistä haaroitetaan joka patterille oma putki. Paluuvesi tulee patterilta paluujohtorunkoon, josta vesi kiertää takaisin lämmönlähteelle. Kaksiputkijärjestelmässä joka patterille menee lähes saman lämpöinen vesi, jolloin pattereiden kokoa ei tarvitse kasvattaa linjan loppua kohden. Menolämpötilan säilyessä lähes samana voidaan

patteriverkostoon lisätä useita pattereita verrattuna yksiputkijärjestelmään. Lämmitysverkostot ovat suljettuja järjestelmiä, joten putkimateriaalina voidaan käyttää rautaputkea. Järjestelmän käyttöönoton yhteydessä verkosto ilmataan, jolloin jäljelle jää vain vesi, josta ajan saatossa poistuu happi ja muut kaasut. (8, s. 5.)

4.3 Patteriverkosto

Patteriverkosto käsittää 9 kpl lämmityspattereita, jotka sijaitsevat LVI-laboratoriossa. Patteriverkoston on suunnitellut opinnäytetyönä Hossein Tabatabai-Irani ja tässä työssä verkostoon lisättiin opetuskäytössä tarvittavia komponentteja.

Patteriverkosto toteutetaan kaksiputkijärjestelmällä. Patteriverkosto varustetaan opetuskäyttöä palvelevilla mittauspisteillä, joista voidaan mitata virtausta, paine-eroa ja lämpötilaa. Lämpö- ja painemittarit kaapeloidaan automaatiojärjestelmään, josta tapahtumat nähdään digitaalisesti. Lämpötilan säätö tapahtuu kaukolämmön ensiöpuolella sijaitsevilla 2-tieventtiileillä ja kaukolämmön toisiopuolella sijaitsevilla lämpötila-antureilla.

Patteriverkostossa on käytössä myös analogiset rotametrit (kuva 4), joista nähdään patteriventtiilin vesivirta. Patteriventtiilien molemmin puolin on myös paine-eromittauspisteet, joiden kautta pystytään mittaaman paine-ero venttiilin yli ja määrittämään vesivirta venttiilin läpi.

KUVA 4 Rotametri virtauksen mittaukseen (15)

5 JÄÄHDYTYS

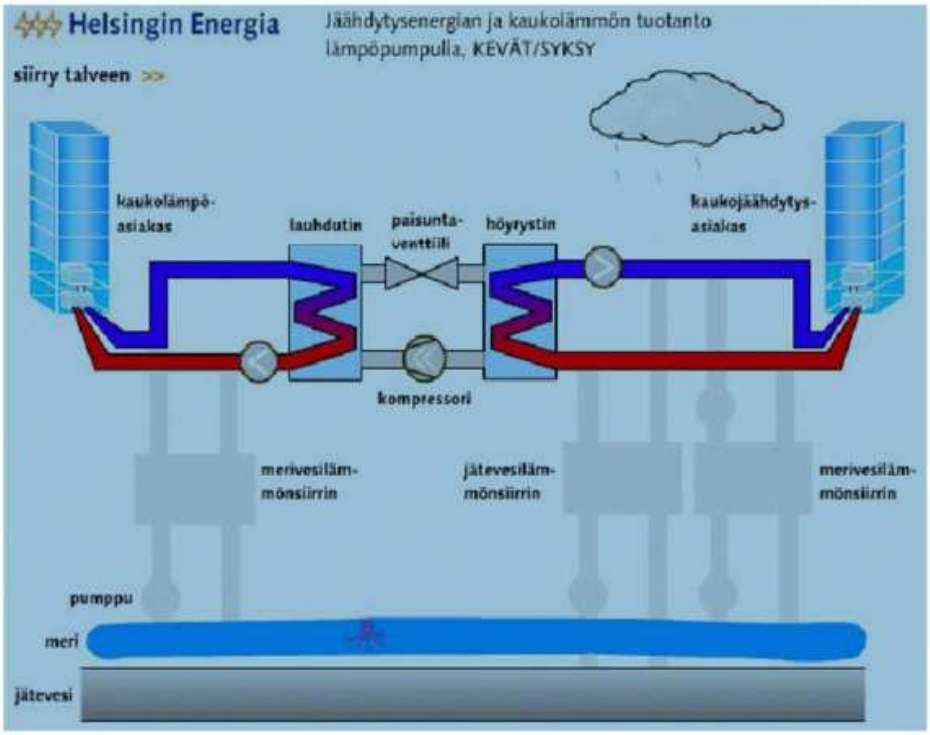
Rakennusten jäähdyttämisen tarve on kasvava trendi nykypäivänä. Tähän vaikuttavat mm. ilmaston lämpeneminen, asumisviihtyvyys sekä laitteiden monipuolisuus ja saatavuus. Tietoliikenteen lisääntyessä tarvitaan myös palvelinhuoneiden jäähdytystä. Jäähdytys voidaan toteuttaa niin paikallisilla jäähdytyskoneilla kuin kaukojäähdytykselläkin.

5.1 Kaukojäähdytys

Kaukojäähdytys on verrattavissa toiminnaltaan kaukolämpöön, sillä erotuksella, että kaukojäähdytyksellä viilennetään rakennuksia. Kaukojäähdytyksen tuottamiseen on käytössä neljä eri toimintatapaa.

5.2 Lämpöpumppujäähdytys

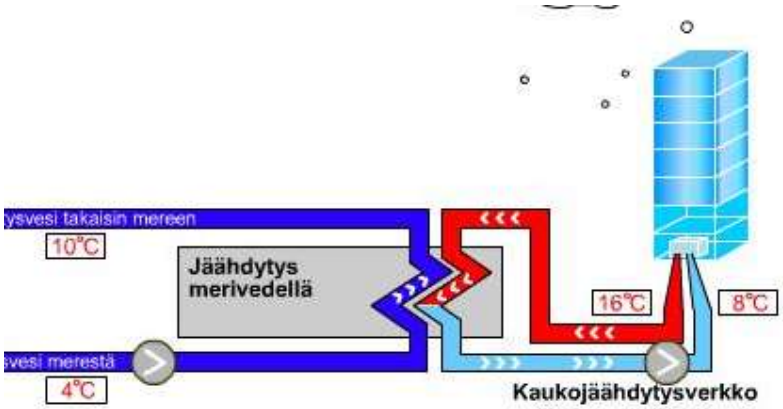
Lämpöpumppua käytetään sekä kaukolämpöön että kaukokylmään. Kesätilanteessa lämpöpumpun höyrystimen läpi ajetaan kaukojäähdytyksestä palaava lämmennyt vesi, missä vesi jäähtyy takaisin mitoituslämpötilaan +7 ˚C ….+9 °C. Höyrystimen matala lämpötila saadaan aikaan kylmäaineprosessilla. Lämpöpumpussa oleva kompressori puristaa kylmäaineen korkeaan paineeseen, jossa kylmäaineen lämpötila nousee korkeaksi. Tämän jälkeen kylmäaine lauhtuu lauhduttimessa, josta saatu lämpöenergia voidaan siirtää kaukolämmön paluuveden lämmittämiseen. Lauhduttimen jälkeen kylmäaine menee paisuntaventtiilille, jossa kylmäaineen paine ja lämpötila laskevat. Kylmäaineella on eri höyrystymislämpötila eri paineessa, eli kun kylmäaineen paine laskee, myös lämpötila laskee. Esimerkiksi kylmäaineen R407c höyrystymislämpötila paineessa 4,5 baaria (abs) on −0,7 ˚C, eli kun kylmäaineen paine lasketaan paisuntaventtiilissä 4,5 baariin ja se menee höyrystimelle, kylmäaineen lämpötila on silloin −0,7 astetta. Höyrystimen läpi ajettava kaukojäähdytysvesi siis jäähtyy ja höyrystimessä kiertävä kylmäaine tulistuu ennen kuin se menee takaisin kompressorille. Seuraavalla sivulla on periaatekuva Katri Valan lämpöpumppulaitoksesta, joka sijaitsee Helsingissä (kuva 5*).* (9, s. 3.)



KUVA 5 Katri Valan lämpöpumppulaitos (9, s. 3)

5.3 Vapaajäähdytys

Vapaajäähdytyksellä kaukojäähdytyksen paluuvesi jäähdytetään käyttämällä ulkoilmaa tai meri- tai järvivettä. Koska kesäisin vesistöjen ja ulkoilman lämpötilat nousevat, vapaajäähdytystä ei voi käyttää kuin talvella, joten sillä jäähdytetään tiloja, jotka vaativat jäähdytystä myös talvella. Veden jäähdyttäminen toteutetaan käyttämällä lämmönsiirrintä, jonka toisella puolen kiertää merivesi ja toisella puolen kaukojäähdytysvesi (kuva 6). (9, s. 4.)

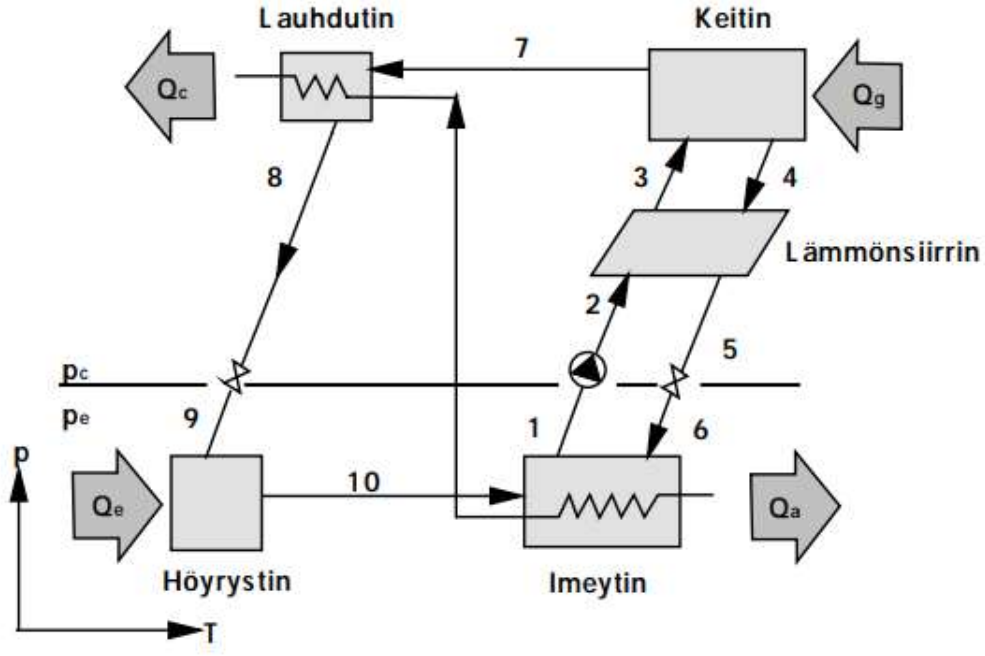


KUVA 6 Vapaajäähdytys (9, s. 4)

5.4 Absorptiojäähdytys

Absorptiopumpputekniikka eroaa kompressorikäyttöisestä lämpöpumpuista sillä, että siinä ei tarvitse kompressoria tai muutakaan mekaanista työtä tekevää laitetta ollenkaan, vaan tarvittava energia saadaan aikaan absorptiomenetelmällä ja lämpöenergialla.

Absorptioprosessi perustuu kahden eri aineen tasapainotilaan, ja kun tasapainotilaa muutetaan, siinä vapautuu tai sitoutuu kaasua, mistä saadaan energia talteen. Kuvassa 7 prosessi on kuvattu tarkemmin. Lämpöpumpun korvaa höyrystin ja lauhdutin. Kylmäaine virtaa lauhduttimelta paisuntaventtiilin kautta höyrystimelle. Osa kylmäaineesta höyrystyy jo paisuntaventtiilissä ja loput höyrystimellä. Höyry absorboidaan imeyttimessä liuottimeen (eli absorbenttiin) ja liuoksen paine nostetaan takaisin ylemmälle painetasolle (pc). Tämä prosessiosa vastaa lämpövoimakoneen suorittamaa työtä ja korvaa mekaanisen komprimoinnin. Imeytintä joudutaan jäähdyttämään lauhtumis- ja liukenemislämmön kompensoimiseksi. Keittimessä kylmäaine vapautetaan ja väkevöity liuos palautetaan imeyttimeen lämmönsiirtimen ja paisuntaventtiilin kautta. (10, s. 13.)



KUVA 7 Absorptioprosessi (10, s. 13)

5.5 Kylmävesivarasto

Kylmävesivarastossa jäähdytysvesi ns. ladataan yöllä käyttölämpötilaan +7 ˚C. Helsingin kaupungin alla sijaitsee tekojärvi, jonka tilavuus on noin 26 000 kuutiometriä. Tekojärveen vesi tulee Päijänteeltä. Kaukokylmän paluuvedestä (lämpötila noin 12 ˚C) otetaan lämpö talteen lämpöpumpulla ja saatu lämpöenergia siirretään kaukolämmitykseen. Lämpöpumpun jälkeen vesi palaa takaisin tekojärveen, jossa se jäähtyy takaisin käyttölämpötilaan. (11.)

5.6 Suorahöyrystin- ja vedenjäähdytyskoneet

Mikäli kaukojäähdytystä ei ole järkevästi saatavilla tai sitä ei haluta, jäähdytykseen löytyy myös jäähdytyskoneita. Jäähdytyskoneiden toiminta perustuu kylmäaineeseen ja kompressorin tekemään työhön. Jäähdytyskoneita käytetään autoissa, asuinrakennuksissa, toimistoissa ja melkeinpä kaikessa jäähdytyksessä. Jäähdytyskoneet voivat olla myös siirrettäviä – tällaisia jäähdytyskoneita käytetään yleensä asuinrakennuksissa.

Kylmäaineiden rajoittaminen tuo tulevaisuudessa haasteita jäähdytyskoneille. Osa nykyisistä kylmäaineista kielletään kokonaan ja osa sallituista kylmäaineista ei sovellu kaikkeen kylmää vaativiin kohteisiin. Kylmäaineiden rajoittamisen syynä ovat kylmäaineen vaikutus otsokerrokseen sekä kasvihuonekaasupäästöt. Kylmäaineen vaikutusta ympäristöön kuvataan ODP- ja GWP-luvuilla. (12.)

- ODP: Luku, joka ilmoittaa kylmäaineen suhteellisen otsonihaitallisuuden. Asteikko on 0…1. Kylmäaineet, jotka tuhoavat otsonikerrosta, on kielletty Euroopassa. Nykyisillä kylmäaineilla ODP-luku on 0.
- GWP: Luku, joka ilmoittaa kylmäaineen kasvihuonehaitallisuuden. Vertailulukuna käytetään hiilidioksidin haitallisuuslukua, joka on 1. GWP-luvut ilmoitetaan yleensä 100 vuoden ajanjaksolle laskettuina arvoina, ja asteikko alkaa 0:sta.

Kuvassa 8 on F-kaasuasetustaulukko, josta selviää, minkälaisessa käytössä ja millä ominaisuuksilla olevia kylmäaineita ollaan seuraavien vuosien aikana kieltämässä.

F-kaasuasetus

Tuotteet ja laitteet[1]		**Kiellon voimaantulo**
Palontorjuntalaitteet, jotka sisältävät HFC-23:a		1.1.2016
Kotitalouksien **jääkaapit ja pakastimet**, jotka sisältävät fluorihiilivetyjä, joiden GWP on vähintään 150		1.1.2015
Kaupalliseen käyttöön tarkoitetut **jääkaapit ja pakastimet** (ilmatiiviisti suljetut laitteet)	jotka sisältävät fluorihiilivetyjä, joiden GWP on vähintään 2500	1.1.2020
	jotka sisältävät fluorihiilivetyjä, joiden GWP on vähintään 150	1.1.2022
Kiinteät jäähdytyslaitteet, jotka sisältävät fluorihiilivetyjä tai joiden toiminta perustuu niihin ja, joiden GWP on vähintään 2500, lukuun ottamatta laitteita, jotka on tarkoitettu sovelluksiin, joita käytetään tuotteiden jäähdyttämiseen alle -50 celsiusasteen lämpötiloihin		1.1.2020
Kaupalliseen käyttöön tarkoitetut **monikompressoriset keskusjäähdytysjärjestelmät**, joiden arvioitu kapasiteetti on vähintään 40 kW ja jotka sisältävät fluorattuja kasvihuonekaasuja tai joiden toiminta perustuu niihin ja joiden GWP on vähintään 150, lukuun ottamatta kaskadijärjestelmien primääriä kylmäainepiiriä, jossa voidaan käyttää fluorattuja kasvihuonekaasuja, joiden GWP on alle 1500		1.1.2022
Liikkuvat huoneilmastointilaitteet (jotka on suljettu ilmatiiviisti ja joita loppukäyttäjä pystyy siirtämään huoneesta toiseen), jotka sisältävät fluorihiilivetyjä, joiden GWP on vähintään 150		1.1.2020
Single split -ilmastointijärjestelmät, jotka sisältävät alle 3 kg fluorattuja kasvihuonekaasuja, jotka sisältävät fluorattuja kasvihuonekaasuja tai joiden toiminta perustuu niihin, joiden GWP on vähintään 750, tai joiden toiminta perustuu niihin		1.1.2025

KUVA 8 F-kaasuasetus (12)

6 JÄÄHDYTYSVESIVERKKO

Laboratorioon suunniteltu jäähdytys toteutetaan sisäasenteisella vedenjäähdytyskoneikolla, jonka kylmäteho on noin 20 kW. Jäähdytysvedellä jäähdytetään ilmanvaihtokoneessa olevia jäähdytyspattereita, jonka lisäksi tulee vielä jäähdytyspalkki sekä kaksi puhallinkonvektoria. Vedenjäähdyttimeksi valittiin Kojan edustama RHOSS TCHEY-122 ja nestejäähdyttimeksi (sijaitsee ulkona) valittiin EHC-DRYCOOLER- 800.

Jäähdytysvesiverkko tulee pelkästään opetus/mallinnuskäyttöön, joten jäähdytystehon todellista tarvetta ei ole tiedossa. Jäähdytystehon tarve määräytyi pitkälle ilmanvaihtokoneissa olevien jäähdytyspattereiden perusteella. Todellinen jäähdytystehon tarve pystytään laskemaan käyttämällä esim. IDA ICE -ohjelmaa tai laskemalla käsin käyttämällä ympäristöministeriön sivuilta löytyvää Rakennuksen energiakulutuksen ja lämmitystehon tarpeen laskenta -opasta. Jäähdytystehon tarpeeseen vaikuttavat mm. henkilökuormat, laite ja valaistuskuormat sekä auringosta johtuva lämpökuorma.

Vedenjäähdytyskoneikko suunniteltiin asennettavaksi hybridilaboratorioon, josta kylmävesijohdot menevät LVI-laboratorioon, jossa ilmanvaihtokoneet sijaitsevat. Hybridilaboratoriossa sijaitsevat kiertoilmakojeet ja jäähdytyspalkki sijaitsee LVI-laboratorion yhteydessä olevassa opetustilassa. Kiertoilmakojeita ohjaa termostaatti, joka säätää koneelle tulevaa veden virtausta sekä säätämällä koneen puhallinnopeutta. IV-koneissa olevien pattereiden tehoa säädetään 2-tieventtiilillä, jota ohjataan talon automatiikalla. Jäähdytyspalkissa on eri lämpötilat kuin jäähdytyspiirissä, joten sen ohjaus ja säätö toteutetaan omalla pumpulla ja 2-tieventtiiliä käyttämällä. Kylmävesijohdot eristetään eristesarjan 21 mukaan. Eristeenä käytetään solukumia kondensoitumisen estämiseksi. Eristeen paloluokka on B_L - s1, d0, jolloin mahdollisessa palotilanteessa savun tuotto on hyvin alhainen.

Jäähdytysjärjestelmään sisältyy myös tasaajasäiliö, jonka käytöllä estetään vedenjäähdytyskoneen pätkäkäynti. Lämmenneen verkoston ja säiliön jäähdyttäminen vedenjäähdyttimen minimiteholla (21/2 kW) pitää kestää vähintään 5 minuuttia. Lauhduttimen lämpöä ei tässä tapauksessa oteta talteen, koska lämpötilat ovat sen verran matalia, ettei sitä kannata ajaa hybridivaraajaan. Lauhduttimesta tuleva lämpökuorma haihdutetaan nestejäähdyttimen välityksellä ulkoilmaan.

6.1 Vedenjäähdytyskone

Jäähdytyskone on Italialaisen RHOSSin valmistama sisäasenteinen kone.

Koneen teknisiä tietoja:

- malli: TCHEY 122 P1
- mitat: L=780mm, K=1140mm, S=700mm
- paino: 196 kg
- teho: 20.6 KW
- käyttölämpötilat: 7/12 ˚C
- neste: Vesi
- virtaama: 3,5 m^3/h
- painehäviö: 71 kPa
- kompressori: kierukkakompressori, ottoteho 5,1 KW
- kompressorien lkm: 1 kpl
- kylmäaine: R410A.

Kierukkakompressorin (Scroll-kompressori) toimintaperiaate perustuu kahteen kierukkaan, joista toinen on kiinteä ja toinen pyörii epäkeskeisesti toisen kierukan sisällä saaden kylmäaineen virtaamaan. Kierukoiden väliin jäänyt kylmäaine siirtyy kolmen kierroksen aikana imupuolelta painepuolelle ja samalla kylmäainehöyry jäähdyttää kompressorin sähkömoottorin. Kierukkakompressorilla saadaan tasainen virtaama, ja kompressori on myös hiljaisempi kuin mäntäkompressorit. (13.)

6.2 Välillinen nestejäähdytin

Välisellä nestejäähdyttimellä jäähdytetään lauhduttimessa kiertävä kylmäaine. Nestejäähdytin on Ekocoilin valmistama tuote.

Tekniset tiedot:

- malli: ECH-DRYCOOLER-800/1x1/EC/F1065-1800-1100-Z2-2.5-DN32-8-T7F18
- mitat: L=1192 mm, P=1800 mm, K=1505 mm
- paino: 192 kg
- sisätilavuus 18 dm^3
- teho: 25,6 W
- ilmavirta: 4,5 m^3/s

- lämpötilat:
    - neste: tuleva = 42 ˚C, lähtevä = 36 ˚C
- virtaama: 4,0 m^3/h
- nesteen painehäviö: 33 kPa
- neste: 40 % Etyleeniglykoli-vesiseos
- lämmönsiirtopinta-ala: 83 m^2
- lamellijako: 2,5 mm
- lamelli: Al 0,12 mm
- puhaltimet
    - lkm: 1 kpl
    - kierrosluku: 6861/min
    - nopeuden (RPM) säätö 72 %
    - puhallintyyppi: EC/3
- äänenpainetaso 10 m etäältä: 46 dB (A)

6.3 Pumput

Jäähdytysverkostoon valittiin sekä Kolmeksin että Grundfossin valmistamia pumppuja. Jäähdytysverkostossa on yhteensä 4 kpl pumppuja. Pumpun virtaama saadaan laskettua kaavasta 4.

$$qv = \frac{Ø\ [W]}{Cp * \rho * \Delta T} \qquad \textit{KAAVA 4}$$

qv = pumpun virtaama [m^3/s]

Ø = verkoston teho [W]

Cp = nesteen ominaislämpökapasiteetti [J/kg ˚C]

ρ = nesteen tiheys [kg/m^3]

ΔT = lämpötilaero [^oC]

6.4 Jäähdytyspumppu PU1

PU1 on ns. jäähdytyksen pääpumppu, joka kierrättää vettä jäähdytyslaitteissa. PU1 on Kolmeksin valmistama taajuusmuuttajalla varustettu pumppu. Liitteestä 4 löytyvät pumpun tarkemmat tiedot.

Tekniset tiedot:

- malli: Kolmeks AE-26/4 SCA 0,2 kW
- virtaama: 0,86 l/s
- nostokorkeus: 47 kPa
- kierrosluku: 1500 rpm.

6.5 Palkkipiirin pumppu PU2

Palkkipiirissä on eri lämpötilat kuin jäähdytysverkossa, joten se tarvitsee oman pumpun. Palkkipiirin pumppu on Grundfosin valmistama pumppu. Jäähdytyspalkissa on termostaattiohjattu venttiili, joka ohjaa palkille menevää vesivirtaa, joten pumpun säätötavaksi valittiin suhteellinen painesäätö (liite 5).

Tekniset tiedot:

- malli: Grundfos Alpha 25-40
- virtaama: 0,05 l/s
- nostokorkeus: 21 kPa
- säätötapa: suhteellinen painesäätö.

6.6 Nestejäähdyttimen pumppu PU7

Nestejäähdyttimen pumpulla kierrätetään vesi-etyleeniglykoliseosta nestejäähdyttimen ja jäähdytyskoneikossa olevan lauhduttimen välillä. Vesi-etyleeniglykoliseosta käytetään, koska nestejäähdytin sijaitsee ulkona, joten pelkkä vesi jäätyisi ulkoilmassa talvella. PU7 on Kolmeksin valmistama pumppu (liite 6).

Tekniset tiedot:

- malli: Kolmeks AE-26/2 VSA 0,65 kW
- virtaama: 1,15 l/s
- nostokorkeus: 81 kPa
- kierrosluku: 2100 rpm
- säätötapa: kierrosnopeussäätö taajuusmuuttajalla.

6.7 Latauspumppu PU8

Latauspumppu kierrättää jäähdytysvettä jäähdytyskoneikossa olevan höyrystimen ja tasaajasäiliön välillä. Latauspumpun virtaama on hieman suurempi kuin PU1-pumpun. PU8 on Kolmeksin valmistama pumppu (liite 7).

Tekniset tiedot:

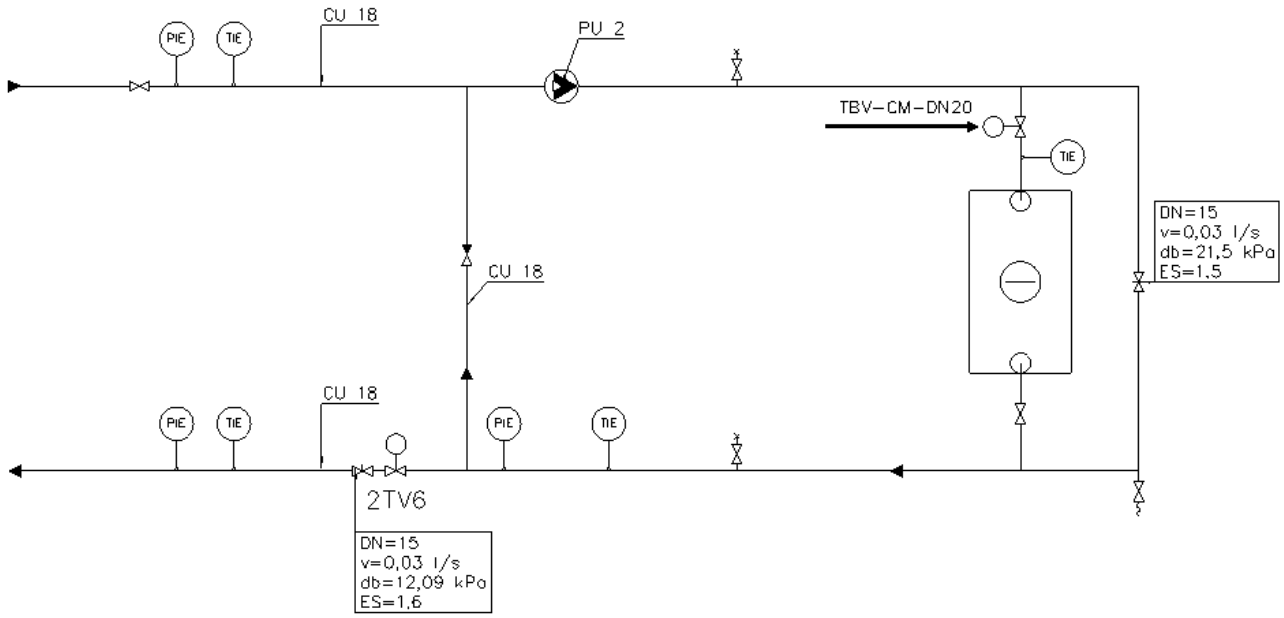
- malli: Kolmeks AE-26/4 SCA 0,2 kW
- virtaama: 0,87 l/s
- nostokorkeus: 11,7 kPa
- kierrosluku: 900 rpm
- säätötapa: kierrosnopeussäätö taajuusmuuttajalla.

6.8 Kiertoilmakoje

Kiertoilmakojeen toiminta perustuu ilman kierrättämiseen kojeen sisällä olevan patterin läpi. Koje voi olla sekä lämmitys- että jäähdytyskäytössä; tässä tapauksessa kojetta käytetään pelkästään jäähdytyskäytössä. Kone varustettiin on/off-venttiilillä, jota huonetermostaatti ohjaa. Kojeen tarkemmat tiedot ovat liitteenä 8.

6.9 Jäähdytyspalkki

Jäähdytettävään tilaan tarvittava tuloilma tuodaan jäähdytyspalkin läpi, jolloin tuloilman lämpötila laskee haluttuun tasoon jäähdyttäen huoneilmaa. Palkkia käytettäessä on vaarana kondensoituminen, joten jäähdytysveden menolämpötila on korkeampi (+15 ˚C) kuin jäähdytysvesiverkostossa (+7 ^{o}C). Jäähdytyspalkin lämpötilan säätö on toteutettu 2-tieventtiiliä käyttämällä (kuva 9).



KUVA 9 Kytkentäpiirros palkkipiiristä

TIE-anturi mittaa jäähdytyspalkille menevän menoveden lämpötilaa pitäen sen asetusarvossa +15 ˚C. Menoveden lämpötilaa säädetään 2TV6-venttiilin avulla, joka sulkee veden virtauksen menoveden ollessa alle asetusarvon. Venttiilin ollessa kiinni menoveteen sekoittuu palkilta tuleva paluuvesi nostaen menoveden lämpötilan takaisin asetusarvoon. Menoveden asetusarvon ylittyessä 2TV6 avautuu, jolloin +7-asteinen vesi pääsee virtaamaan palkkipiiriin jäähdyttäen menoveden asetusarvoon, +15 asteeseen.

6.10 Tasaajasäiliön mitoitus

Tasaajasäiliön tilavuus mitoitetaan arvolla 24 dm^3/kW. Valittua vedenjäähdytyskonetta käytetään osateholla, jolloin mitoituksessa käytetään pienentä osatehoa, jolla kone on käytössä. (14, s. 67.)

Mitoitus:

- kylmäteho = 20,6 kW
- pienin osateho = 8 kW
- verkoston tilavuus = 160 dm^3.

V_{ts}= 8 kW* 24 dm^3/kW = 192 dm^3

Tasaussäiliön tilavuudeksi valittiin V = 200 dm^3. Tasaussäiliö on Akvatermin valmistama Akva-Pro-200-malli.

Tasaajasäiliön tilavuudesta voisi vähentää verkoston kylmänä pidettävän tilavuuden, jolloin säiliön tilavuudeksi riittäisi 192 dm^3–160 dm^3 = 32 dm^3 ja säiliön tilavuus olisi 50 dm^3. Säiliö kytketään kolmiputkikytkennällä.

6.11 2T-venttiilit

2-tieventtiilillä säädetään jäähdytysverkoston virtaamaa, jolloin patterin jäähdytysteho muuttuu. 2-tieventtiilillä on oltava hyvä vaikutusaste (auktoriteetti), jotta venttiili pystyy säätämään virtaamaa. Mikäli auktoriteetiksi tavoitellaan arvoa 0,5, pitää venttiilin aiheuttama painehäviön olla sama kuin muun verkoston painehäviön. Koska venttiilin painehäviö on suuri, myös pumppaustehon tarve kasvaa.

Opinnäytetyötä tehdessä haluttiin selvittää auktoriteetin vaikutusta pumppaustehoon jäähdytysverkostossa. Koska jäähdytys tulee opetus-/mallinnuskäyttöön, jäähdytystä ei ole tarkoitus käyttää huipputeholla vaan koneita käytetään pääasiassa yksitellen. Kytkennöistä mallinnettiin 6 eri vaihtoehtoa, joilla vertailtiin pumppaustehon tarvetta. Tulokset ovat liitteenä 9 ja vaihtoehdot on esitetty alla.

- **Vaihtoehto 1:** Verkostoa käytetään täydellä teholla, jolloin jäähdytystehon tarve on suurimmillaan. Verkoston putkikoko on 54 mm:n cu-putki.
- **Vaihtoehto 2:** Verkostoa käytetään täydellä teholla, mutta putkikoko on muutettu kokoon cu-42.
- **Vaihtoehto 3:** Verkosta käytetään täydellä teholla ja putkikoko on cu-42. Muutoksena on 2-tieventtiilin vaihto TK1- ja TK2- koneissa. Venttiilit vaihdettiin tiukempaan malliin, jolloin painehäviö kasvoi ja auktoriteetti parani.
- **Vaihtoehto 4:** Sama kuin vaihtoehto 3, mutta putkikoko on muutettu kokoon 54, jolloin verkoston painehäviö pieneni ja auktoriteetti parani.
- **Vaihtoehto 5:** Verkostoa käytetään osateholla, jolloin on käytössä vain kone (TK2) sekä palkkipiiri.
- **Vaihtoehto 6:** Verkostossa on käytössä TK1 ja palkkipiiri.

7 YHTEENVETO

Opinnäytetyön aiheena oli hybridilaboratorion jäähdytys- ja lämmityssuunnitelma. Laboratorion suunnitelmia tarvitaan, koska Oulun ammattikorkeakoulu muuttaa uusiin tiloihin kesällä 2020.Työn tavoitteena oli suunnitella hybridilaboratorion lämmitys- ja jäähdytysvesiverkko, oppia käyttämään eri suunnitteluohjelmia sekä oppia suunnittelemaan perusteknisiä jäähdytys- ja lämmitysverkostoja. Hybridilaboratorio tulee opetuskäyttöön, joten suunnitelmissa huomioitiin opetuskäytön vaatimukset sekä verkoston muokattavuus.

Suunnitelmien laajuudeksi jäi lopulta jäähdytys- ja lämmityssuunnitelmat, joihin sisältyi jäähdytys kokonaisuudessaan ja lämmityksen osalta ns. toisiopuolen suunnitelmat eli kaukolämmönsiirtimiltä lämmityslaitteille. Laboratorioon oli jo valmiiksi valittu ilmanvaihtokoneet sisältäen lämmitys- ja jäähdytyspatterit, joten varsinainen työ oli suunnitella putkireitit, valita putkikoot, mitoittaa ja tasapainottaa verkosto sekä valita tarvittavat pumput nesteen pumppausta varten.

Suunnitelmia muutettiin työn edetessä jonkin verran alkuperäisestä ajatuksesta, lähinnä ilmanvaihtokoneiden tehontarpeen muuttuessa ja putkirunkojen reitityksien muuttuessa. Suunnitelmissa huomioitiin verkoston muokattavuus. Kiertovesipumput valittiin siten, että virtausta voidaan muuttaa verkoston tehon muuttuessa ilman, että pumppuja tarvitsisi vaihtaa. Ilmanvaihtokoneita käytetään pääasiassa yksitellen, joten lämmitys- ja jäähdytystehontarve muuttuu. Verkosto mitoitettiin väljäksi, joten verkostoa voi tulevaisuudessa laajentaa. Lämmitys- ja jäähdytysverkostoon sisältyy useita mittauspisteitä, joilla mitataan verkostoon tuotu ja siitä saatu energia. Mittaustuloksilla pystytään analysoimaan verkoston toimivuus sekä lämmönlähteiden hyötysuhteet.

Työn tuloksena Oulun ammattikorkeakoulu sai jäähdytys- ja lämmityssuunnitelmat, joiden pohjalta hybridilaboratorio voidaan toteuttaa. Jäähdytyksen toteutuksen kustannuksia voidaan hieman laskea, mikäli jäähdytyskoneikko siirretään LVI-laboratorioon, minkä seurauksena putkirunkojen asentamisesta hybridilaboratorion ja LVI-laboratorion välillä voitaisiin luopua. Mikäli jäähdytyskoneikko siirretään LVI-laboratorioon, hybridilaboratoriossa oleva jäähdytys joudutaan toteuttamaan toisella tavalla tai jopa luopumaan siitä kokonaan.

LÄHTEET

1. Mäkelä Veli-Matti –Tuunanen Jarmo 2015. Suomalainen kaukolämmitys. Mikkeli.

2. Kaukolämpötilasto 2018. Energiateollisuus. Saatavissa: https://energia.fi/files/3935/Kaukolampotilasto2018.pdf. Hakupäivä 16.10.2019.

3. Hagner, Börje 2015. LVI-alan historiakooste. Tampere.

4. Pelttari Esa 2019. Ilmanvaihdon lämmöntalteenottoratkaisuja korjauskohteissa. Opinnäytetyö. Helsinki: Metropolia ammattikorkeakoulu, talotekniikan koulutusohjelma. Saatavissa: http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2010060411438. Hakupäivä 15.11.2019.

5. Rakennusten energiatehokkuus 2012. Ympäristöministeriö. Helsinki: Saatavissa: https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Kumotut. Hakupäivä 15.11.2019.

6. Rakennuksen energian- ja tehontarpeen laskentaopas 2018. Ympäristöministeriö. Helsinki: Saatavissa:https://www.ym.fi/download/noname/%7B4332AA81-75E1-4CA0-B208-B0ACB60A267F%7D/133692. Hakupäivä 14.11.2019.

7. LVI 11-10472 2011. Paisuntajärjestelmän valinta ja mitoitus. Suunnitteluohjeet. Helsinki: Rakennustieto Oy. Saatavissa: https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/LVI%2011-10472. Hakupäivä 15.11.2019

8. LVI 12-10343 2002. Vesikiertoinen patterilämmitys. Suunnitteluohjeet. Helsinki: Rakennustieto Oy. Saatavissa: https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2052-10797. Hakupäivä 15.11.2019.

9. Tanninen, Tuomas 2011. Saneerattavan toimitilakiinteistön lämmönjakohuoneen ratkaisu liitytäessä kaukojäähdytysverkkoon. Opinnäytetyö. Helsinki: Metropolia ammattikorkeakoulu, talotekniikan koulutusohjelma. Saatavissa: http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201105137776. Hakupäivä 9.10.2019.

10. Koljonen Tiina – Sipilä Kari 1998. Uudemman absorptiojäähdytystekniikan soveltaminen kaukojäähdytyksessä. Saatavissa: https://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/1998/T1926.pdf. Hakupäivä 2.11.2019.

11. Malmberg, Lari 2017 Helsingin salainen ase ilmastonmuutosta vastaan. Rakennuslehti. Saatavissa:https://www.rakennuslehti.fi/2017/09/helsingin-salainen-ase-ilmastonmuutosta-vastaan-on-valtava-maanalainen-jarvi-katso-milta-veden-tayttama-luola-nayttaa/. Hakupäivä 6.10.2019.

12. Suomen kylmäyhdistys ry 2017. Kylmäainetilanne 2017. Saatavissa: http://www.skll.fi/yhdistys/www/att.php?type=2&id=175. Hakupäivä 15.10.2019.

13. Kylmäkompressorit hermeettisestä avokompressoriin. Darmenta Oy. Saatavissa: https://www.darment.fi/kylmaaine-info/kylmakompressorit/. Hakupäivä 15.10.2019.

14. Välilliset jäähdytysjärjestelmät. 2019. Suomen kylmäyhdistys ry. Helsinki. Välilliset jäähdytysjärjestelmät. Saatavissa: http://www.skll.fi/www/att.php?type=2&id=331. Hakupäivä 15.10.2019.

15. Muuttuva-aukkoinen virtausmittari. Kytola Oy. Saatavissa: https://www.kytola.com/fi/tuotteet/virtausmittarit/muuttuva-aukkoiset-virtausmittarit/malli-a. Hakupäivä 15.10.2019.

16. LVI 50-10345 2002. Taloteknisten eristeiden käyttö ja mitoitus. Suunnitteluohjeet. Helsinki Rakennustieto Oy. Saatavissa: https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/LVI%2050-10345. Hakupäivä 15.11.2019.

17. Säätöpiirien säätäminen 2011. Verkkoaineisto. Imi Hydronic Engineering. Saatavissa: https://docplayer.fi/7725041-Saatopiirien-saataminen-saatopiirien-saataminen.html. Hakupäivä 20.12.2019.

LIITTEET

Liite 1. PU3 tekniset tiedot

Liite 2. PU4 tekniset tiedot

Liite 3. PU5 tekniset tiedot

Liite 4. PU1 tekniset tiedot

Liite 5. PU2 tekniset tiedot

Liite 6. PU7 tekniset tiedot

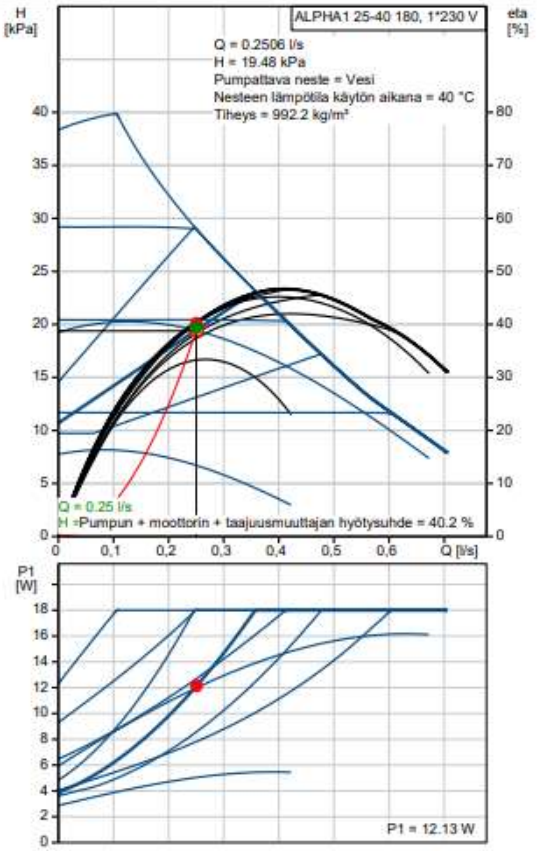
Liite 7. PU8 tekniset tiedot

Liite 8. Kiertoilmakojeen tekniset tiedot

Liite 9. Säätöventtiililileiden painehäviö vertailu

Liite 10. Lämmitys- ja jäähdytyssuunnitelma

Kuvaus	Arvo
Yleistiedot:	
Tuotteen nimi:	ALPHA1 25-40 180
Tuotenro:	99199576
EAN-numero:	5712608550164
	5712608550164
Hinta:	232,00 €
Tekniset:	
Tod. laskettu virtaama:	0.2506 l/s
Pumpun kehittämä paine:	19.48 kPa
Suurin nostokorkeus:	40 dm
TF luokka:	110
Hyväksynnät nimikilvessä:	CE,VDE
Malli:	B
Materiaalit:	
Pumpun pesä:	Valurauta
	EN 1561 EN-GJL-150
	ASTM A48M-150B
Juoksupyörä:	PES
Asennus:	
Ympäristön lämpötila-alue:	0 .. 40 °C
Suurin sall. toimintapaine:	10 bar
Putkiliitäntä:	G 1 1/2
Paineluokka:	PN 10
Asennusväli:	180 mm
Neste:	
Pumpattava neste:	Vesi
Nesteen lämpötila-alue:	2 .. 110 °C
Nesteen lämpötila käytön aikana:	40 °C
Tiheys:	992.2 kg/m³
Sähkötiedot:	
Ottoteho - P1:	3 .. 18 W
Syöttötaajuus:	50 / 60 Hz
Nimellisjännite:	1 x 230 V
Suurin virrankulutus:	0.04 .. 0.18 A
Kotelointiluokka (IEC 34-5):	X4D
Eristysluokka (IEC 85):	F
Moottorisuoja:	EI OLE
Lämpösuoja:	ELEC
Säätimet:	
Autom. yöaika:	N
Kytkentärasian asento:	6H
Muut:	
Energia (EEI):	0.20
Nettopaino:	1.98 kg
Bruttopaino:	2.11 kg
Lähetystilavuus:	0.004 m³
Ruotsalainen RSK-nro:	5758804
Suomalainen LVI-nro:	4615326
Norjalainen NRF-nro:	9043122
Alkuperämaa:	DK
Tullitariffin nro:	84137030

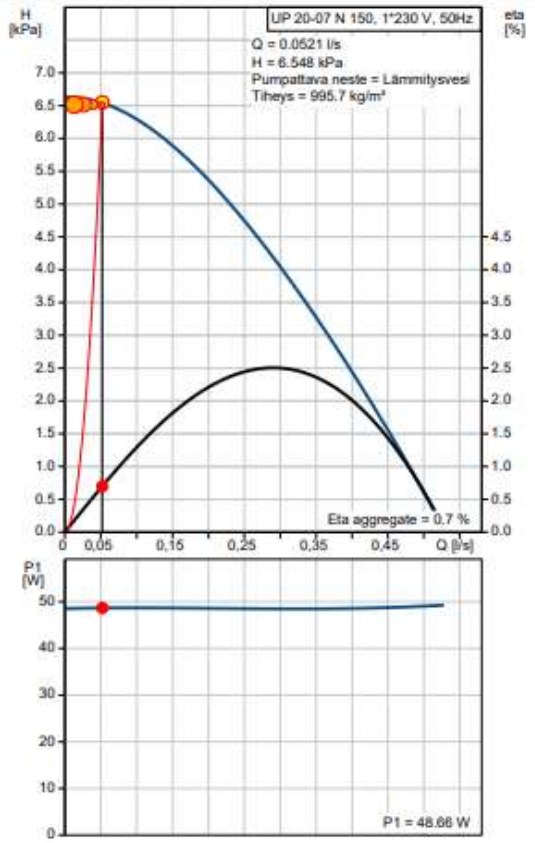


GRUNDFOS

Yhtiön nimi:
Luotu:
Puhelin:

Päiväys: 16.12.2019

Kuvaus	Arvo
Yleistiedot:	
Tuotteen nimi:	UP 20-07 N 150
Tuotenro:	59640506
EAN-numero:	5708601058721
	5708601058721
Hinta:	405,00 €
Tekniset:	
Nopeus N:o:	1
Tod. laskettu virtaama:	0.0521 l/s
Pumpun kehittämä paine:	6.548 kPa
Suurin nostokorkeus:	7 dm
TF luokka:	110
Hyväksynnät nimikilvessä:	CE,VDE,EAC,WEEE
Materiaalit:	
Pumpun pesä:	Ruostumaton teräs
	DIN W.-Nr. 1.4301
	AISI 304
Juoksupyörä:	Komposiitti, PES/PP
Asennus:	
Ymp. max / 80 °C neste:	80 °C
Suurin sall. toimintapaine:	10 bar
Putkiliitäntä:	G 1 1/4
Paineluokka:	PN 10
Asennusväli:	150 mm
Neste:	
Pumpattava neste:	Lämmitysvesi
Nesteen lämpötila-alue:	2 .. 110 °C
Tiheys:	995.7 kg/m³
Sähkötiedot:	
Syöttöteho nopeudella 3:	50 W
Syöttötaajuus:	50 Hz
Nimellisjännite:	1 x 230 V
Virta 3-nopeudella:	0.24 A
Kondensaattorin koko - käynti:	4 µF
Kotelointiluokka (IEC 34-5):	IP44
Eristysluokka (IEC 85):	F
Moottorisuoja:	EI OLE
Lämpösuoja:	Impedanssisuojattu
Säätimet:	
Kytkentärasian asento:	9H
Muut:	
Nettopaino:	2.1 kg
Bruttopaino:	2.3 kg
Lähetystilavuus:	0.004 m³
Tanskalainen VVS-nro:	380611000
Suomalainen LVI-nro:	4615602
Norjalainen NRF-nro:	9042207
Alkuperämaa:	RS
Tullitariffin nro:	84137030

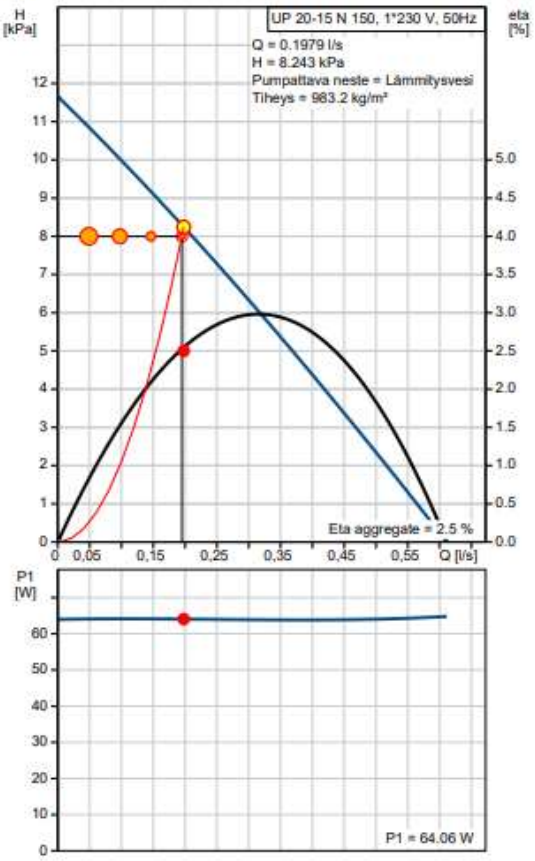


GRUNDFOS

Yhtiön nimi:
Luotu:
Puhelin:

Päiväys: 23.8.2019

Kuvaus	Arvo
Yleistiedot:	
Tuotteen nimi:	UP 20-15 N 150
Tuotenro:	59641500
EAN-numero:	5708601058738
	5708601058738
Hinta:	411,00 €
Tekniset:	
Nopeus N:o:	1
Tod. laskettu virtaama:	0.1979 l/s
Pumpun kehittämä paine:	8.243 kPa
Suurin nostokorkeus:	15 dm
TF luokka:	110
Hyväksynnät nimikilvessä:	CE,VDE,EAC,WEEE
Materiaalit:	
Pumpun pesä:	Ruostumaton teräs
	DIN W.-Nr. 1.4301
	AISI 304
Juoksupyörä:	Komposiitti, PES/PP
Asennus:	
Ymp. max / 80 °C neste:	80 °C
Suurin sall. toimintapaine:	10 bar
Putkiliitäntä:	G 1 1/4
Paineluokka:	PN 10
Asennusväli:	150 mm
Neste:	
Pumpattava neste:	Lämmitysvesi
Nesteen lämpötila-alue:	2 .. 110 °C
Tiheys:	983.2 kg/m³
Sähkötiedot:	
Syöttöteho nopeudella 3:	65 W
Syöttötaajuus:	50 Hz
Nimellisjännite:	1 x 230 V
Virta 3-nopeudella:	0.28 A
Kondensaattorin koko - käynti:	2 µF
Kotelointiluokka (IEC 34-5):	IP44
Eristysluokka (IEC 85):	F
Moottorisuoja:	EI OLE
Lämpösuoja:	Impedanssisuojattu
Säätimet:	
Kytkentärasian asento:	9H
Muut:	
Nettopaino:	2.1 kg
Bruttopaino:	2.3 kg
Lähetystilavuus:	0.004 m³
Tanskalainen VVS-nro:	380615100
Ruotsalainen RSK-nro:	5803011
Suomalainen LVI-nro:	4615604
Norjalainen NRF-nro:	9042209



	Ominaiskäyrä AE-26/4 SCA 0,2 kW	Revisionumero	Sivu 3

	Asiakas	Toimittaja
Yrityksen nimi		
Osasto		
Käsittelijä		
Puhelinnumero		
Fax nro		
E-Mail		

Juoksupyörä

		Virtausmäärä Arvoalue Min.	Virtausmäärä Arvoalue Max.	Virtausmäärä Max.	Nostokorkeus	Nostokorkeus Max.	Akseliteho P2	Akseliteho P2	Akseliteho P2 Max.
	mm	l/s	l/s	l/s	m	m	kW	kW	kW
Ajankoh	125	0	1,92	1,14	5,26	4,18	0,0629	0,11	0,0937
Min.	125			0,491	0,84	0,642	0,0326	0,035	0,0375
Max.	125			1,33	8,65	6,97	0,0838	0,189	0,139

Juoksupyörän tyyppi		
Juoksupyörärakenne		
Pyörintäsuunta	Myötäpäivään käyttöpäästä	
Laakeripukki		
Poiston koko	mm	
Taajuus		50 Hz
Kierrosluku	1/min	1500

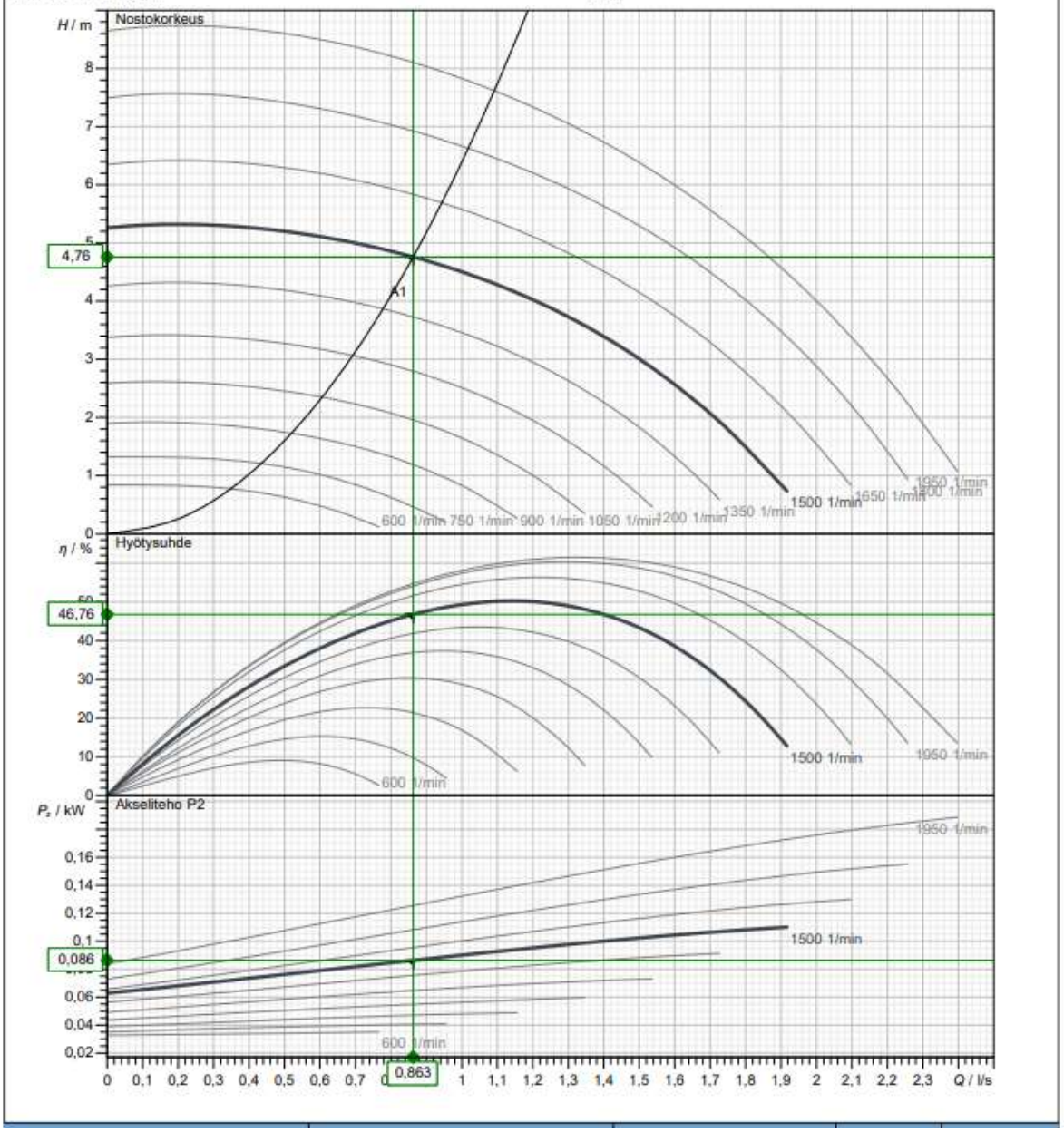
Tehotiedot perustuvat: Water; 10°C; 999,6kg/m³; 1,305mm²/s

Refenssinumero

Kehikko SC-taajuusmuuttaja, PN10, PN16

Tolerance according to:

Koko

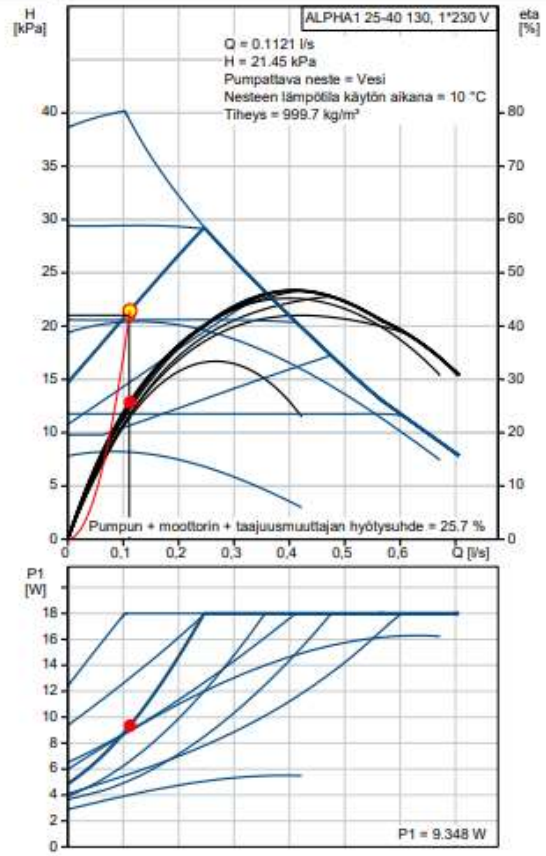


GRUNDFOS

Yhtiön nimi:
Luotu:
Puhelin:

Päiväys: 16.12.2019

Kuvaus	Arvo
Yleistiedot:	
Tuotteen nimi:	ALPHA1 25-40 130
Tuotenro:	99199574
EAN-numero:	5712608550041
	5712608550041
Hinta:	232,00 €
Tekniset:	
Tod. laskettu virtaama:	0.1121 l/s
Pumpun kehittämä paine:	21.45 kPa
Suurin nostokorkeus:	40 dm
TF luokka:	110
Hyväksynnät nimikilvessä:	CE,VDE
Malli:	B
Materiaalit:	
Pumpun pesä:	Valurauta
	EN 1561 EN-GJL-150
	ASTM A48M-150B
Juoksupyörä:	PES
Asennus:	
Ympäristön lämpötila-alue:	0 .. 40 °C
Suurin sall. toimintapaine:	10 bar
Putkiliitäntä:	G 1 1/2
Paineluokka:	PN 10
Asennusväli:	130 mm
Neste:	
Pumpattava neste:	Vesi
Nesteen lämpötila-alue:	2 .. 110 °C
Nesteen lämpötila käytön aikana:	10 °C
Tiheys:	999.7 kg/m³
Sähkötiedot:	
Ottoteho - P1:	3 .. 18 W
Syöttötaajuus:	50 / 60 Hz
Nimellisjännite:	1 x 230 V
Suurin virrankulutus:	0.04 .. 0.18 A
Kotelointiluokka (IEC 34-5):	X4D
Eristysluokka (IEC 85):	F
Moottorisuoja:	EI OLE
Lämpösuoja:	ELEC
Säätimet:	
Autom. yöaika:	N
Kytkentärasian asento:	6H
Muut:	
Energia (EEI):	0.20
Nettopaino:	1.86 kg
Bruttopaino:	1.99 kg
Lähetystilavuus:	0.004 m³
Ruotsalainen RSK-nro:	5758801
Suomalainen LVI-nro:	4615324
Norjalainen NRF-nro:	9043117
Alkuperämaa:	DK
Tullitariffin nro:	84137030



	Ominaiskäyrä AE-26/2 VSA 0,65 kW	Revisionumero	Sivu 3

	Asiakas	Toimittaja
Yrityksen nimi		
Osasto		
Käsittelijä		
Puhelinnumero		
Fax nro		
E-Mail		

Juoksupyörä		Virtausmäärä Arvoalue			Nostokorkeus		Akseliteho P2			Juoksupyörän tyyppi	
		Min.	Max.	Max.		Max.			Max.	Juoksupyörärakenne	
	mm	l/s	l/s	l/s	m	m	kW	kW	kW	Pyörintäsuunta	Myötäpäivään käyttöpäästä
										Laakeripukki	
Ajankoht	125	0	2,52	1,45	10	8,06	0,137	0,295	0,239	Poiston koko mm	
Min.	125			0,875	3,27	2,54	0,0415	0,071	0,0712	Taajuus	50 Hz
Max.	125			1,95	28,3	22,3	0,666	0,81	0,809	Kierrosluku 1/min	2100

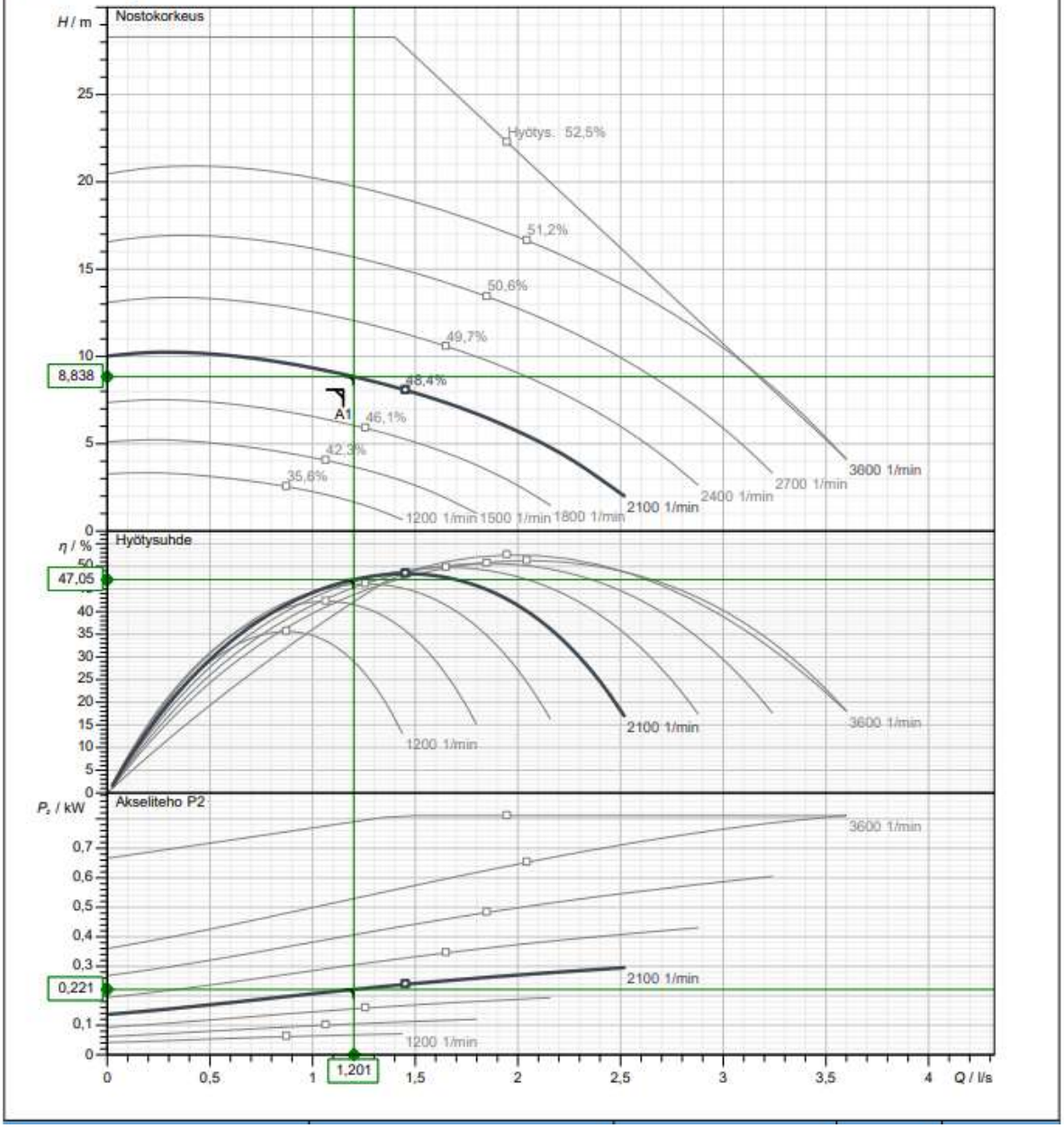
Tehotiedot perustuvat: Water; 10°C; 999,6kg/m³; 1,305mm²/s

Tolerance according to:

Refenssinumero

Kehikko VS-taajuusmuuttaja, PN10, PN16

Koko



	Ominaiskäyrä AE-26/4 SCA 0,2 kW	Revisionumero	Sivu 3

	Asiakas	Toimittaja
Yrityksen nimi Osasto Käsittelijä Puhelinnumero Fax nro E-Mail		

Juoksupyörä		Virtausmäärä Arvoalue			Nostokorkeus		Akseliteho P2		
	mm	Min. l/s	Max. l/s	Max. l/s	m	Max. m	kW	kW	Max. kW
Ajankoh	125	0	1,16	0,732	1,9	1,45	0,039	0,0486	0,0461
Min.	125			0,491	0,84	0,642	0,0326	0,035	0,0349
Max.	125			1,33	8,65	6,97	0,0838	0,189	0,119

Juoksupyörän tyyppi		
Juoksupyörärakenne		
Pyörintäsuunta	Myötäpäivään käyttöpäästä	
Laakeripukki		
Poiston koko	mm	
Taajuus		50 Hz
Kierrosluku	1/min	900

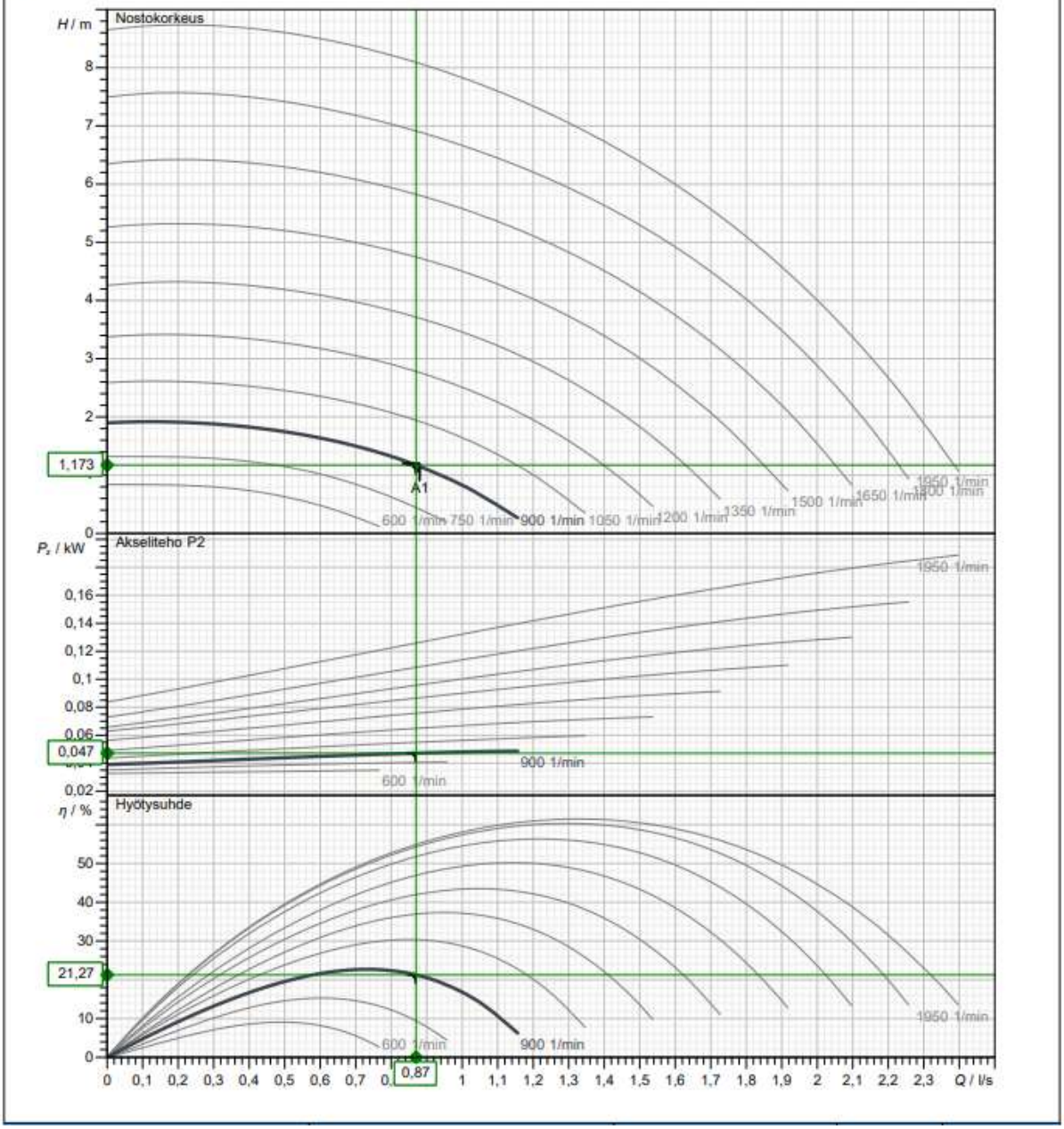
Tehotiedot perustuvat: Water; 10°C; 999,6kg/m³; 1,305mm²/s

Tolerance according to:

Refenssinumero

Kehikko SC-taajuusmuuttaja, PN10, PN16

Koko



Tekniset tiedot

7 °C/12 °C, 25 °C/ 50 %	Kokonaisteho (kW)	Tuntuva teho (kW)	Äänitaso (dB(A), 10 m²)*	Nestevirtaus (l/h)	Ilmamäärä (m3/h)
20	0,9 - 1,5	0,7 - 1,2	23 - 44	151 - 256	126-533
40	1,4 - 2,9	1,0 - 2,1	21 - 44	241 - 500	126-533
60	1,6 - 4,5	1,1 - 3,2	21 - 53	274 - 778	126-749
80	1,7 - 5,0	1,2 - 3,5	21 - 53	284 - 850	126-749
100	2,5 - 6,6	1,8 - 4,8	23 - 56	436 - 1138	256-1238
120	2,8 - 8,1	2,0 - 5,8	23 - 56	486 - 1393	256-1238
160	2,9 - 8,8	2,1 - 6,8	23 - 56	500 - 1516	256-1238
10°C/18 °C, 25 °C/ 50 %	**Kokonaisteho (kW)**	**Tuntuva teho (kW)**	**Äänitaso (dB(A), 10 m²)***	**Nestevirtaus (l/h)**	**Ilmamäärä (m3/h)**
Koko 20	0,4 - 0,7	0,4 - 0,7	23 - 44	47 - 76	126-533
Koko 40	0,9 - 1,7	0,8 - 1,5	21 - 44	94 - 184	126-533
Koko 60	1,0 - 2,7	0,9 - 2,4	21 - 53	108 - 292	126-749
Koko 80	1,1 - 3,0	0,9 - 2,6	21 - 53	115 - 328	126-749
Koko 100	1,6 - 3,9	1,4 - 3,4	23 - 56	166 - 418	256-1238
Koko 120	1,8 - 4,9	1,6 - 4,3	23 - 56	194 - 529	256-1238
Koko 160	1,9 - 5,4	1,6 - 4,7	23 - 56	205 - 583	256-1238
7 °C/12 °C, 27 °C/ 50 %	**Kokonaisteho (kW)**	**Tuntuva teho (kW)**	**Äänitaso (dB(A), 10 m²)***	**Nestevirtaus (l/h)**	**Ilmamäärä (m3/h)**
Koko 20	1,2 - 2,0	0,8 - 1,4	23 - 44	198 - 338	126-533
Koko 40	1,8 - 3,7	1,1 - 2,4	21 - 44	302 - 626	126-533
Koko 60	2,0 - 5,7	1,3 - 3,6	21 - 53	338 - 972	126-749
Koko 80	2,0 - 6,2	1,3 - 4,0	21 - 53	349 - 1058	126-749
Koko 100	3,1 - 8,1	2,0 - 5,2	23 - 56	533 - 1390	256-1238
Koko 120	3,5 - 10,1	2,2 - 6,5	23 - 56	598 - 1739	256-1238
Koko 160	3,6 - 11,0	2,3 - 7,0	23 - 56	616 - 1886	256-1238
60 °C/40 °C, 18 °C/ 40 %	**Kokonaisteho (kW)**	**Tuntuva teho (kW)**	**Äänitaso (dB(A), 10 m²)***	**Nestevirtaus (l/h)**	**Ilmamäärä (m3/h)**
Koko 20	1,5 - 2,7	1,5 - 2,7	23 - 44	65 - 119	126-533
Koko 40	2,2 - 4,8	2,2 - 4,8	21 - 44	94 - 209	126-533
Koko 60	2,5 - 7,7	2,5 - 7,7	21 - 53	108 - 335	126-749
Koko 80	2,6 - 8,3	2,6 - 8,3	21 - 53	115 - 364	126-749
Koko 100	3,7 - 11,1	3,7 - 11,1	23 - 56	162 - 482	256-1238
Koko 120	4,4 - 13,6	4,4 - 13,6	23 - 56	194 - 594	256-1238
Koko 160	4,7 - 14,7	4,7 - 14,7	23 - 56	202 - 641	256-1238
					*Sabine

Tarkemmat mitoitukset Option-valintaohjelmasta

Sähkö

Syöttö 230-50-1 [V - Hz - Ph]
Box 20-80 (EH) [puhallin] 40 / 0,33 [W / A]
Box 100-160 (EH) [puhaltimet] 74 / 0,66 [W / A]
KP 11 / 0,09 [W / A]

Lisävarusteet

Säätöventtiili (jäähdytys/lämmitys)
CVPT/HVPT: Paineriippumaton 2-tie säätöventtiili
CV2/HV2: Kaksitieventtiili
CV3/HV3: Kolmitieventtiili
Venttiilin toimilaite (jäähdytys/lämmitys)
AC10/AH10: 0-10 V Toimilaiteohjaus
AC24/AH24: 24 V Toimilaiteohjaus
Kondenssiveden poisto
KP: Kondenssipumppu nostokorkeus 1 m
KP0: Ilman pumppua/vapaa kaato
HI: Korkea versio (korotettu vapaa kaato 170mm)
Sähkönsyöttö
P15: 2,0m kytkentäjohto pistotulpalla
P30: 3m kytkentäjohto pistotulpalla
Raitisilmaliitäntä
R3: Liitäntä sivulta ylhäältä (4 mahdollista asennussuuntaa, jokaiselta sivulta, asennussyyvyys +40mm)
R1: Oikeakätinen liitäntä (erikoisliitäntä kun katon syvyys on rajallinen)
R2: Liitäntä vasemmalta (erikoisliitäntä kun katon syvyys on rajallinen)
Box suojakuori:
EXT: Ulkopuolinen suojakuori RAL 9010
EXT: Ulkopuolinen suojakuori erikoisvärillä
Erikoisvärit: Sälelkön erikoisväri

Automaatio

Vari Pro [Modbus RTU]
Säädin
T8C: VariPro säädin 10 m kaapelilla ja pikaliittimillä
T8 : VariPro säädin [BL : Musta, WH : Valkoinen]
T0 : Ohjaus taloautomaatiosta
Digitaalinen lähtö [1kpl]
DO2: Kiertovesipumpun ohjaus jäähdytyskäytössä
DO3: Kiertovesipumpun ohjaus lämmityskäytössä
DO6: Radiaattorilämmityksen ohjaus yhdelle toimilaitteelle (päällä/pois, 24V PWM)
"DO9: Heater Kit - Radiaattorilämmityksen ohjaus 2-5 toimilaitteelle (päällä/pois 24V PWM) [Vastaa ominaisuutta DO6, jonka mukana toimitetaan toimilaite tehonlähde: kuusi toimilaiteliitintä (toimilaitteiden yhteenlaskettu virrankulutus max 1A)]"
Analogitulo [1kpl]
AI1: Läsnäolo (esim. Avainkortti)
AI2: Jäähdyksen pysäytys
AI3: Lämmityksen pysäytys
AI5: Pysäytä kaikki (Lämmitys/Jäähdytys)
AI6: Geneerinen mittaus [mV]
AI7: Kosteusmittaus [RH%]
AI8: CO2 mittaus [ppm]
AI9: Lämpötilan mittaus [°C]
AI10: Kondenssihälytykselle, pysäyttää jäähdytyksen
AI11: Ikkunakytkimelle, pysäyttää jäähdytyksen

Vari [Analoginen jänniteohjaus]
Säädin
T7: HLS-44 säädin
T5: VariTec 300 säädin (ei lämmitysohjausta)
T0: Ilman säädintä; Ohjaus taloautomaatiosta (0-10 V tai 24V)

VE1

Putkikoko	54	Cu
verkoston db	47	kPa
Verkoston V	280	dm^3
Pumppaustehon tarve	40,1	W

Venttiili	Tyyppi	Sijainti	Virtaama [dm^3/s]	Painehäviö kPa	Auktoriteetti
2TV4	R2015-4-S1	TK2	0,48	19	0,40
2TV5	R2015-2P5-S1	TK1	0,26	14	0,30
2TV6	R2015-P25-S1	PALK.P	0,03	22	0,47

VE2

Putkikoko	42	Cu
verkoston db	55	kPa
Verkoston V	235	dm^3
Pumppaustehon tarve	47,0	W

Venttiili	Tyyppi	Sijainti	Virtaama [dm^3/s]	Painehäviö kPa	Auktoriteetti
2TV4	R2015-4-S1	TK2	0,48	19	0,35
2TV5	R2015-2P5-S1	TK1	0,26	14	0,25
2TV6	R2015-P25-S1	PALK.P	0,03	22	0,40

VE3

Putkikoko	42	Cu
verkoston db	85	kPa
Verkoston V	235	dm^3
Pumppaustehon tarve	72,6	W

Venttiili	Tyyppi	Sijainti	Virtaama [dm^3/s]	Painehäviö kPa	Auktoriteetti
2TV4	R2015-2P5-S1	TK2	0,48	47	0,55
2TV5	R2015-1P6-S1	TK1	0,26	34	0,40
2TV6	R2015-P25-S1	PALK.P	0,03	22	0,26

2TV-VERTAILU

VE4

Putkikoko	54	Cu
verkoston db	71	kPa
Verkoston V	280	dm^3
Pumppaustehon tarve	60,6	W

Venttiili	Tyyppi	Sijainti	Virtaama [dm^3/s]	Painehäviö kPa	Auktoriteetti
2TV4	R2015-2P5-S1	TK2	0,48	47	0,66
2TV5	R2015-1P6-S1	TK1	0,26	34	0,48
2TV6	R2015-P25-S1	PALK.P	0,03	22	0,31

VE6 YKSI KONE PÄÄLLÄ TK2

Putkikoko	42	Cu
verkoston db	46	kPa
Verkoston V	252	dm^3
Pumppaustehon tarve	23,3	W

PUMPPUVENTTILI	
qv	0,51
dp	7,1
ES	2,4
KV	8,15

Venttiili	Tyyppi	Sijainti	Virtaama [dm^3/s]	Painehäviö kPa	Auktoriteetti
2TV4	R2020-4-S2	TK2	0,48	19	0,41
2TV6	R2015-P25-S1	PALK.P	0,03	22	0,48

VE6 YKSI KONE PÄÄLLÄ TK1

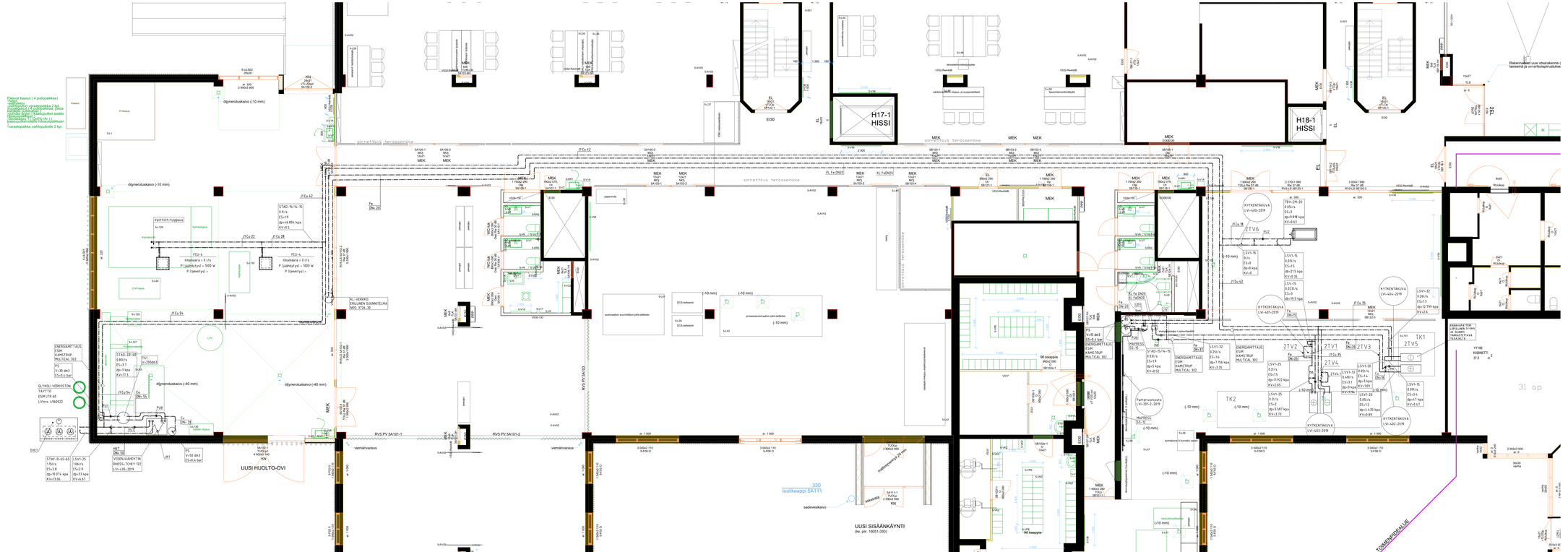
Putkikoko	42	Cu
verkoston db	31	kPa
Verkoston V	252	dm^3
Pumppaustehon tarve	8,9	W

PUMPPUVENTTILI	
qv	0,29
dp	4,9
ES	2
KV	6,26

Venttiili	Tyyppi	Sijainti	Virtaama [dm^3/s]	Painehäviö kPa	Auktoriteetti
2TV5	R2015-2P5-S1	TK1	0,26	14	0,45
2TV6	R2015-P25-S1	PALK.P	0,03	22	0,71

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

JÄÄHDYTYSVESI VERKOSTO KUPARIA ESIM.CUPORI
ERISTYS: SARJA 21 MUKAISESTI
LSV= STAD-C/STAF
PALLOVENTTIILIT ESIM: ORAS 4100
PUMPUT JA SÄÄTÖVENTTIILI LAITELUETTELON MUKAISESTI



KOHDE	OSOITTEET/No.	SUUNNITELMAN NIMIKE/LAJI	
RAKENNUSTYYPPI/KOHDE		PIIRUSTUSLAJI LVI-PIIRUSTUS	JUOKU No. 1
RAKENNUSPAIKKA (KIINT. KIINTEISTÖ) OLARI, LINNAINPOLKU 8 HYBRIDILABORATORIO OULU		PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ LÄMMITYS-/JÄÄHDYTYS 1KRS	MITTAKAAVAT 1:50
		SUUNN.AJA LVI	TYÖ No. / PIIR.No. LVI-201-1-2019
		PÄIVÄYS 10.8.2019	PIIRTÄJÄ Harri Naskinen

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION