

Monica Koukkula

RANUAN JÄÄHALLIN LÄMMITYKSEN ENERGIAEHOOKKUUS

RANUAN JÄÄHALLIN LÄMMITYKSEN ENERGIAEHIKOKKUU

Monica Koukkula
Opinnäytetyö
Syksy 2022
Talotekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Insinööri, talotekniikka

Tekijä(t): Monica Koukkula

Opinnäytetyön nimi: Ranuan jäähallin lämmityksen energiatehokkuus
Energy efficiency of the heating in Ranua´s ice hall

Työn ohjaaja(t): Mikko Niskala

Työn valmistuslukukausi ja -vuosi: Syksy 2022

Sivumäärä: 45 + 8 liitettä

Opinnäytetyössä perehdyttiin Ranuan jäähallin lämmitykseen ja kylmätekniikkaan. Pää tavoitteena oli tutkia nykyistä lämmitysjärjestelmää, ja löytää energiatehokkaampi ja järkevämpi järjestelmä nykyisen tilalle. Ranuan kunnan tavoitteena on uusia jäähallin lämmitysjärjestelmä, koska nykyinen sähköpatterilämmitys on yli 20 vuotta vanha ja se on kallis lämmitysmuoto yhä nousevan sähkön hinnan vuoksi. Lisäksi työssä pohdittiin kylmäjärjestelmän tuottaman lauhdelämmön määrää ja hyödyntämistä lämmityksessä. Tavoitteena oli pohtia, onko lauhdelämpöä järkevää hyödyntää, ja kuinka suuria hyötyjä siitä saataisiin irti.

Työssä tukeuduttiin eri lähteistä saatuihin tietoihin. Ranuan kunnan työntekijöiltä sai paljon tietoa yleisesti jäähallin tekniikkaan liittyen, ja nykyiset energiankulutustiedot saatiin suoraan niiden toimittajilta. Vaihtoehtoisen lämmitysjärjestelmän kustannuksien laskemisessa käytettiin eri toimittajien nettisivujen hintoja sekä LVI-alan työehtosopimusta. Lisäksi saatiin arvio paikalliselta urakoitsijalta työn toteutuksen kustannuksista. Työssä käytettiin myös muiden opinnäytetöiden selvityksistä saatuja tietoja. Päästövertailussa käytettiin Tilastokeskuksen tilastoista saatuja keskiarvopäästöjä eri energialähteille.

Nykyistä ja vaihtoehtoista lämmitysjärjestelmää vertailtiin sekä taloudellisesti että päästöllisestä näkökulmasta. Todettiin, että vaihtoehtoinen lämmitysjärjestelmä olisi molemmilta kanteilta katsottuna järkevämpi vaihtoehto. Saneerauskustannukset maksaisivat itsensä takaisin järkevässä ajassa, jonka jälkeen jäähallin lämmityskustannukset laskisivat huomattavasti. Lauhdelämpö muodostuu kylmäjärjestelmässä niin paljon, että sen avulla voitaisiin korvata lämmityksessä suurin osa hallin ostoenergiasta.

Järkevin ratkaisu jäähallin energiatehokkuuden parantamiseksi olisi vaihtaa nykyinen sähköpatterilämmitys vesikiertoiseen patterilämmitykseen, jota lämmitetään lämpötilaltaan nostetulla lauhdelämmöllä ja kaukolämmöllä. Saneeraus pienentäisi merkittävästi sekä lämmityksen aiheuttamia kuluja että päästöjä tai voisi jopa nollata ne kokonaan. Lauhdelämpöä muodostuu yli hallin oman tarpeen, joten ylimääräinen lauhdelämpö voitaisiin esimerkiksi myydä kaukolämmön toimittajalle.

Asiasanat: energiatehokkuus, lämmitysjärjestelmä, lauhdelämpö, päästöt, saneeraus

ALKUSANAT

Haluan kiittää Ranuan kuntaa opinnäytetyöni mahdollistamisesta, ja erityisesti teknistä johtajaa Risto Niemelää aihe-ehdotuksesta sekä tuesta läpi työn. Kiitän muitakin Ranuan kunnan työntekijöitä auttamisesta ja saadusta tuesta työhöni liittyen.

SISÄLLYS

ALKUSANAT	4
1 JOHDANTO	6
2 RANUAN JÄÄHALLI	7
2.1 LVI-järjestelmät	8
2.1.1 Lämmitys.....	8
2.1.2 Käyttövesi	10
2.1.3 Ilmastointi.....	11
2.2 Tehotiedot	12
3 NYKYINEN ENERGIANKULUTUS	15
3.1 Sähkö	15
3.1.1 Sähkötehon tarpeen jakautuminen	17
3.1.2 Sähkönkäytön kulutussuorat	19
3.2 Käyttövesi.....	21
3.3 Kaukolämpö	22
4 LÄMMITYSPATTEREIDEN VAIHTO	24
4.1 Mitoitus	24
4.2 Vaihdon kustannukset	25
4.2.1 Tarvikkeet ja osat.....	25
4.2.2 Asennustyön kustannukset	27
4.2.3 Kokonaiskustannukset	28
5 LAUHDELÄMPÖ.....	29
5.1 Järjestelmän esittely	30
5.2 Määrä ja ajoitus	33
5.3 Hyödyntäminen lämmityksessä	34
6 TALOUDELLINEN VERTAILU	36
7 PÄÄSTÖVERTAILU.....	39
8 YHTEENVETO	42
LÄHTEET	43
LIITTEET	46

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on Ranuan jäähallin lämmityksen energiatehokkuus. Työn toimeksiantaja on Ranuan kunnan tekninen puoli. Työssä perehdytään jäähalliin, sen historiaa ja teknisiin järjestelmiin. Erityisesti työssä perehdytään jäähallin lämmitysjärjestelmään ja kylmäjärjestelmän tuottamaan lauhdelämpöön. Ranuan jäähallin ongelmina ovat täysin sähkölämmitteiset tilat, kaukolämmön vähäinen hyödyntäminen ja lauhdelämmön hyödyntämättömyys. Tällä hetkellä Ranuan jäähallin lämpimiä tiloja lämmitetään suoralla sähköllä, mikä on talviaikaan kallis ratkaisu.

Halli on liitetty yleiseen kaukolämpöverkoston, mutta kaukolämpöä hyödynnetään vain käyttöveden lämmitykseen. Kylmäjärjestelmän tuottamaa lauhdelämpöä ei hyödynnetä ollenkaan, vaan se ohjataan suoraan ulkoilmaan.

Työn tavoitteena on perehtyä jäähallin teknisiin järjestelmiin, kartoittaa lämmitystehontarve, löytää vaihtoehtoinen lämmitysjärjestelmä, jossa edellä mainitut ongelmat saataisiin minimoitua, ja vertailla eri ratkaisuja sekä taloudellisesta että päästöllisestä näkökulmasta. Työn tavoitteena on etsiä mainittuihin ongelma-kohtiin ratkaisuehdotuksia, joilla voitaisiin tehdä lämmityksestä energiatehokkaampaa, taloudellisesti kannattavampaa ja mahdollisuuksien mukaan myös vähäpäästöisempää.

2 RANUAN JÄÄHALLI

Ranuan jäähalli kuvassa 1 on vuonna 1999 rakennettu teräsrakenteinen. Jäähallin pituus on noin 68 metriä, leveys noin 36 metriä ja korkeutta parhaimmillaan noin 13 metriä. Hallin kokonaispinta-ala on noin 2600 m² ja tilavuus noin 24 000 m³. Muodoltaan halli on suorakaide. Pukukoppien, märkätilojen sekä kahvion ja siihen liittyvien sosiaalityötilojen yhteenlaskettu pinta-ala on noin 250 m². Teknisen huollon tiloja on noin 75 m², ja pinta-alasta loput eli vajaa 2300 m² ovat jääaluetta ja katsomotilaa.



KUVA 1. Ranuan jäähalli

2010-luvulla Ranuan jäähalliin on tehty useita korjauksia. Vastaavasti rakennettuja jäähalleja on romahtanut Suomessa suunnitteluvirheiden vuoksi. Sen takia vuonna 2014–2015 Ranuan jäähallin kantavia rakenteita vahvistettiin lisäämällä kriittisiin kohtiin terästukia kaikkiaan noin 20 000 kiloa. Samalla lisättiin ulkoseiniin lämpöeristystä, pintakäsiteltiin teräsrunko, uusittiin ulko-ovet, rakennettiin sisäänkäynnin yhteyteen katos, tehtiin muutoksia sähköasennuksiin ja asennettiin jääalueelle ilmanvaihtokanavat.

Vuonna 2016 Ranuan jäähallin vesikatto uusittiin. Pääsyy uusimiseen oli se, että vanha vesikatto oli rakentamisen yhteydessä asennettu peltikate, jossa ei kuitenkaan ollut aluskatetta. Vesikaton uusimisen yhteydessä koko hallin alueelle vaihdettiin asianmukainen aluskate. Vuonna 2018 siirryttiin kaukolämpöön, ja sitä varten asennettiin lämmönjakokeskus. Aiemmin käytössä on ollut neljä 500 litran lämminvesivaraajaa. Kaksi on edelleen lämmönjakohuoneessa varalla.



KUVA 2. Jäähallin sisätila. Jääalue on juuri sulatettu kesäajan alkaessa.

Ranuan jäähallilla on useita eri käyttäjäryhmiä. Arkipäivisin halli on varhaiskasvatuksen ja koulujen käytettävissä, ja iltaisin siellä pelataan muun muassa kaukalopalloa, jääkiekkoa ja curlingia. Näiden vuorojen lisäksi hallilla järjestetään vuosittain useita turnauksia. Ranuan väkilukuun suhteutettuna hallissa on korkea käyttöaste. Halli on käyttäjille avoin lokakuun alusta maaliskuun loppuun. Ympäri vuoden jäähallin kahvio toimii Ranuan kunnan työntekijöiden taukotilana.

2.1 LVI-järjestelmät

2.1.1 Lämmitys

Ranuan jäähalli on ns. kylmä halli, mikä tarkoittaa sitä, että jääalueen ja katsomon tiloja ei lämmitetä. Kunnan pitkäaikaisen työntekijän mukaan jääalueen lämpötila pysyy talvisaikaan noin 10 °C lämpimämpänä kuin ulkoilman lämpötila. Jäähallissa lämmitetään pukuhuoneita, märkätiloja eli pesuhuoneita ja WC-tiloja, kahviota ja siihen liittyviä sosiaalitylöitä sekä osaa teknisen huollon tiloista. (Liitteet 1 ja 2)

Pukuhuoneissa ja märkätiloissa on suora sähkölämmitys. Pukuhuoneiden katossa on säteilylämmittimet, jotka on esitelty kuvassa 3. Pukuhuoneella 1 on oma pesuhuone, mutta pukuhuoneet 2 ja 3 jakavat yhden pesuhuoneen keskenään. Näissä rakennuksen kahdessa pukuhuoneessa on molemmissa suoran sähkön lattialämmitys.



KUVA 3. Säteilylämmitin pukuhuoneen katossa

Vessoissa, tuomareiden pukuhuoneessa ja kahvion tiloissa on sähköpatterit. Jäähallissa on kahdenlaisia sähköpattereita, jotka on esitelty kuvassa 4. Tiloja pidetään normaalissa huonelämmössä hallin käyttöaikana. Kesäaikaan, kun hallissa ei ole jäätä tai käyttäjiä, lämpötila lasketaan 10–15 °C:seen.



KUVA 4. Vasemmalla alkuperäiset Nobo electron sähköpatterit, ja oikealla kahvion rakentamisen yhteydessä lisätyt Ensto Finlandin sähköpatterit

2.1.2 Käyttövesi

Rakennus on liitetty vuonna 2018 yleiseen kaukolämpöverkoston. Kaukolämmön avulla lämmitetään käyttövesi. Tällä hetkellä kaukolämpöä ei käytetä muuhun kuin käyttöveden lämmitykseen, mutta tarkoituksena olisi pystyä hyödyntämään kaukolämpöä muuhunkin. Lämmintä käyttövettä kuluu jäähallissa eniten jääkoneen käyttövetenä, sillä jääkone käyttää lämmintä vettä puhdistessa jäätä.



KUVA 5. Jäähallin lämmönjakokeskus

Vesiputkistot on tehty perinteiseen tyyliin kupariputkesta. Viemärit puolestaan on tehty muoviviemäriputkista ja -osista. Kaukalon sulamisvedet ohjataan kaukaloa ympäröiviin kaivoihin (7 kappaletta), joista viemärit viettävät ne rakennuksesta pois. Rakennus on liitetty yleiseen vesi- ja viemäriverkoston.

2.1.3 Ilmastointi

Ranuan jäähallissa on kaksi erillistä ilmastointikonetta ja siten kaksi eri ilmastointijärjestelmää. Ilmanvaihtotapana toimii lämmöntalteenotolla varustettu koneellinen tulo- ja poistoilma. Hallin rakentamisen yhteydessä vuonna 1999 on asennettu ilmastointikanavat pukuhuoneisiin ja niiden märkätiloihin. Tämän järjestelmän ilmanvaihtokoneen (IV-kone 1) mitoituksessa on käytetty +26 ja -32 °C lämpötiloja. Tuloilmavirta on konekortin mukaan 1,1 m³/s ja poistoilmavirta on sama. (Liite 4)

Kuvassa 6 oleva ilmastointikone on käynnissä käyttökuukausina kellon ympäri, ja se toimii automaatiolla. Puhaltimet käyvät rinnan 0, ½ tai 1/1 –teholla aikaohjelman ohjaamana. Yöllä puhaltimet käyvät puoliteholla. Tuloilmapuhallin käynnistyy tietyllä viiveellä poistoilmapuhaltimen käynnistymisen jälkeen. Lämmöntalteenoton toimintaa ohjataan lämpötila-anturin mittaustulosten perusteella. Säätohjelman pyrkii pitämään tuloilman lämpötilan asetus arvossa eli 21 asteessa ja säätelee sen mukaan lämmöntalteenottolaitteen toiminnan kestoa.



KUVA 6. Ilmanvaihtokone, joka palvelee pukuhuoneita ja niiden märkätiloja.

Toinen ilmanvaihtokone ja siihen liittyvät kanavat on asennettu vuonna 2015 palvelemaan jääalueen ja katsomon tiloja. Kanavistossa on jääalueen yläpuolella 20 tuloilmakanavaa, joista jokainen puhalttaa 150 l/s, ja yksi poistoilmapäätte, joka poistaa 3100 l/s. Mitoitettu tuloilmavirta on 3,0 m³/s ja poistoilmavirta 3,5 m³/s. Tämän koneen mitoituksessa on käytetty +27 ja –32 °C:n lämpötiloja. (Liitteet 3 ja 5)

Tämä ilmastointijärjestelmä ei kuitenkaan ole ollut käytössä kokeiluja kauempaa, sillä se aiheuttaa ongelmia. Ongelmana on, että koneen lämmöntalteenottokeino jäätyy, koska hallin ilma ja ulkoilma ovat pakkasen puolella. Kojeistoa on yritetty säätää monin eri keinoin, mutta toimivaa tapaa ei ole löytynyt. Kyseinen laitteisto on suunniteltu lämpimälle hallille, mutta se on jostain syystä myyty ja asennettu Ranuan kylmään jäähalliin. Ainoana ratkaisuna pidetään sitä, että tuloilmaa pitäisi lämmittää, jolloin halli muuttuisi lämpimäksi ja kustannukset luonnollisesti nousisivat huomattavasti. Tätä ei pidetä vaihtoehtona, sillä Ranuan jäähalli on alun perin suunniteltu ns. kylmäksi halliksi. Asiassa voisi kuitenkin harkita lämmöntalteenoton ohitusta, kun sisälämpötila on alle 5 °C:ta.

Jääalueen ilmanvaihtoon liittyvästä ongelmasta ja korjausehdotuksesta on tehty toinen opinnäyte-työ, jonka vuoksi siihen ongelmaan ei tässä opinnäytetyössä perehdytä. (Maunu, Raappana 2016.)

2.2 Tehotiedot

Taulukossa 1 on esitelty kohteen eri järjestelmien laitteiden tehotietoja. Oleellisimpana tietona on lämmönjakokeskuksen tehot, jotka ovat käyttöveden osalta 132 kW ja lämmityksen osalta 69 kW. Taulukossa on myös esiteltyä ilmanvaihtokoneiden eri osien tehoja. Tiedot ovat luettavissa konekorteista. (Liitteet 4, 5 ja 6)

TAULUKKO 1. Jäähallin eri järjestelmien laitteiden tehotietoja

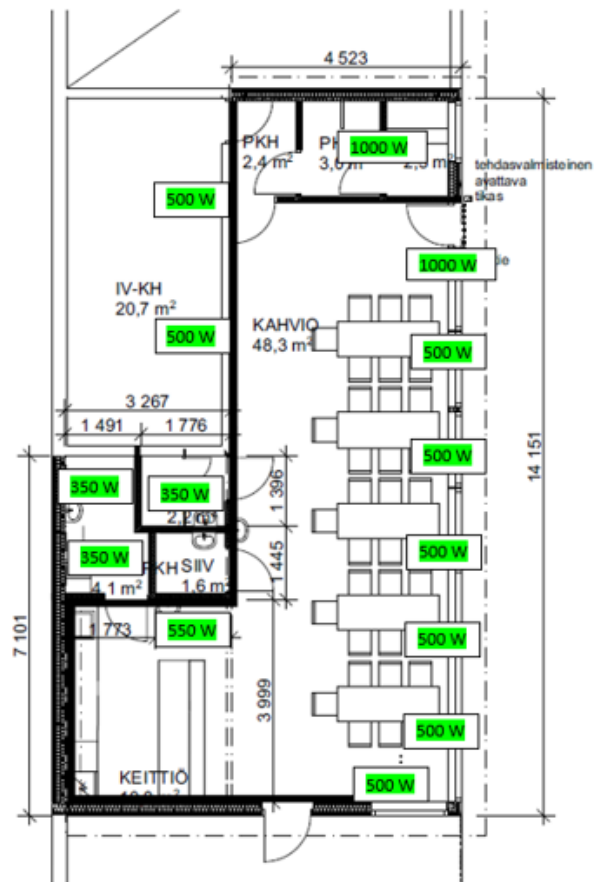
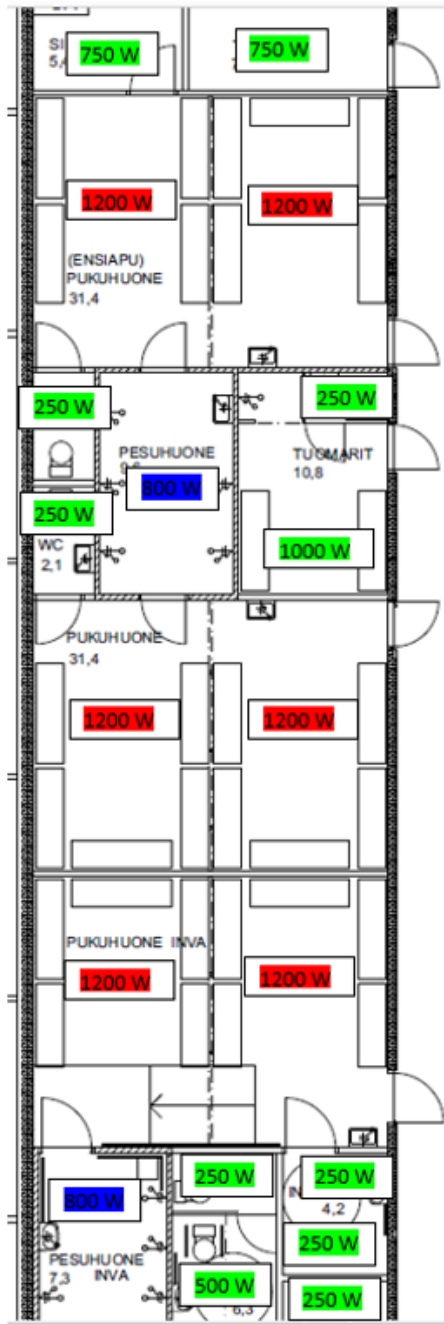
Muita teho tietoja	Teho (kW)
Lämmönjakokeskuksen teho (käyttövesi)	132
Lämmönjakokeskuksen teho (lämmitys)	69
Kylmäkoneen moottoriteho	7,5
Lämmityspatteri IV-kone 1	9
Tuloilmapuhallin IV-kone 1	1,85
Poistoilmapuhallin IV-kone 1	1,85
Jäähdytyspatteri IV-kone 2	1,5
LTO-patteri IV-kone 2	1,1
Tuloilmapuhallin IV-kone 2	5,5
Poistoilmapuhallin IV-kone 2	5,5

Oleellisimpana osana tässä työssä on lämmitykseen liittyvät tehotiedot, joita on tarkasteltu erikseen. Taulukossa 2 ilmenee patteritehot sekä säteilylämmittimien ja lattialämmityksen tehot. Siitä löytyy kaikkien lämpimien tilojen lämmitystehot. Patteritehot on luettu suoraan pattereilta, ja muut tehot olivat parhaiten näkyvissä vahvavirta johdotuskuvassa. (Liite 7)

TAULUKKO 2. Lämpimien tilojen lämmitystehot

Lämmitystehot	Kappalemäärä	Teho (W)
1. kerros		
Pukuhuoneiden säteilylämmittimet	6	1200
WC-tilojen pienemmät patterit	7	250
WC-tilojen isommat patterit	1	500
Tuomareiden pukuhuoneen patteri	1	1000
Siivoushuoneen/lämmönjakohuoneen patteri	1	750
Teroitushuoneen patteri	1	750
Pesuhuoneiden lattialämmitys	2	800
2. kerros		
Kahvion pitkät patterit	6	500
Kahvion lisäpatterit	1	1000
Kahvion WC-tilojen patterit	3	350
Kahvion keittiön patteri	1	550
Toimistotilan patteri	1	1000
IV-konehuoneen patterit	2	500
Lämmitysteho yhteensä		21150

Kuvassa 7 on havainnollistettu lämmitystehojen jakautumista eri tiloissa Ranuan jäähallissa. Vihreä kuvastaa patterin tehoa, punainen säteilylämmittimen tehoa ja sininen lattialämmityksen tehoa.



KUVA 7. Lämmitystehojen jakautuminen eri tiloissa. 1. kerroksen pohjakuva (liite 1) vasemmalla ja 2. kerroksen pohjakuva (liite 2) oikealla.

3 NYKYINEN ENERGIANKULUTUS

Tarkastellaan Ranuan jäähallin nykyistä energiankulutusta. Tarkastelussa ovat sähkönkulutus ja sen jakautuminen eri kohteisiin, kaukolämmön kulutus ja käyttöveden kulutus. Sähköyhtiönä Ranuan jäähallissa toimii Caruna Oy ja kaukolämpöyhtiönä sekä vedenjakelijana Ranuan Infra Oy. Kaikki kulutustiedot ovat saatu edellä mainittujen yhtiöiden tilastoista.

Energiankulutusta tarkasteltaessa on eritelty ne kuukaudet, jolloin jäähallissa on jää ja se on käyttäjien käytössä sekä ne kuukaudet, kun halli ei ole käyttäjien käytössä ja hallin jääalue on sula. Jälkimmäisinä kuukausina hallissa käytetään vain kahvion tiloja kunnan työmiesten sosiaalitiloina. Jäähalli on avoin käyttäjille lokakuun alusta maaliskuun loppuun. Myös syyskuu lasketaan tässä tapauksessa käyttökuukaudeksi, sillä silloin hallia aletaan käyttämään säännöllisesti huoltomiesten toimesta, kun jäätä aletaan jäädättämään. Käyttökuukausia ovat energiakulutuksen tarkastelunäkökulmasta tammi-, helmi-, maaliskuu-, syys-, loka-, marras- ja joulukuu (7 kpl) ja muut kuukaudet ovat huhti-, touko-, kesä-, heinä- ja elokuu (5 kpl). Energiankulutusta on tarkasteltu erikseen käyttökuukausilta ja muilta kuukausilta sekä vuosittaisina keskiarvoina.

3.1 Sähkö

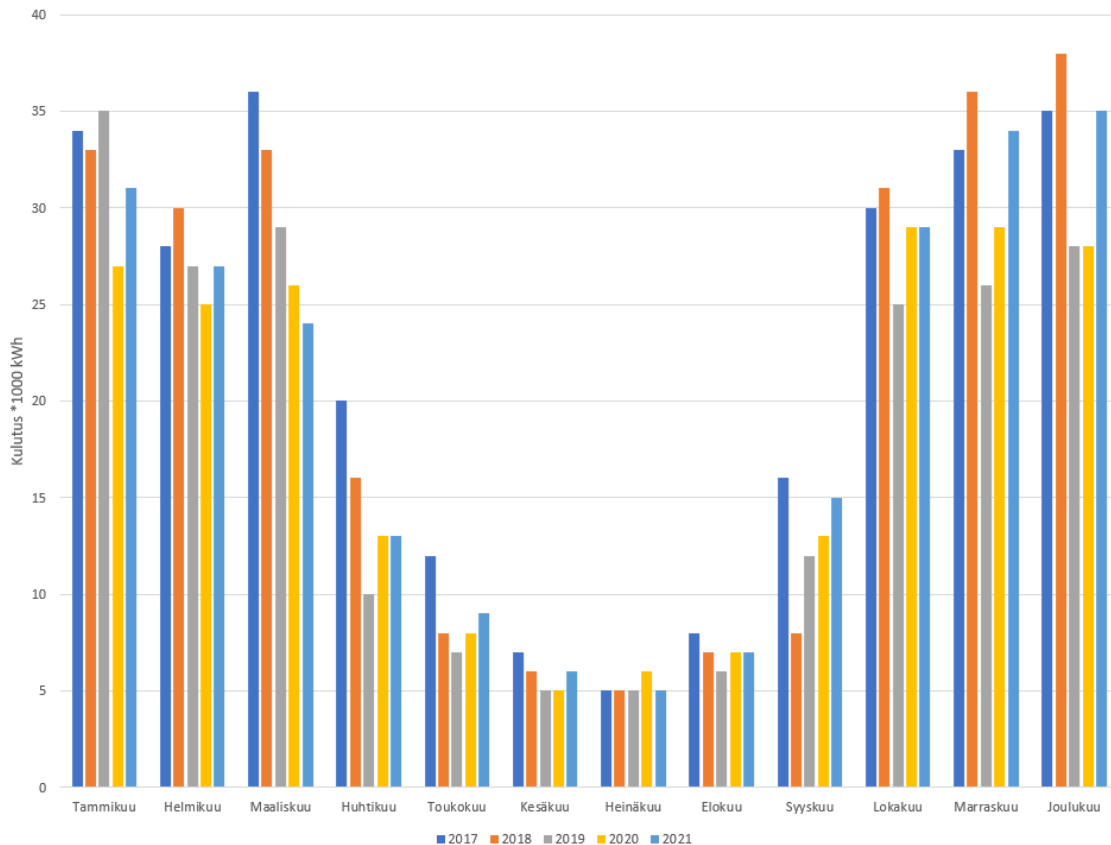
Taulukossa 3 näkyy sähköyhtiö Carunalta saadut kulutustiedot vuosilta 2017–2021. Taulukko on koottu Exceliin Carunan järjestelmästä saaduista tiedoista. Käyttökuukausien keskiarvoksi vuosille 2017–2021 saadaan 27 900 kWh/kk ja muille kuukausille 8 200 kWh/kk. Vuosittainen sähkönkulutus näiden keskiarvotietojen mukaan olisi 236 200 kWh. Viime vuoden jäähallikauden aikana eli aikavälillä 09/2020–03/2021 sähkönkulutus oli yhteensä 181 000 kWh, mikä tekisi kauden käyttökuukausien keskiarvoksi 25 900 kWh/kk.

TAULUKKO 3. Sähkötulutus Ranuan jäähallissa vuosina 2017–2021.

Kulutus *1000 kWh					
Käyttökuukaudet					
Vuosi	2017	2018	2019	2020	2021
Tammikuu	34	33	35	27	31
Helmikuu	28	30	27	25	27
Maaliskuu	36	33	29	26	24
Syyskuu	16	8	12	13	15
Lokakuu	30	31	25	29	29
Marraskuu	33	36	26	29	34
Joulukuu	35	38	28	28	35
Yhteensä	212	209	182	177	195
Keskiarvo	30,3	29,9	26,0	25,3	27,9
Muut kuukaudet					
Vuosi	2017	2018	2019	2020	2021
Huhtikuu	20	16	10	13	13
Toukokuu	12	8	7	8	9
Kesäkuu	7	6	5	5	6
Heinäkuu	5	5	5	6	5
Elokuu	8	7	6	7	7
Yhteensä	52	42	33	39	40
Keskiarvo	10,4	8,4	6,6	7,8	8,0
Yhteensä	264	251	215	216	235

Taulukon 3 lukemien ja keskiarvolukujen perusteella voidaan arvioida, että käyttökuukausien sähkötulutuksen keskiarvo olisi 27 000 kWh ja muiden kuukausien 8 000 kWh.

Sähkön kulutus kuukausittain vuosina 2017-2021



3.1.1 Sähkötehon tarpeen jakautuminen

Kuten aiemmin on jo todettu, Ranuan jäähallin kaikki lämpimät tilat lämmitetään suoralla sähköllä. Sähköä kuluu kuitenkin myös valaistukseen, teknisten järjestelmien pyörittämiseen sekä suoraan pistorasiasta saatavan sähköön, jota käytetään esimerkiksi kahvion pienlaitteisiin. Valaistukseen kuluva sähkö on helposti pääteltävissä valaisimien tehoista sekä käyttöajoista. Taulukossa 4 on lueteltuna valaisimien tehot ja kappalemäärät, jotka on kerrottu valaisinluettelossa. Tehot ovat taulukossa watteina (W) ja lopussa myös kilowatteina (kW). (Liite 8)

TAULUKKO 4. Valaisimien tehot

Teho (W)	Kappalemäärä	Teho yhteensä
400	39	15600
125	11	1375
18	10	180
58	4	232
125	41	5125
10	17	170
14	4	56
36	6	216
36	3	108
18	2	36
56	2	112
18	2	36
21	5	105
21	2	42
Yhteensä	23393	W
		23,4 kW

Taulukon 4 ylimmällä rivillä on jääalueen valot, joiden teho on yhteensä 15,6 kW. Kaikkien muiden valaisimien, paitsi jääalueen valaisimien yhteisteho on 7,8 kW. Voidaan olettaa, että arkisin jääalue on käytössä päivisin 5 tuntia ja iltaisin myös 5 tuntia. Viikonloppuisin normaalisti noin 5 tuntia molempina päivinä. Tämä tekee viikossa 60 tuntia. Kun jääalue on käytössä, voidaan myös olettaa, että noin 1/3 muusta valaistuksesta on käytössä. Lisäksi voidaan olettaa, että noin 20 % muusta kuin jääalueen valaistuksesta on käytössä edellä mainitun lisäksi noin 2 tuntia varhaiseen aikaan arkiamuisin, kun kunnan työntekijät tulevat töihin, ja käyttävät kahvion tiloja sosiaalitalana.

Tämä tarkoittaa viikko tasolla yhteensä 60 tuntia jääalueen valojen käyttöä, 60 tuntia kolmasosan muiden valaisimien käyttöä sekä 10 tuntia 20 % muiden valaisimien käyttöä.

TAULUKKO 5. Valaistukseen kuluu noin 1110 kWh viikossa.

	Jääalueen valot	Muu valaistus	2. Muu valaistus
Teho (kW)	15,6	2,6	1,56
Aika (h)	60	60	10
Energia (kWh)	936	156	15,6
Yhteensä (kWh)	1107,6		

Valaistukseen kuluu siis 1107,6 kWh viikossa eli 4430,4 kWh kuukaudessa.

Lämmityslaitteiden kokonaisteho on 21,15 kW. Sähköpatterit ovat yleensä ylimitoitettuja, eivätkä ne käy täydestä teholla, kuin kovimpina pakkaspäivinä. Voidaan siis olettaa, että käyttökuukausien aikana lämmityslaitteet käyvät keksimäärin noin 70 %:n teholla. Viikossa on 168 tuntia, jolloin viikkokulutukseksi lämmityksen osalta saadaan 2487 kWh eli 9950 kWh kuukaudessa.

Isoimman osuuden sähköstä syövät tekniset laitteet. Lähes kaikki loppu sähkönkulutuksesta menee teknisten laitteiden pyörittämiseen, mistä jäähallissa suurikulutteisin on kylmäjärjestelmä. Pienen pieni osa sähkönkulutuksesta menee pistorasioista pienlaitteille, voidaan puhua muutaman prosentin osuudesta.

Kokonaissähkönkulutus käyttökuukausina on aiemmin laskettu 27 000 kWh. Valaistukseen kuluu 4430 kWh, lämmitykseen 9950 kWh, pienlaitteille 1000 kWh ja loput 11 620 kWh teknisiin laitteisiin. Prosenttiosuudet kokonaissähkönkulutuksesta on esitelty taulukossa 6.

TAULUKKO 6. Sähkönkulutusosuudet

Sähkönkulutus (kWh/kk)	27 000
Kohde	Osuus (%)
Valaistus	16
Lämmitys	37
Pienlaitteet	4
Tekniset järjestelmät	43

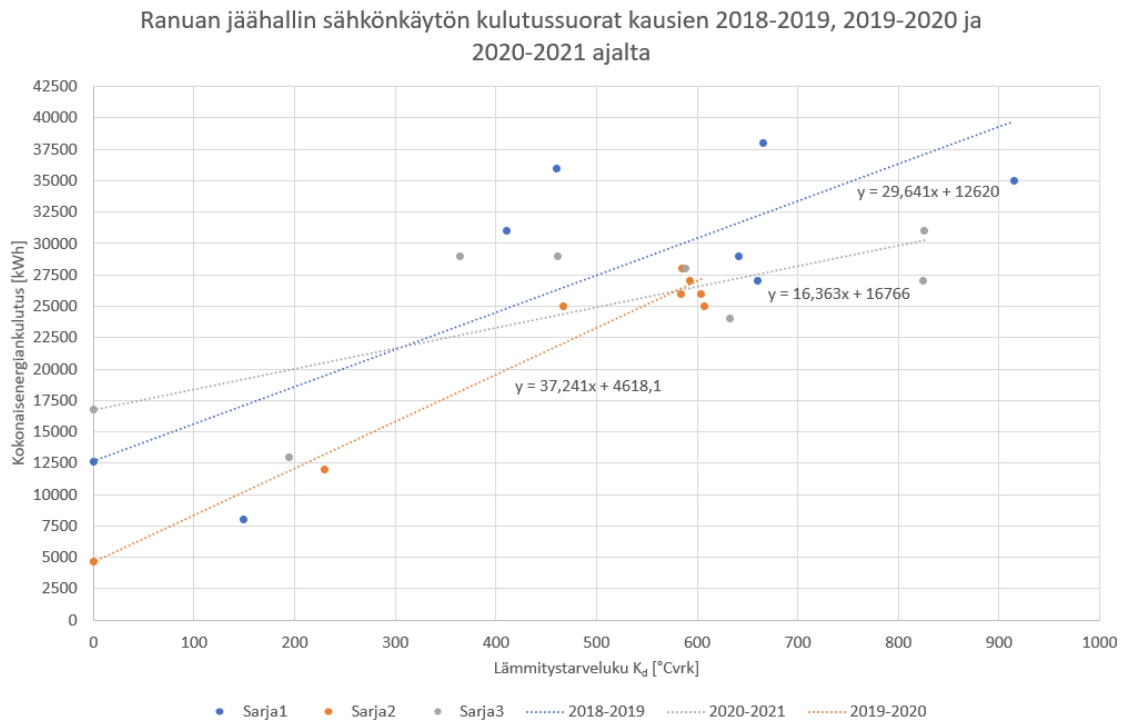
3.1.2 Sähkönkäytön kulutussuorat

Kulutussuora on x, y -koordinaatistoon tehty suora, joka kertoo kohteen lämpöenergian kulutuksen tietyllä aikavälillä verrattuna kohteen lämmitystarvelukuun. Lämmitystarveluku on sisä- ja ulkolämpötilojen erotuksien summa tietyllä aikavälillä. Lämmitystarveluku lasketaan vuorokausikohtaiseksi, jonka avulla voidaan laskea halutun aikavälin lämmitystarveluku. Esimerkiksi tietyn kuukauden lämmitystarveluku saadaan kertomalla vuorokauden lämmitystarveluku kuukauden päivien määrällä. Ilmatieteenlaitos ilmoittaa vuosittain 16 paikkakunnan lämmitystarveluvut vuorokautta kohden.

Lämmitystarveluvun avulla voidaan verrata todellisia lämmitysenergian kulutuksia, koska rakennuksen lämpöenergian kulutus on lähes suoraan verrannollinen sisä- ja ulkolämpötilojen erotukseen. Lämmitystarveluvun ja kulutussuoran avulla voidaan verrata eri kuukausien tai vuosien lämmitysenergian kulutusta tietyssä rakennuksessa tai eri rakennuksien ominaiskulutuksia keskenään.

Taulukossa 7 näkyvät kulutussuorat perustuvat kuukausittaisiin sähkönkulutuksiin Ranuan jäähallissa ja kuukausien lämmitystarvelukuihin. Lämmitystarveluvut on poimittu Ilmatieteenlaitoksen tekemistä mittauksista. Taulukossa on käytetty Oulun mittaustuloksia, sillä se on Ranuan lähin mittaustaipaikkakunta. Kuukauden sähkönkulutus ja lämmitystarveluku muodostavat yhden pisteen koordinaatistoon. Tietyn sarjan pisteistä lasketaan regressiosuora, joka kuvastaa rakennuksen sähkönkulutusta eri ulkolämpötiloissa. Kulutuksen vertailussa lämmitystarveluku on keskeisessä roolissa, ja se tekeekin kulutussuorien tarkastelusta vertailukelpoista.

TAULUKKO 7. Sähkökäytön kulutussuorat kolmen kauden ajalta. Jäähallikausi on Ranualla syyskuun alusta maaliskuun loppuun.



Taulukosta 7 voidaan huomata, että sarjojen pisteillä on jonkin verran hajontaa. Yleisesti voidaan ajatella, että mitä jyrkempi regressiosuora on, sitä enemmän sarjan pisteillä on yhteyttä toisiinsa. Toisin sanoen mitä lähempänä vaakatasoa regressiosuora on, sitä vähemmän sarjan pisteillä on yhteyttä toisiinsa, eli sitä enemmän esiintyy hajontaa. Regressiosuoran jyrkkyyttä kuvastaa sen kulmakerroin, joka taulukon 7 suorissa on kaavan x–muuttujan kerroin. Lämmitysenergian käyttöä tarkastellessa kulutussuoran jyrkkyys kertoo, kuinka paljon tiettyä energiaa tarvitaan suhteessa lämmitystarvelukuun eli sisä- ja ulkolämpötilojen erotukseen. Esimerkiksi sähkölämmitteisessä rakennuksessa varaavan takan hyödyntäminen lämmityksessä loiventaisi sähkökäytön kulutussuoraa, sillä sähköä ei silloin tarvitse niin paljon samaa sisä- ja ulkolämpötilaeroa kohden. Yleisesti voidaan kuitenkin todeta, että kulutussuoran kulmakerroin on aina positiivinen, sillä energiankulutus kasvaa, kun lämmitystarveluku kasvaa.

Vakiokulutus kuvaa kulutusta silloin, kun lämmitystarveluku on nolla eli se ei riipu lämmitystarveluvusta. Toisin sanoen vakiokulutuksen pitäisi olla kylmäkoneisiin ja valaistukseen menevän energiamäärän suuruinen. Kylmäkoneiden ja valaistuksen osuus kokonaissähkökulutuksesta on taulukon 6 mukaan 59 % eli 15 930 kWh. Taulukon 7 kulutussuorien vakiokulutuksen mukaan tämä suuruusluokka on oikea.

3.2 Käyttövesi

Vedenjakelijana Ranualla toimii Ranuan Infra Oy, josta saatiin kulutustiedot vuosilta 2020, 2021 ja alkuvuodelta 2022. Kulutustiedot on esitetty taulukossa 8. Käyttökuukausien, joista mittaustiedot ovat saatavilla, keskiarvoksi saadaan 53,9 m³/kk, ja muiden kuukausien keskiarvoksi saadaan 13,5 m³/kk. Näiden keskiarvotietojen mukaan vuosittainen vedenkulutus olisi 445,3 m³.

TAULUKKO 8. Käyttöveden kulutus kuukausittain kolmen vuoden ajalta.

Kulutus m ³ /kk			
Käyttökuukaudet			
Vuosi	2020	2021	2022
Tammikuu		56	64
Helmikuu	55	54	61
Maaliskuu		26	78
Syyskuu	45	49	
Lokakuu	51	59	
Marraskuu	48	62	
Joulukuu	38	63	
Yhteensä	237	369	203
Keskiarvo	47,4	52,7	67,7
Muut kuukaudet			
Vuosi	2020	2021	2022
Huhtikuu	60	7	8
Toukokuu	7	8	
Kesäkuu	5	11	
Heinäkuu	14	10	
Elokuu	8	11	
Yhteensä	94	47	8
Keskiarvo	18,8	9,4	8,0
Yhteensä	331	416	211

Vedenkulutusta tarkasteltaessa on otettava huomioon saatujen mittaustietojen ajalle osunut pandemiatilanne, jonka vuoksi jäähalli oli normaalia vähemmällä käytöllä. Todenmukaisemman kuvan käyttökuukausien vedenkulutuksesta saa, kun tarkastellaan viimeisimmän kauden eli aikavälin 09/2021–03/2022 vedenkulutusta. Käyttökuukausien keskiarvoksi tällä aikavälillä saadaan 62,3 m³/kk. Jos käyttökuukausien vedenkulutus olisi keskimääräisesti 60 m³/kk, ja muiden kuukausien alkuperäinen keskiarvo 13,5 m³/kk, niin vuosittainen vedenkulutus olisi 487,5 m³. Tämä on todennukaisempi vedenkulutuksen määrä, kuin aiemmin laskettu 445,3 m³.

3.3 Kaukolämpö

Kaukolämpö tuotetaan Ranuan Teeritien ja Kolomaan biolämpökeskuksissa. Vuoden 2021 tuotanto seurannan mukaan polttoaineena toimi palaturve 32 %, metsähake 29 %, sahateollisuuden sivuvirrat eli kuivahake ja kutteri 29 % ja kevyt öljy 10 %. Osuuksien määrissä on vuosittain heittoja. Kaukolämmön kulutustiedot saatiin vuosi tasolla, ja ne on esitetty taulukossa 9. Vuoden 2021 alhaisen lukeman selittää se, että energiayhtiön mukaan mittarista oli paristo loppunut hetkeksi. Heidän mukaansa todellinen kulutus olisi 11–15 MWh.

TAULUKKO 9. Kaukolämmön kulutus Ranuan jäähallissa.

Kaukolämmön kulutus:	
Vuosi	MWh
2019	15,56
2020	11,555
2021	9,368

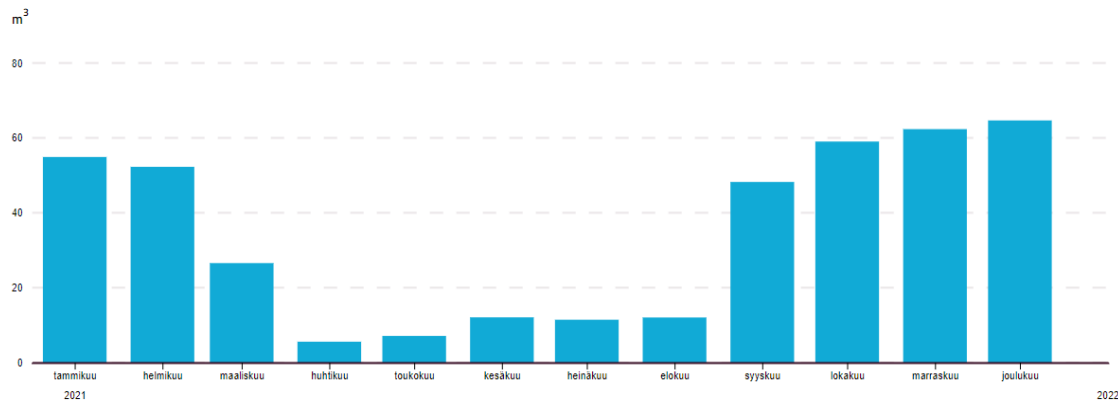
Taulukon 9 lukemien mukaan vuosittaiseksi keskiarvoksi saadaan 12,16 MWh, mutta täytyy kuitenkin huomioida vuoden 2021 epätodellinen lukema. Mikäli arvioidaan vuoden 2021 kulutuksen olleen 13 MWh, niin vuosien 2019–2021 keskiarvoksi saadaan 13,37 MWh. Tämä keskiarvo antaa todenmukaisemman kuvan vuosittaisesta keskiarvosta.

Vuosittainen keskiarvo 13,37 MWh antaisi kuukausikulutukseksi keskimäärin 1,11 MWh. Kuukausittainen kulutus on kuitenkin verrattavissa suoraan veden kulutukseen, jota kuluu tilastollisesti eniten käyttökuukausina. Kuvassa 8 on esitetty veden kulutus kuukausittain vuonna 2021. Myös kaukolämpöenergian kulutus jakautuu samaan tyyliin, sillä kaukolämpöä ei tällä hetkellä käytetä Ranuan jäähallissa muuhun kuin käyttöveden lämmitykseen.

Valittu ajanjakso: 01.01.2021 - 31.12.2021

[Näytä kuluva vuosi](#)

< 2021 v >



KUVA 8. Veden kulutus kuukausittain vuonna 2021. Kaukolämpöenergian kulutus on suoraan verrattavissa veden kulutukseen.

Vuosittaisten keskiarvojen avulla voidaan laskea, kuinka paljon kaukolämpöenergiaa menee lämmittämään kuutio vettä. Lämpimän veden osuus käyttöveden kokonaiskulutuksesta on noin 40–50 % eli noin 240 m³. Jos kaukolämpöä kuluu vuodessa 13,37 MWh ja vettä 240 m³, niin kuutiota kohden kaukolämpöenergiaa kuluu 0,0557 MWh/m³ eli 55,7 kWh/m³.

4 LÄMMITYSPATTEREIDEN VAIHTO

Työn yhtenä tavoitteena on löytää halvempi ja parempi lämmitysratkaisu nykyisin täysin sähkölämmitteiseen Ranuan jäähalliin. Halli on liitetty kaukolämpöverkoston, mutta kaukolämpöenergiaa ei hyödynnetä tällä hetkellä muuhun kuin käyttöveden lämmitykseen. Kaukolämpöenergiaa olisi erittäin fiksua ja kannattavaa hyödyntää hallin pukuhuoneiden, märkätilojen, kahvion ja teknisen huollon tiloissa. Kaukolämpö on toimitusvarma ja helppokäyttöinen lämmitysmuoto. Kaukolämpöenergiaa pystyttäisiin hyödyntämään Ranuan jäähallissa vaihtamalla nykyiset sähköpatterit vesikiertoisiin pattereihin, joiden kiertovesi lämmitetään kaukolämmöllä. Uutta lämmitysjärjestelmää varten tarvitaan uudet patterit, putkistot, lämmityksen lämmönsiirrin, pumppu lämmitysverkoston, säätöventtiili, kesäsulku sekä paine- ja lämpötilamittarit.

4.1 Mitoitus

Nykyisten sähköpattereiden mitoitusteho on riittänyt lämpimien tilojen tarpeisiin kovillakin pakkasilla. Myös pukuhuoneiden säteilylämmittimien teho on ollut riittävä. Ainut poikkeus on kahvio, jossa ollaan jouduttu kovimmilla pakkasilla käyttämään 1000 watin lisäpatteria. Tämä täytyy huomioida lisäämällä tehontarve kahvion kiinteiden pattereiden tehoihin. Kahviossa on kuusi kiinteää patteria, joten jos lisäpatterin teho jakaa kuudelle, niin jokaiselle patterille tarvitaan noin 170 W lisää tehoa. Muuten voidaan arvioida uusien pattereiden olevan lämmitystehontarpeiltaan suunnilleen nykyisten pattereiden tehojen mukaiset. Mikäli sähköpatterit korvataan tulevaisuudessa vesikiertoisilla pattereilla, mitoitus on syytä teettää uudelleen pätevällä suunnittelijalla. Tässä vaiheessa arvioidaan vaihdon kokonaiskustannuksia ja kannattavuutta, joten täysin tarkoilla lämmitystehontarpeilla ei ole tässä vaiheessa väliä. Patteritehot vaikuttavat tässä vaiheessa vain alustaviin patterivalintoihin, joista ainut merkittävä tekijä on hinta. Nykyiset sähköpatterit ovat joka tapauksessa hieman ylimitoitettu, joten nyt pattereille saadut hinnat ovat mahdollisesti hieman yläkanttiin. Vaihtoprojektin kokonaiskustannuksien kannalta pienillä lämmitystehontarpeiden muutoksilla ei ole suurta merkitystä. Käytetään siis vesikiertoisten pattereiden tehoina samoja, kuin nykyisten sähköpattereiden ja säteilylämmittimien, jotka ovat esitetty kuvassa 7.

4.2 Vaihdon kustannukset

Sähköpattereiden vaihtaminen vesikiertoisiin pattereihin tarvitsee uusien pattereiden lisäksi uudet putkistot ja erilaisia teknisiä laitteita, jotta järjestelmä saadaan kytkettyä jo valmiina olevaan kauko-
lämpöpakettiin. Lisäksi projektissa täytyy huomioida asennustyön kustannukset sekä erinäiset
muut kulut. Osa hinnoista on laskettu suoraan kiinteiden hintojen perusteella ja osa on arvioitu.

4.2.1 Tarvikkeet ja osat

Uudet patterit on laskettu Purmon sivuilta löytyvän tehokalkulaattorin avulla, niin, että ne vastaisivat tehoiltaan nykyisten pattereiden tehoja. Laskennassa mitoituslämpötiloina on käytetty me-
novedelle 55 °C ja paluuedelle 45. Huonelämpötilana käytetään 20 °C. Valitsin laskentaan Pur-
mon plan compact -patterin ja pääasiassa pyrin käyttämään tyyppiä 22. Patterityyppi on valintaky-
symys, mutta pyrin laskennoissa valitsemaan yleisen perussiistin patterityypin. Pukuhuoneisiin va-
litsin pystysuuntaiset Purmo vertical -patterit, koska vaakasuuntaiset patterit eivät ole pukuhuo-
neessa käytännöllisiä penkkien takia. Taulukosta 10 nähdään nykyisten pattereiden tehot sekä uu-
det patterivalinnat ja niiden tehot. Taulukon oikeaan laitaan on lueteltu pattereiden kappalehinnat,
jotka on luettavissa Purmon sivuilta löytyvästä hinnastosta. Kokonaishinnaksi uusille pattereille tu-
lisi noin 10 500 euroa.

TAULUKKO 10. Uusien patterien valinnat ja niiden hinnat

Lämmitystehot	Kappalemäärä	Nykyinen teho (W)	Uusi patteri	Uusi teho (W)	Hinta (€)/kappale
1. kerros					
Pukuhuoneiden säteilylämmittimet	6	1200	VR21-750-1800	1215	687,3
WC-tilojen pienemmät patterit	7	250	FC21-400-500	241	184,1
WC-tilojen isommat patterit	1	500	FC22-500-700	515	277,8
Tuomareiden pukuhuoneen patteri	1	1000	FC22-600-1200	1020	437,9
Siivoushuoneen/lämmönjakohuoneen patti	1	750	FC22-500-1000	736	350,8
Teroitushuoneen patteri	1	750	FC22-500-1000	736	350,8
Pesuhuoneiden lattialämmitys	2	800			
2. kerros					
Kahvion pitkät patterit	6	500	FC22-400-1000	675	294,5
Kahvion lisäpatterit	1	1000			
Kahvion WC-tilojen patterit	3	350	FC22-400-600	368	214,1
Kahvion keittiön patteri	1	550	FC22-500-800	589	305,1
Toimistotilan patteri	1	1000	FC22-600-1200	1020	437,9
IV-konehuoneen patterit	2	500	FC22-600-600	510	268,7
Yhteensä		21150		21367	10519,5

Putkistojen pituudet arvioidaan pohjakuvien avulla. Ne ovat mitattu alkuperäisistä pohjakuvista, ja patterit on sijoitettu suunnilleen samoilta paikoilta kuin nykyiset patterit. Pohjakuvien mukaan patteriputkistoa tulisi 81,2 m. On kuitenkin huomioitava laskut ja nousut sekä asennusvarat pattereilla. Nämä on arvioitu taulukossa 11. Kokonaisuudessaan putkimetrejä tulee noin 160 me. Patterilinjissa on kuitenkin meno- ja paluuputket, jonka vuoksi tuo määrä täytyy tuplata. Voidaan siis olettaa, että patteriputkistoa tulee yhteensä 320 m.

TAULUKKO 11. Putkimetriä arviointi

	Pituus	Kappalemäärä	Yhteensä
Alustavat putkistolinjat			81,2
Laskut/nousut	2,5	25	62,5
Asennusvara pattereille	0,5	31	15,5
			159,2

Patteriverkosto valitaan toteutettavaksi komposiittiputkella. Tämän kokoisessa kohteessa käytetään putkikokoja 16, 20, 25, 32, 40 ja 63. Putkiston tarvikkeiden hinta-arvioinnissa on ajateltu, että puolet putkistosta on pieniä kokoja eli kokoja 16, 20 ja 25 ja puolet putkistosta on isompia kokoja eli 32, 40 ja 63. Niiden metrihinta on laskettu kyseisten putkikokojen metrihintojen keskiarvoina. T-haarojen ja kulmien määrät on laskettu alustavien putkilinjojen suunnitelmien mukaan. Liitäntäosien ja kannakkeiden määrät ovat arvioitu. Niiden kappalehinta on laskettu edellä mainittujen putkikokojen hintojen keskiarvoina. Kaikkien tuotteiden hinnat on katsottu Taloon.com palvelun nettisivuilta elokuussa 2022. Taulukossa 12 nähdään putkiston osien määrät ja hinnat.

TAULUKKO 12. Putkiston tarvikkeiden hintoja

Putkiston osa	Pituus (m)/kappalemäärä	Hinta/m tai hinta/kappale	Hinta yhteensä
Pienet putket (koot 16, 20, 25)	160	1,52	243,20
Suuret putket (koot 32, 40, 63)	160	11,08	1773,33
T-haarat	50	31,27	1563,5
90 asteen kulmat	110	31,8	3498
Liitäntäosat	120	15,63	1876
Kannakkeet	80	6,3	504
			9458,03

Putkiston tarvikkeiden hinta kokonaisuudessaan on noin 10 000 euroa. Lisäksi järjestelmää varten tarvitaan muutamia teknisiä laitteita, joita ovat pumppu, lämmönsiirrin, paisunta-astia, sulku- ja sää-

töventtiilit sekä paine- ja lämpötilamittarit. Kaukolämmön hyödyntämiseen lämmityksessä on kuitenkin varauduttu lämmönjakokeskuksen asentamisen yhteydessä, jolloin kyseiset laitteet ovat asennettu valmiiksi. Verkostoon tulee kuitenkin lisätä sulkuventtiilejä muualle, ja näihin varataan 100 euroa. Muihin teknisiin laitteisiin, kuten suodattimiin, varataan 300 euroa.

4.2.2 Asennustyön kustannukset

Asennustyön kustannuksia on arvioitu LVI-toimialan työehtosopimuksen määrittämien asennusten normituntien mukaan. Normituntilaskelma on esitelty taulukossa 13. Kyseisestä työehtosopimuksesta eli TES:stä on luettu putkien asennuksiin menevät normitunnit putkikokojen mukaan. Taulukon 13 on merkitty putkikokojen ja pattereiden painojen keskimääräiset normitunnit. Taulukon 13 kohta ”Muut asennukset” tarkoittaa säätöjärjestelmän kaikkia muita asennuksia lukuun ottamatta putkien, pumppujen ja kojeiden asennuksia. (3. §, Mom. 7.)

TAULUKKO 13. Normituntilaskenta asennustyölle

	Pituus (m)/kappalemäärä	Normitunnit (NH)	Normitunnit yhteensä
Pienet putket (16, 20, 25)	160	0,397	63,47
Suuret putket (32, 40, 63)	160	0,493	78,93
Patterit	30	1,2	36,00
Pumppu	1	1,5	1,50
Lämmönsiirrin	1	3,5	3,50
Muut asennukset	1	15	15,00
			198,40
		Haittalisä 7 %	13,89
		Saneerauslisä 7 %	13,89
		Yhteensä	226,18

Normituntilaskelmassa on otettu huomioon kohteen haittalisä ja saneerauslisä. Lisät ovat huomioitu TES:n mukaisesti. Yhteensä normitunteja tulee 226,18. TES:n mukainen normituntikerroin on 17,56 e/NH, mikä tekisi asennustyön kokonaishinnaksi 3970 euroa. On kuitenkin huomioitava, että urakoitsija laskee aina tarjoukseensa katetta. Huomioidaan tässä 30 %:n kate, jolloin asennustyön hinnaksi tulisi vajaa 5200 euroa.

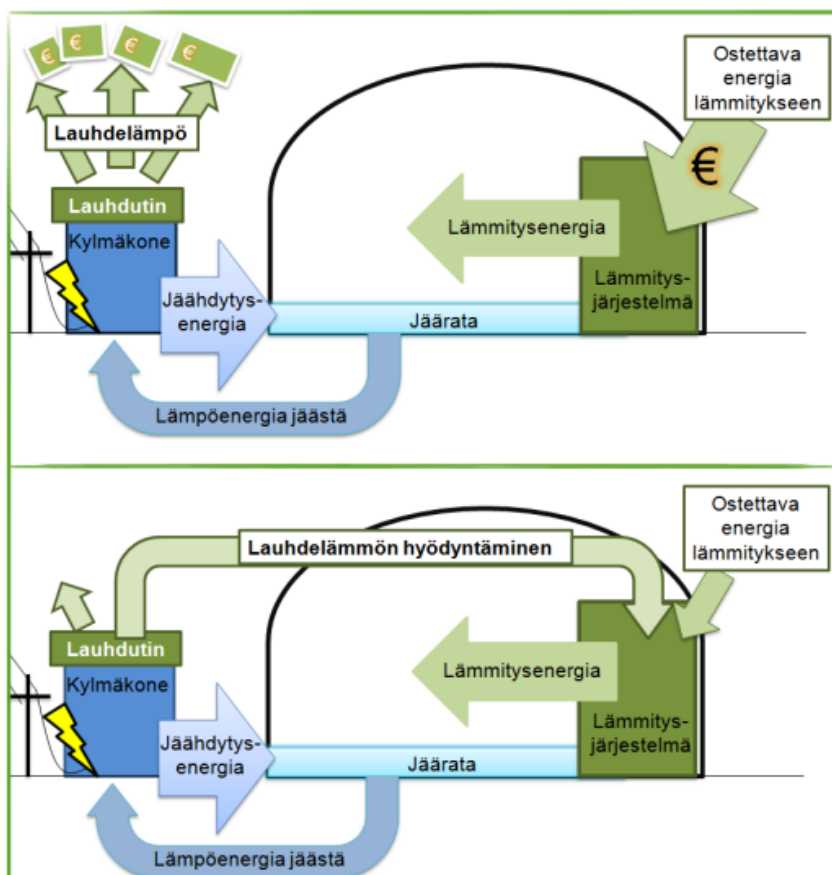
4.2.3 Kokonaiskustannukset

Tähän mennessä muutostyössä on huomioitu uudet patterit 10 500 euroa, uudet putkistot 10 000 euroa, muut tekniset laitteet 400 euroa ja asennustyö 5200 euroa. Näiden lisäksi on syytä arvioida mahdollisia lisätöitä, sivukuluja ja rakennusvalvonnan kuluja. Muutostyössä tulee tehdä rakenteisiin timanttiporauksia patteriverkoston läpivientejä varten, joihin on syytä varautua. Niitä ja muita mahdollisia lisätöitä varten varataan 1000 euroa. Muutostyöt suoritettaisiin normituntien perusteella kahden asentajan toimesta kolmessa viikossa. Rakennusvalvonnan kuluihin ja kunnan puolesta muutostöiden työnjohtajan palkkaan on syytä varata 1000 euroa. Lisäksi on syytä varata 2000 euroa ulkopuolista LVI-suunnittelijaa varten.

Paikallisen urakoitsijan arvio tarvike- ja työkuksannuksista oli noin 24 000 euroa. Tässä hinnassa ei kuitenkaan ole huomioitu edellä mainitsemiani lisätyökuluja, rakennusvalvonnan tai työnjohdon kuluja tai LVI-suunnittelijan kuluja. Muutostyön kokonaiskustannukset ovat edellä mainittujen laskelmien ja arviointien perusteella noin 30 000 euroa.

5 LAUHDELÄMPÖ

Lauhdelämpö on kylmälaitteiden ja -järjestelmien tuottamaa hukkalämpöä. Jäähdytysprosessissa muodostuu aina lauhdelämpöä, koska kylmäaine sitoo itseensä lämpöenergiaa jäähdytettävästä aineesta, ja kuljettaa sen pois. Jäähallissa lauhdelämpöä muodostuu kaukalon jään alla kiertävässä kylmäaineessa, kun se sitoo itseensä lämpöenergiaa jään pinnasta. Näin jään pinta pysyy jäässä, ja lanauskoneen ajama lämmin vesi jäätyy uudeksi kerrokseksi. Ranuan jäähallissa lauhdelämpöä lauhdutetaan tällä hetkellä ulkoilmaan eli hukataan. Yleisesti voidaan ajatella, että lauhdelämpö on ilmaista energiaa, koska se syntyy jäähdytysprosessissa joka tapauksessa. Jäähalleissa lauhdelämpöä on mahdollista hyödyntää esimerkiksi käyttöveden lämmitykseen, mikä lisäisi jäähallin energiatehokkuutta. Kaikissa tapauksissa lauhdelämmön hyödyntäminen ei ole sen määrän tai ajoituksen kannalta järkevää. Kuvassa 9 on lauhdelämmön hyödyntämistä kuvaava kaavio.



KUVA 9. Lauhdelämmön hyödyntämistä kuvaava kaavio. (Rantala, 2015)

5.1 Järjestelmän esittely

Kylmäkoneiston toiminta perustuu kylmäaineeseen, joka kiertää suljetussa piirissä. Pääkomponentit ovat kompressori, höyrystin, lauhdutin ja paisuntalaite. Toiminta perustuu kylmäaineen toimintaan eri olosuhteissa. Sen painetta ja lämpötilaa muutetaan, jolloin se saadaan vuoroin vastaanottamaan lämpöenergiaa ja vuoroin luovuttamaan sitä. Lämpöopin mukaan systeemi pyrkii aina termodynaamiseen tasapainoon eli lämpöenergia siirtyy aina korkeammasta lämpötilasta matalampaan. Jäähallin jääkentän alla putkistoissa tämä sääntö toimii niin, että lämpöenergia siirtyy lämpimämmästä jään pinnasta lähtökohtaisesti kylmempään rataliuokseen. Kierron toisessa päässä lämpöenergia siirtyy puolestaan rataliuoksesta kylmäaineeseen ja siitä ulkoilmaan noudattaen tätä samaa lämpöopin tasapainosääntöä.



KUVA 10. Ranuan jäähallin kylmäkoneisto

Jääkenttää voidaan jäädyyttää välillisesti tai suoraan höyrysteinä. Jälkimmäisessä kylmäaine kiertää rataputkistossa jääkentän alla ja se toimii itse kylmäainekierron höyrystimenä. Välillisessä jäädyytyksessä kierrätetään kylmää rataliuosta kenttäputkistossa. Rataliuos jäähdytetään erillisessä höyrystimessä konehuoneessa. Konehuoneessa sijaitsee myös koko kylmäainetäytös. Höyrystynyt rataliuoskaasu puristetaan kompressorin avulla, jolloin paine nousee, liuos lauhuu ja luovuttaa lämpönsä. Ranualla jääaluetta jäähdytetään välillisesti.

Ranuan jäähallissa kylmäaineena toimii R-404A. Se tullaan vuoden 2029 loppuun mennessä korvaamaan jollain muulla kylmäaineella, sillä kyseisen kylmäaineen käyttäminen on kielletty korkean GWP-arvon vuoksi. GWP-arvo kertoo, kuinka suuri kasvihuonevaikutus yhdellä kilolla kylmäainetta on verrattuna hiilidioksidin kasvihuonevaikutukseen. Korkean GWP-arvon omaavat kylmäaineet ovat vuodesta 2020 alkaen kiellettyjä uusissa kohteissa ja huoltokohteissa, mutta niiden käyttö vanhoissa kohteissa on sallittu vuoden 2029 loppuun saakka. Kyseessä on yhdenlainen ilmasto-tekko vähentämään ilmakehään muodostuvan hiilidioksidin määrää. (Kylmäextra 2019, Darment 2022.)

Rataliuoksena Ranuan jäähallissa toimii 40-prosenttinen glykolivesiseos. Kyseisen seoksen etuna on sen matala jäätyislämpötila ja korkea kiehumislämpötila sekä tasainen virtaus riippumatta lämpötilasta. Näiden ominaisuuksien avulla vältetään jäätymisongelmilta, jotka Ranuan leveysasteilla voisivat olla suuria ongelmia. Rataliuoksen pumppu on Kolmeksin L-80A/2, joka on perinteinen keskipakopumppu. Keskipakopumput soveltuvat laajasti eri nesteiden kierrättämiseen. Höyrystimenä Ranualla on Alfa Laval levylämmönvaihdin, jonka tehtävänä on jäähdyttää rataliuosta.

Kylmäkoneistossa on kaksi samalaista mäntäkompressoria, jotka on esitetty kuvassa 11. Ahlsellin tuotetietojen mukaan kyseisen kompressorin kylmäteho kylmäaineelle R-404A on 27,6 kW, kun lauhtumislämpötila on +40 astetta ja höyrystyslämpötila on -35 astetta. Kompressorit on kytketty järjestelmään rinnakkain. Yhden kompressorin iskutilavuus on 183,6 m³/h. Kompressorin valmistajan Bockin sivuilta löytyvän laskurin mukaan kompressorin ottoteho on 36,5 kWh ja lauhtutinteho 82,8 kWh, kun höyrystymis- ja lauhtumislämpötiloina käytetään Suomen tekojää Oy:n vuoden 2014 jäähallin saneerauksen materiaaleista löytyviä mitoituslämpötiloja, jotka ovat -15 °C ja +35 °C.

Bock HGX 7 Puolihermeettiset kompressorit
BOCK KOMPR.HGX7/2110-4



KUVA 11. Kylmäkoneiston kompressoreina toimii Bockin HGX 7/2110-4.

Ranualla kylmäkoneisto on sijoitettu erilliseen kylmäkonekonttiin jäähallin ulkopuolelle, mikä nähdään kuvassa 12. Kylmäkoneistossa on käytössä suoralauhdutteinen jäähdytysjärjestelmä. Kylmäkonekontin yläpuolelle on sijoitettu ulkoilmalauhdutin, jonka kautta lauhdelämpö kulkeutuu ulkoilmaan.



KUVA 12. Ranuan jäähallin kylmäkonekontti

5.2 Määrä ja ajoitus

Lauhdelämmön määrä ei ole tiedossa, mutta sitä pystyy arvioimaan laskennallisesti. Lämpökertoimen ja kylmäjärjestelmän kuluttaman sähköenergian tulo voidaan ajatella lauhdelämmön määrän arviona. Taulukon 6 perusteella kylmäkoneisto kuluttaa noin 43 % kokonaissähkökulutuksesta. Taulukon 3 mukaan Ranuan jäähallin kokonaissähkökulutus käyttökuukausina on 27 000 kWh/kk. Tällöin kylmäkoneisto kuluttaa noin 11 610 kWh/kk eli 81 270 kWh/a, kun käyttökuukausia on seitsemän. Käytetään laskennoissa vuosikulutusta 81,3 MWh/a.

Termi COP_C on kylmäkerroin, joka kuvaa laitteiston tuottamaa jäähdytystehoa suhteessa sen tarvitsemaan sähkötehoon. Mitä suurempi luku on, sitä energiatehokkaampi laitteisto on. COP_C on saatu Suomen Tekojää Oy:ltä vuoden 2014 jäähallin saneerauksen materiaaleista. COP_C :n arvoksi saatiin silloisessa mitoituksessa 2,62, kun höyrystymislämpötilana käytettiin -15 °C ja lauhtumislämpötilana $+35\text{ °C}$. Lauhdelämmön määrän laskemiseen tarvitaan lämpökerrointa COP_H , joka on COP_C+1 eli 3,62. Lämpökertoimen avulla voidaan laskea arvio lauhdelämmön määrästä.

$$\text{lämpö kerroin} \cdot \text{kylmäjärjestelmän ottoteho} = \text{muodostuva lauhdelämpö}$$
$$3,62 \cdot 81,3 \text{ MWh} \approx 295 \text{ MWh}$$

Todellisuudessa COP_C arvo on noin 3, jolloin lämpökertoimen eli COP_H arvoksi saadaan 4. Sillä arvolla lauhdelämpöä muodostuisi noin 325 MWh, joka on lähempänä todellista määrää.

Taulukosta 3 saadaan sähkökulutuksen keskiarvoksi noin 27 000 kWh/kk käyttökauden aikana. Jäähallikausi on Ranualla 7 kuukautta vuodessa, jolloin kokonaissähkökulutus kauden aikana on noin 189 000 kWh eli 189 MWh. Lauhdelämpöä muodostuu edellisten laskelmien perusteella yli 300 MWh jäähallikauden aikana. Näiden lukujen perusteella voidaan todeta, että jäähallin kylmäjärjestelmän tuottama lauhdelämpö on energiamäärältään huomattavasti suurempi kuin hallin omat sähköenergian tarpeet.

Lauhdelämpöä muodostuu, kun kylmäkone on käytössä. Kylmäkonetta pidetään käytössä silloin, kun jäähallin kaukalossa jäädytetään jäätä eli käyttökuukausina. Käyttökuukaudet ovat Ranuan jäähallissa syys-, loka-, marras-, joului-, tammi-, helmi- ja maaliskuu. Näinä kuukausina syntyy lauh-

delämpöä. Lauhdelämmön ajoituksessa ja hyödyntämisessä kylmässä jäähallissa on pieni ongelma. Kun ulkona on kova pakkanen, niin kylmässä jäähallissa myös kaukalotila on reippaasti pakkasen puolella. Ranualla kovimmilla pakkasilla kaukalotilassa saattaa olla jopa –10 asteen pakkanen. Ongelmana on se, että ulkoilman kylmetessä lämmitystehontarve kasvaa, mutta samaan aikaan kaukalotilan ilma kylmenee, jolloin kylmätehon tarve laskee ja lauhdelämpöä muodostuu vähemmän. Toisien sanoen lämmitystehontarpeen kasvaessa lauhdelämmön muodostuminen vähenee. Lauhdelämpöä muodostuu kuitenkin koko ajan ja sen hyödyntäminen on joka tapauksessa järkevää ja se vähentää ostettavan energian määrää.

5.3 Hyödyntäminen lämmityksessä

Suurin osa kylmäkoneiston muodostamasta lauhdelämmöstä on matalalämpöistä eli sen lämpötila on noin +30 astetta. Noin 80–90 % lauhdelämmöstä on tätä matalalämpöistä lauhdelämpöä, jonka hyödyntäminen suoraan vesikiertoisten pattereiden lämmitysjärjestelmään ei onnistu, koska normaaliin patteriverkoston täytyy syöttää noin +50-asteista vettä. Lauhdelämmön suora hyödyntäminen patteriverkostossa tarkoittaisi erittäin suuria matalalämpöpattereita, joissa lämmitys perustuu suureen pinta-alaan eikä niinkään kiertoveden lämpötilaan kuten perinteisissä vesikiertopattereissa. Lauhdelämmön lämpötilaa voisi toki nostaa lämpöpumpun avulla, mutta lämpöpumppu nostaisi investoinnin hintaa. Käyttöveden lauhdelämpöä ei kannata tässä kohteessa hyödyntää, koska siinäkin lauhteen lämpötilaa tulisi nostaa lämpöpumpun avulla. Käyttövesi lämmitetään kohteessa kaukolämmöllä, joka itsessään on järkevä ratkaisu.

Matalalämpöistä lauhdetta voi suoraan hyödyntää tuloilman lämmityksessä tai lattialämmitysjärjestelmissä. Ranuan jäähalliin ei ole suunnitteilla vesikiertoista lattialämmitystä, joten se vaihtoehto on tässä kohteessa poissuljettu. Tuloilman lämmittäminen olisi kohteessa järkevin lauhteen hyödyntämiskohde, koska matalalämpöä on helppo hyödyntää järjestelmässä, jossa toiminta perustuu il-mavirtaan. Kohteessa pukuhuoneiden tuloilmaa lämmitetään IV-koneen liitetyllä sähköisellä lämmityspatterilla. Lämmityspatteri tulisi vaihtaa vesikiertoiseen patteriin, ja lauhdelämpö tulisi ohjata erillisellä järjestelmällä lämmityspatterille, jossa se lämmittäisi tuloilmaa. Tuloilmaa voisi lämmittää myös kiertoilmalämmittimellä, jonka kiertoon matalalämpöinen lauhdelämpö ohjattaisiin. Jälkimmäinen vaihtoehto on tässä kohteessa järkevämpi.

Lauhdelämmöstä noin 10–20 % on tulistuspöytä, jonka lämpötila on 70–100 asetetta. Tätä tulistuspöytä voidaan hyödyntää esimerkiksi käyttöveden lämmittämiseen. Tulistuspöydän hyödyntämisen ongelma on siinä, että se vaatii lämmöntalteenoton, jossa on oma lämmönvaihdin, lämmönsiirtimen tulistuksen poistamiseen ja oman lämpövaraajan. Mikäli tulistuspöydän hyödyntämistäjärjestelmään tai matalalämpöistä lauhdelämpöä lämmittävään lämpöpumppuun päätettäisiin investoida, lauhdelämpöä pystyttäisiin hyödyntämään mahdollisesti myös muissa kohteissa. Lauhdelämmöllä, jonka lämpötilaa on nostettu lämpöpumpun avulla, pystyttäisiin hyödyntämään myös muissa kohteissa. Mäntän jäähallissa lämpötilaltaan korotettua lauhdelämpöä myydään sitä ylijäämälämpönä viereiseen kiinteistöön. Myös Ylivieskan jäähallissa lauhdelämpöä hyödynnetään viereisessä sijaitsevan liikuntakeskuksen tarpeisiin. Tällaiset ratkaisut ovat taloudellisesti kannattavia, ja ne nostavat rakennusten energiatehokkuutta. (Lautiainen 2018, Marjakangas 2019.)

Ranuan jäähallin kylmäkoneiston muodostaman lauhdelämmön voisi siis hyödyntää myös myymällä sitä viereisissä sijaitseviin kiinteistöihin, kun sen lämpötilaa on nostettu lämpöpumpun avulla. Osan lauhdelämmöstä voisi hyvin myydä ja siirtää toisiin kohteisiin, sillä Ranuan jäähallissa on vähän lämmitettäviä tiloja ja lauhdelämpöenergiaa muodostuu huomattavasti hallin omia tarpeita enemmän. Lämmön siirtäminen muihin kohteisiin olisi mahdollista, sillä Ranuan jäähalli on vuonna 2018 liitetty kaukolämpöverkkoon. Ranuan jäähallin nykyisissä järjestelmissä lauhdelämpöä olisi järkevin hyödyntää tuloilman lämmittämiseen. Ylimääräinen lämpö voitaisiin syöttää kaukolämmön paluuveteen, jolloin se olisi lämmönmyyjän käytettävissä. Kiinteistön omistajan ja lämmönmyyjän tulisi päästä sopimukseen syötetyn lämpöenergian hinnasta. Mikäli halliin päätettäisiin saneerata uusi veden kierto perustuva lämmitysjärjestelmä, on lauhdelämpöä järkevintä hyödyntää siinä, kun sen lämpötilaa on ensin nostettu lämpöpumpun avulla. Molemmissa tapauksissa olisi syytä selvittää viereisten rakennuksien energiankäyttöä ja mahdollisesti myydä lämpötilaltaan korotettua lauhdelämpöä viereisiin kiinteistöihin.

Lauhdelämmön hyödyntämistä varten tulee rakentaa erillinen laitteisto riippuen lauhdelämmön hyödyntämisen kohteista. Lauhdelämmön hyödyntämisessä tulisi joka tapauksessa vuosittain tuhansien eurojen säästö ostettavasta energiasta, ja laitteisto maksaisi itsensä takaisin 5–10 vuodessa. Raappana ja Maunu ovat opinnäytetyössään 2016 esittäneet vaihtoehdoisen lauhdelämmön hyödyntämisen kohteet ja laitteiston Ranuan jäähalliin sekä tehneet niitä vastaavat laskennat. Lauhdelämmön hyödyntämistä tulee kuitenkin tarkastella uudelleen, mikäli lämmitysmuoto kohteessa vaihdetaan.

6 TALOUDELLINEN VERTAILU

Jäähallin keskimääräinen sähkönkulutus vuodessa on taulukon 3 mukaan noin 236 200 kWh. Taulukon 6 mukaan lämmityksen osuus sähkönkulutuksesta on 37 %, jolloin sähköä kuluu lämmitykseen 87 400 kWh vuodessa. Taloudellista vertailua laskiessa käytetään tätä energiamäärää. Verrataan lämmitykseen kuluvan energian maksuja, kun energianlähteenä on nykyisin sähkö ja mahdollisesti tulevaisuudessa kaukolämpö. Muuttuvat maailmantilanteet ovat horjuttaneet eteenkin Euroopan maiden energiataloutta, ja myös sähkön hinnan nousu on näkynyt kuluttajien lompakoissa. Ranuan kunnalla on käytössään pörssisähkö Hanselin kautta. Syyskuun 2022 asiakasraportin mukaiset sähkön hankintahintojen keskiarvot näkyvät taulukossa 14. Taulukkoon on vuosien 2021 ja 2022 osalta laskettu keskiarvot toteutuneiden hintojen perusteella, ja loput Hanselin esittämien ennusteiden perusteella. Taulukosta 14 voidaan huomata, että vuosien 2021–2023 aikana sähkön hankintahinta on noussut ja nousee edelleen huomattavasti. Vuoden 2024 ennusteen perusteella sähkön hinta laskisi hieman, mutta olisi kuitenkin korkeampi kuin vuosikymmenen 2010 aikana sähkön hinta on keskimääräisesti ollut. Viime jäähallikauden aikana sähkön hankintahinta on ollut lähes puolet halvempi, kuin se tulee Hanselin ennusteiden perusteella olemaan tulevalla jäähallikaudella.

TAULUKKO 14. Sähkön hankintahintojen keskiarvoja Hanselin asiakasraportin mukaan.

Ajanjakso	Keskiarvo snt/kWh
2021	5,49
2022	8,47
2023	10,14
2024	7,11
9/21-3/22	6,93
9/22-3/23	13,09

Taulukossa 14 näkyvät hinnat ovat varsin matalia verrattuna sähkö Sopimuksiin, joita sähköyhtiöt nykyisin tarjoavat yksityisille kuluttajille. Tällä hetkellä sähkön hinta voi olla jopa 30–40 snt/kWh. Voidaan siis ajatella, että Hanselin mukainen ennuste sähkön hinnan keskiarvosta tulevan jäähallikauden aikana on edullinen hinta, sillä ennuste on 13,09 snt/kWh. (Energiavirasto 2022.)

Itse sähkön hinnan lisäksi on huomioitava sähkönsiirto, jonka hinnat ovat luettu sähkönsiirtäjä Carunan vuonna 2019 julkaisemasta verkkopalveluhinnastosta. Siirtomaksu on tällä hetkellä noin 4,5 snt/kWh ja perusmaksu noin 240 euroa vuodessa. Kaukolämmön hinnat ovat saatu Ranuan Infralta, joka toimittaa kaukolämpöä Ranualla. Viime vuosien aikana kaukolämmön hinta on pysynyt suhteellisen tasaisena. Vuosien 2020–2022 energiamaksujen keskiarvo on 53,88 €/MWh (ALV 0%) eli 0,067 €/kWh (ALV 24 %). Tämän lisäksi kaukolämmöstä peritään tilausvesivirtaan perustuva perusmaksu, joka on Ranuan kunnalla lämmönmyyjän mukaan noin 1646 euroa vuodessa.

Taulukkoon 15 on laskettu edellä mainittujen tietojen perusteella lämmitykseen kuluvan energian kokonaishinta sähkön ja kaukolämmön ollessa energianlähteinä. Sähkölämmityksen kokonaishinnaksi viime jäähallikauden aikana tuli noin 10 230 euroa, kun lämmityksen hinta kaukolämmöllä olisi noin 7490 euroa. Taulukkoon 15 on laskettu myös tulevan jäähallikauden sähkölämmityksen hinta, joka perustuu Hanselin esittämiin hankintahintojen ennusteisiin. Sähkölämmityksen ennustetaan maksavan tulevalla jäähallikaudella Ranuan jäähallissa noin 15 620 euroa.

TAULUKKO 15. Eri lämmitysmuotojen kokonaiskustannukset vuositasolla

	Hinta €/kWh (ALV 24 %)	Kulutus (kWh/vuosi)	Hinta €
Sähkö 9/21-3/22	0,0693	87400	6056,8
Sähköennuste 9/22-3/23	0,1309	87400	11440,7
Sähkönsiirto	0,045	87400	3933,0
Sähkönsiirron perusmaksu vuodessa			240,0
Sähkön kokonaishinta 9/21-3/22			10229,8
Sähkön kokonaishintaennuste 9/22-3/23			15613,7
Kaukolämmön hinnan keskiarvo 2020-2022	0,067	87400	5839,3
Kaukolämmön perusmaksu vuodessa			1646,0
Kaukolämmön kokonaishinta			7485,3

Taulukon 15 laskentojen ja arvioitujen saneerauskustannusten perusteella voidaan laskea lämmitysmuodon vaihdon vuosittaiset säästöt sekä investoinnin takaisinmaksuaika. Saneerauskustannuksia arvioitiin luvussa 4.2, ja kokonaiskustannuksiksi saatiin noin 30 000 euroa. Taulukkoon 16 on koottu eri lämmitysmuotojen kokonaishinnat jäähallikauden aikana, saneerauskustannukset sekä takaisinmaksuajat eri sähkön hinnalla. Kauden 2021–2022 aikana säästöä olisi kertynyt noin 2750 euroa kun taas tulevalla kaudella 2022–2023 säästö olisi jopa 8130 euroa. Tämä johtuu sähkön hinnan noususta, jonka vuoksi tulevan kauden lämmityskustannukset tulevat ennusteiden mukaan nousemaan noin 50 % verrattuna viime kauden lämmityskustannuksiin Ranuan jäähallissa.

TAULUKKO 16. Säästöt ja takaisinmaksuajat

Sähkön kokonaishinta 9/21-3/22	10229,8
Sähkön kokonaishintaennuste 9/22-3/23	15613,7
Kaukolämmön kokonaishinta	7485,3
Mahdollinen säästö 9/21-3/22	2744,5
Mahdollinen säästö 9/22-3/23	8128,4
Saneerauskustannukset	30000,0
Takaisinmaksuaika 9/21-3/22 hinnoilla	10,9
Takaisinmaksuaika 9/22-3/23 hinnoilla	3,7

Kuten taulukosta 16 nähdään, kauden 2021–2022 sähkön hinnalla takaisinmaksuaika olisi melkein 11 vuotta, mutta tulevan kauden 2022–2023 sähkön hinnan ennusteiden mukaan investointi maksaisi itsensä takaisin jo alle 4 vuodessa. Taulukossa 14 Hanselin esittämien ennusteiden perusteella voidaan todeta, että tulevina vuosina sähkön hinta tulee olemaan kalliimpi kuin se on viimeisten vuosien aikana ollut, joten voidaan olettaa, että takaisinmaksuaika olisi noin 5–6 vuotta, jos toimenpiteisiin ryhdyttäisiin välittömästi.

Lauhdelämmön hyödyntäminen olisi taloudellisesti erittäin järkevää, sillä se on ikään kuin ilmaista energiaa. Lauhdelämpöä muodostuu Ranuan jäähallissa luvun 5.2 perusteella yli 300 MWh eli se ylittäisi monikertaisesti pelkästään lämmitykseen kuluvan 87,4 MWh. Lauhdelämmön hyödyntämiseen tarvittaisiin oma laitteistonsa, joka tulisi maksamaan monta kymmentä tuhatta. Hinta on riippuvainen siitä, mikä lämmitysjärjestelmä kohteessa tulee olemaan ja tarvitseeko lauhdelämmön lämpötilaa nostaa lämpöpumpun avulla vai käytetäänkö se sellaisenaan. Lauhdelämmön hyödyntäminen on taloudellisesti järkevää, ja sitä voitaisiin mahdollisesti myydä viereisiin kiinteistöihin, koska sitä muodostuu huomattavasti yli jäähallin omien tarpeiden.

Parhaana vaihtoehtona Ranuan jäähalliin olisi vaihtaa vesikeskuslämmitykseen, jonka pääenergiälähde olisi lauhdelämpö, jonka lämpötilaa on nostettu lämpöpumpun avulla. Mikäli lämmitysmuotoa ei jostain syystä haluttaisi vaihtaa, olisi järkevää pohtia lauhdelämmön hyödyntämistä muuhun tarkoitukseen, sillä sen ohjaaminen ulkoilmaan on suoranaista tuhlaamista. Mahdollisia kohteita olisi esimerkiksi tuloilman lämmitys matalalämpöisen lauhteen avulla, lauhdelämmön myyminen viereisiin kiinteistöihin tai kaukolämmön myyjälle. Lauhdelämmön hyödyntäminen kohteessa vähentäisi ostoenergian määrää huomattavasti. Lauhdelämmön hyödyntämiseen tarvittavat laitteistot maksaisivat itsensä takaisin 5–10 vuodessa, riippuen minkälaisista tekniikkaa hyödyntäminen vaatii.

7 PÄÄSTÖVERTAILU

Eri lämmitysmuotoja on hyvä verrata myös päästöllisestä näkökulmasta, koska nykyisin yhä tiukentuneet energialuokitukset ja päästöihin liittyvät säädökset ohjaavat rakentamista voimakkaasti. Myös Ranuan jäähallin kaltaisissa saneerauskohteissa on hyvä pohtia eri ratkaisuja myös päästöjen näkökulmasta. Päästövertailu on helppoin suorittaa niin, että selvitetään tarkasteltavan kohteen energiankulutusta kilowattitunneissa ja selvitetään, miten kyseinen energia on tuotettu ja kuinka monta tonnia hiilidioksidia (CO₂) sen tuottaminen aiheuttaa. Ranuan jäähallin tapauksessa vertailaan sähkön tuottamisessa syntynyttä hiilidioksidimäärää verrattuna kaukolämmön tuotossa syntyneeseen hiilidioksidimäärään.

Tarkastellaan Ranuan kunnan käyttämän sähkön ja Ranuan Infran tuottaman kaukolämmön hiilidioksidipäästöjä. Hanselin asiakasraportin mukaan sähkön alkuperäjakauma vuoden 2020 jäännös-jakauman mukaan on ollut seuraava:

- fossiiliset energialähteet ja turve 40,58 %
- uusiutuvat energialähteet 7,88 %
- ydinvoima 51,54 %.

Asiakasraportista on suoraan nähtävissä myös jäännösjakauman mukaisen sähköntuotannon keskimääräiset hiilidioksidin ominaispäästöt, jotka ovat 232,41 g CO₂/kWh. Ranuan Infran mukaan sen tuottaman kaukolämmön lähteet ovat vuonna 2021 olleet seuraavia:

- palaturve 32 %
- metsähake 29 %
- sahateollisuuden sivuvirrat kuivahake ja kutteri 29 %
- kevytöljy 10 %.

Ranuan Infran laitokset eivät kuulu päästökaupan piiriin, koska heidän kattilansa ovat pieniä. Tämän vuoksi päästöjä ei seurata tarkasti, joten kaukolämmön osalta on käytettävä yleisiä päästöjä. Tilastokeskuksen sivuilta voi lukea lämmöntuotannon hiilidioksidipäästöjä, joiden mukaan kaukolämmön tuotannon ominaishiilidioksidipäästöjen keskiarvo vuosien 2016–2020 aikana on ollut 162

g CO₂/kWh. Jo näitä hiilidioksidin ominaispäästölukuja verrattaessa voidaan huomata, että tietyn energiamäärän tuottaminen sähköllä tuottaa enemmän päästöjä kuin vastaava määrä energiaa tuotettuna kaukolämmöllä. Päästöt ovat kuitenkin aina tilannekohtaisia, koska energia voidaan tuottaa hyvin monella eri raaka-aineella tai lähteellä, ja näiden aiheuttamat päästöt ovat aina tilanteesta riippuvaisia.

Kaukolämmön tuotannossa on kuitenkin huomioitava kaukolämpöverkon ylläpitoon ja lämmönsiirron häviöön kulutettu energia. Ranuan Infran mukaan heidän laitoksella tuotetusta lämpöenergiasta noin 84 % pääsee myyntiin asti. Myös hukkaan mennyt lämpö täytyy huomioida kaukolämmön tuotannon päästöissä. Jäähalli käyttää lämmitykseen energiaa 87 400 kWh, joten lämpölaitos tuottaa 104 050 kWh jäähallia varten, koska vain 84 % pääsee myyntiin asti. Taulukossa 17 on esitetty sähkön ja kaukolämmön kokonaispäästöt jäähallin lämmitysenergian tuotannossa. Voidaan huomata, että sähkön tuottaminen aiheuttaa 20,3 tonnia hiilidioksidipäästöjä jäähallikauden aikana, kun taas kaukolämmön tuottaminen aiheuttaa niitä 16,9 tonnia. Vaihtamalla lämmitysmuotoa, lämmityksen aiheuttamia päästöjä voitaisiin pienentää 3,4 tonnia eli noin 17 % nykyisistä päästöistä.

TAULUKKO 17. Energiantuotannon kokonaispäästöt vuodessa

	Tuotettu määrä (kWh)	Päästöt g CO ₂ /kWh	Päästöt tn CO ₂
Sähkö	87400	232,41	20,31
Kaukolämpö	104050	162,00	16,86

Lauhdelämmön hyödyntäminen olisi taloudellisesti järkevää, mutta sen suurin hyöty on päästöissä. Lauhdelämpö on kylmäjärjestelmän sivutuote, jota muodostuu pakostakin, kun kylmäjärjestelmää pidetään käynnissä. Lauhdelämpö on siis itsessään täysin päästötöntä energiaa. Sen hyödyntäminen lämmityksessä pienentäisi kokonaispäästöjä merkittävästi.

E-luku eli rakennuksen energiatehokkuusluku on rakennuksien energiatehokkuutta kuvaava luku, jonka perusteella rakennus luokitellaan energialuokkaan ja sitä voidaan verrata muihin rakennuksiin. E-luku kertoo rakennuksen ostoenergiankulutuksen lämmitettyä nettopinta-alaa kohden. Sen laskennassa on painotettu rakennuksen energiamuotoja tietyillä vakoiduilla kertoimilla. E-luvun avulla rakennukset jaetaan eri energiatehokkuusluokkiin, joita kuvataan kirjaimilla A-G. Ympäristöministeriön vuonna 2018 julkaisemasta Energiatehokkuusoppaasta voidaan lukea mihin energiatehokkuusluokkaan tietyn E-luvun omaava rakennus lukeutuu. Taulukosta 18 nähdään nämä energiatehokkuusluokat ja niitä vastaavat E-luvut.

TAULUKKO 18. Ympäristöministeriön vuonna 2018 määrittämät energialuokat ja niitä vastaavat E-luvun arvot.

Energiatehokkuusluokka	E-luku (kWh _E /m ² a)
A	E-luku ≤ 75
B	76 ≤ E-luku ≤ 100
C	101 ≤ E-luku ≤ 130
D	131 ≤ E-luku ≤ 160
E	161 ≤ E-luku ≤ 190
F	191 ≤ E-luku ≤ 240
G	241 ≤ E-luku

Energiayhtiö Fortumin mukaan nykyisin uudisrakennuksen energiatehokkuusluokka tulisi olla vähintään C eli E-luku ei saisi ylittää arvoa 130 kWh_E/m²/vuosi. Fortumin mukaan vanhojen rakennusten energialuokka voi olla D tai E. Ranuan jäähallin E-luku on 125 kWh_E/m²/vuosi, ja se lukeutuu energiatehokkuusluokkaan C. Lämmitysmuodon vaihdon ja/tai lauhdelämmön hyödyntämisen avulla jäähallin E-lukua voitaisiin pienentää ja näin parantaa energiatehokkuusluokkaa.

8 YHTEENVETO

Ranuan jäähallissa on rakentamisen yhteydessä yli 20 vuotta sitten asennettu suoralla sähköllä toimiva lämmitysjärjestelmä, joka oli siihen aikaan järkevä ratkaisu. Nykyisen energiakriisin aikana sähkölämmitysjärjestelmä ei kuitenkaan ole enää järkein vaihtoehto, ja tulevaisuuden ennusteet viittaavat samaan suuntaan. Työssä pohdittiin mahdollista uutta lämmitysjärjestelmää, ja päädyttiin vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään. Ranuan jäähalli on vuonna 2018 liitetty kaukolämpöverkoston, jonka vuoksi kaukolämmön hyödyntäminen lämmityksessä olisi helppoa. Kaukolämpö on sekä taloudellisesti että päästöjen puolesta sähköä järkevämpi lämpöenergianlähde.

Sähkö- ja kaukolämpölämmitteistä järjestelmää verrattiin taloudellisesti, ja huomattiin, että tulevan jäähallikauden aikana hintaeroa saatiin yli 8 000 euroa. Ennusteiden mukaan hintaero tulee jatkosakin olemaan tuhansia euroja vuodessa, arviolta noin 3 000–5 000 euroa. Järjestelmän saneeraus kustannukset saataisiin maksettua takaisin järkevässä ajassa, jonka jälkeen säästettäisiin silkkää rahaa jäähallin lämmityskustannuksissa. Vaihtoehtoja verrattiin myös päästöllisestä näkökulmasta, ja todettiin, että kaukolämpö energianlähteenä olisi myös ympäristöystävällisempi vaihtoehto. Lämpöenergian tuottamisen päästöjä voitaisiin pienentää jopa 17 % nykyisistä päästöistä, mikäli energianlähteenä olisikin Ranuan Infran tuottama kaukolämpö. Lämmitysjärjestelmän saneeraus olisi siis sekä taloudellisesti että päästöllisesti järkevä ja pitkäikäinen ratkaisu.

Työssä pohdittiin myös lauhdelämmön muodostumista ja hyödyntämistä Ranuan jäähallissa. Lauhdelämmön hyödyntäminen on sekä taloudellisesti että päästöllisesti järkevää, sillä se on ikään kuin ilmaista ja päästötöntä energiaa. Lauhdelämpöä muodostuu jäähallin kylmälaitteistossa huomattavasti yli jäähallin omien lämmitystarpeiden. Sen hyödyntäminen on kuitenkin riippuvainen lämmitysjärjestelmästä ja sitä kautta hyödyntämiseen tarvittavasta tekniikasta. Lauhdelämmön hyödyntämiseen tarvittavan laitteiston kustannuksia ei tässä työssä arvioitu, koska ne riippuvat voimakkaasti siitä, millainen lämmitysjärjestelmä kohteessa tulee olemaan, ja mihin lauhdelämpöä halutaan hyödyntää. Työssä on pohdittu eri vaihtoehtoja, ja esitetty mahdollisia kohteita. Kohteista riippumatta lauhdelämmön hyödyntäminen toisi merkittävät säästöt ostoenergiasta, ja laitteiston takaisinmaksuaika olisi kohtuullinen.

LÄHTEET

Ahlsell. Tuotteet. Kylmä. Kompressorit. puolihermeettiset kompressorit. Bock. Hakupäivä 6.7.2022. <https://www.ahlsell.fi/34/kylma/01-kompressorit/puolihermeettiset-kompressorit/bock/761047132/>.

Caruna. Verkkopalveluhinnasto 1.11.2019. Hakupäivä 20.9.2022. https://caruna.fi/sites/default/files/docs/verkkopalveluhinnasto_caruna_oy_1.11.2019-2.pdf.

Darment. R404A. Hakupäivä 22.5.2022. <https://darment.fi/kylmaaine/r404a/>.

Energiavirasto. Sähköhintafi.fi. Results. Hakupäivä 19.9.2022. <https://www.sahkonhinta.fi/results>.

Kylmäextra. Lehdet. Kylmäextra 2/2019. Kylmäaineesäädökset tuovat haasteita jäähalli- ja tekojääyhtiöille. Hakupäivä 23.5.2022. https://www.kylmaextra.fi/lehdet/kylmaextra_2_2019/kylmaainesaadokset_tuovat_haasteita_jaahalli- ja_tekojaayhtiöille.

Laivamaa, Paavo 2022. Käyttötieteellinen. Ranuan Infra. Haastattelut 18.5.2022 ja 2.8.2022.

Lautiainen, Katja 2018. Energiajäähallin energiatehokkuuden kehittäminen. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Diplomityö. https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/158394/Diplomityo_Lautiainen_Katja.pdf?sequence=1.

LVI-TU ry ja Rakennusliitto ry. LVI-toimialan työehtosopimus työntekijöille 1.3.2022-29.2.2024. <file:///C:/Users/koukmo/Downloads/TaloLvi2203.pdf>.

Marjakangas, Jukka 2019. Ylivieskan jäähallin jäähdytyslaitteiston lauhdelämmön hyötykäytön tehostaminen. Centria-ammattikorkeakoulu. Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/208247/Marjakangas_Jukka.pdf?sequence=2&isAllowed=y.

Maunu, Jesse, Raappana, Eetu 2016. Ranuan jäähallin ilmanvaihto ja energiatehokkuus. Lapin ammattikorkeakoulu. Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka. Opinnäytetyö.

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/119957/Raap-pana_Eetu%20Maunu_Jesse.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Niemelä, Risto 2022. Tekninen johtaja/rakennustarkastaja. Ranuan kunta. Haastattelut läpi työn.

OmaCaruna. Sähkön kulutustiedot.

Purmo. Ohjehinnasto 7-2022. Hakupäivä 20.8.2022. file:///C:/Users/koukmo/Downloads/PURMO_Hinnasto_0722_FI_web.pdf.

Ranuan kunta. Arkisto. Jäähalliin liittyvät materiaalit ja piirustukset.

Taloon.com. LVI. Käyttö- ja lämmitysvesi. Putket. Komposiittiputket. Hakupäivä 20.8.2022. <https://www.taloon.com/komposiittiputket>.

Tilastokeskus. Sähköiset julkaisut. Energia 2021. Sähkön ja lämmön tuotannon hiilidioksidipäästöt. Hakupäivä 4.10.2022. https://pxhopea2.stat.fi/sahkoiset_julkaisut/energia2021/html/suom0011.htm.

Ympäristöministeriö. Energiatodistusopas 2018. Hakupäivä 4.10.2022. <file:///C:/Users/koukmo/Downloads/Energiatodistusopas%202018%20varsinainen%20opas.pdf>.

LIITTEET

Pohjakuva 1. kerros liite 1

Pohjakuva 2. kerros liite 2

IV-kanavat jääalue (kuva: 8.4.2015) liite 3

Konekortti 1. ilmanvaihtokone liite 4

Konekortti 2. ilmanvaihtokone liite 5

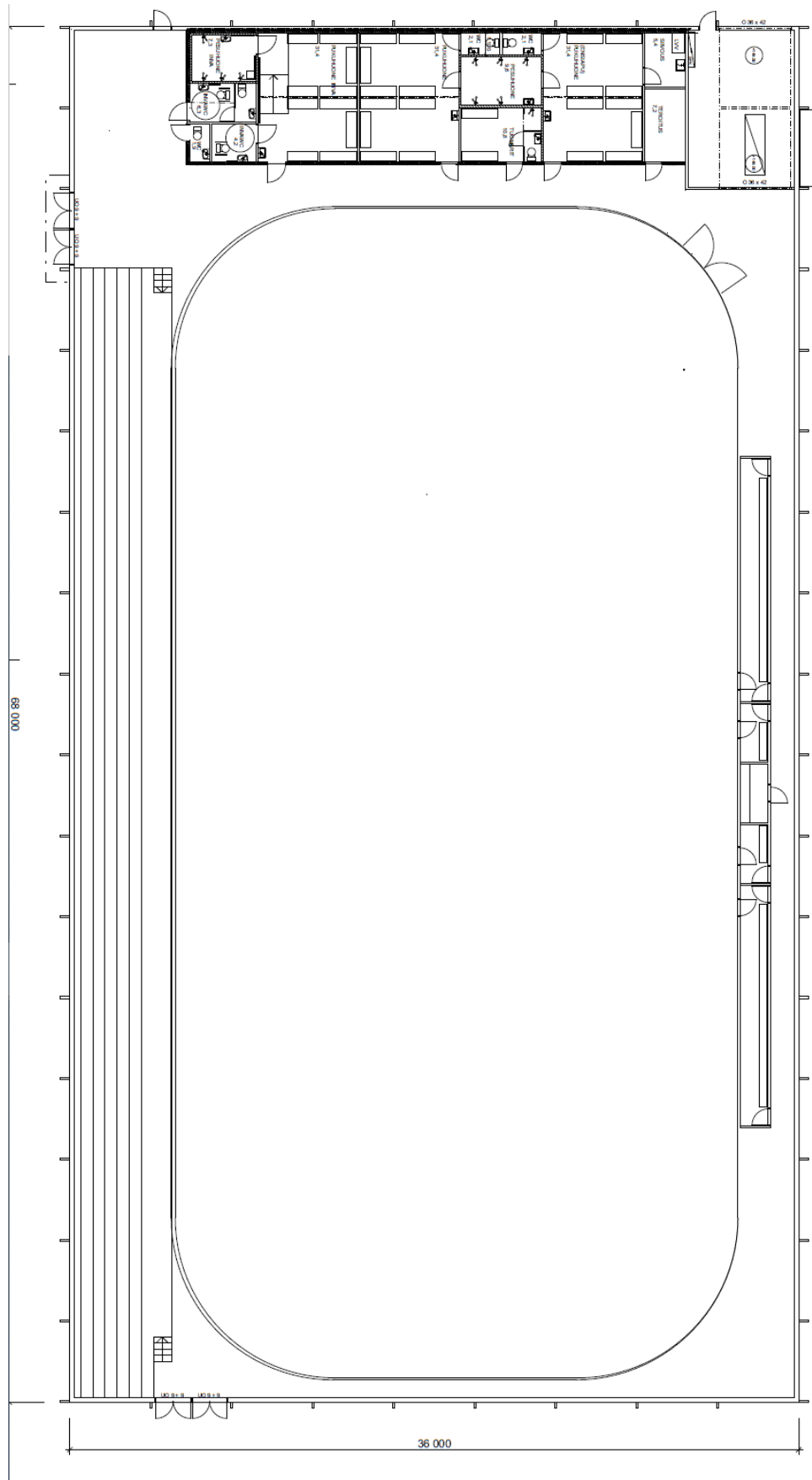
Konekortti kylmäkone liite 6

Vahvavirta johdotuskuva (kuva: 13.12.2000) liite 7

Valaisinluettelo (kuva: 13.3.2015) liite 8

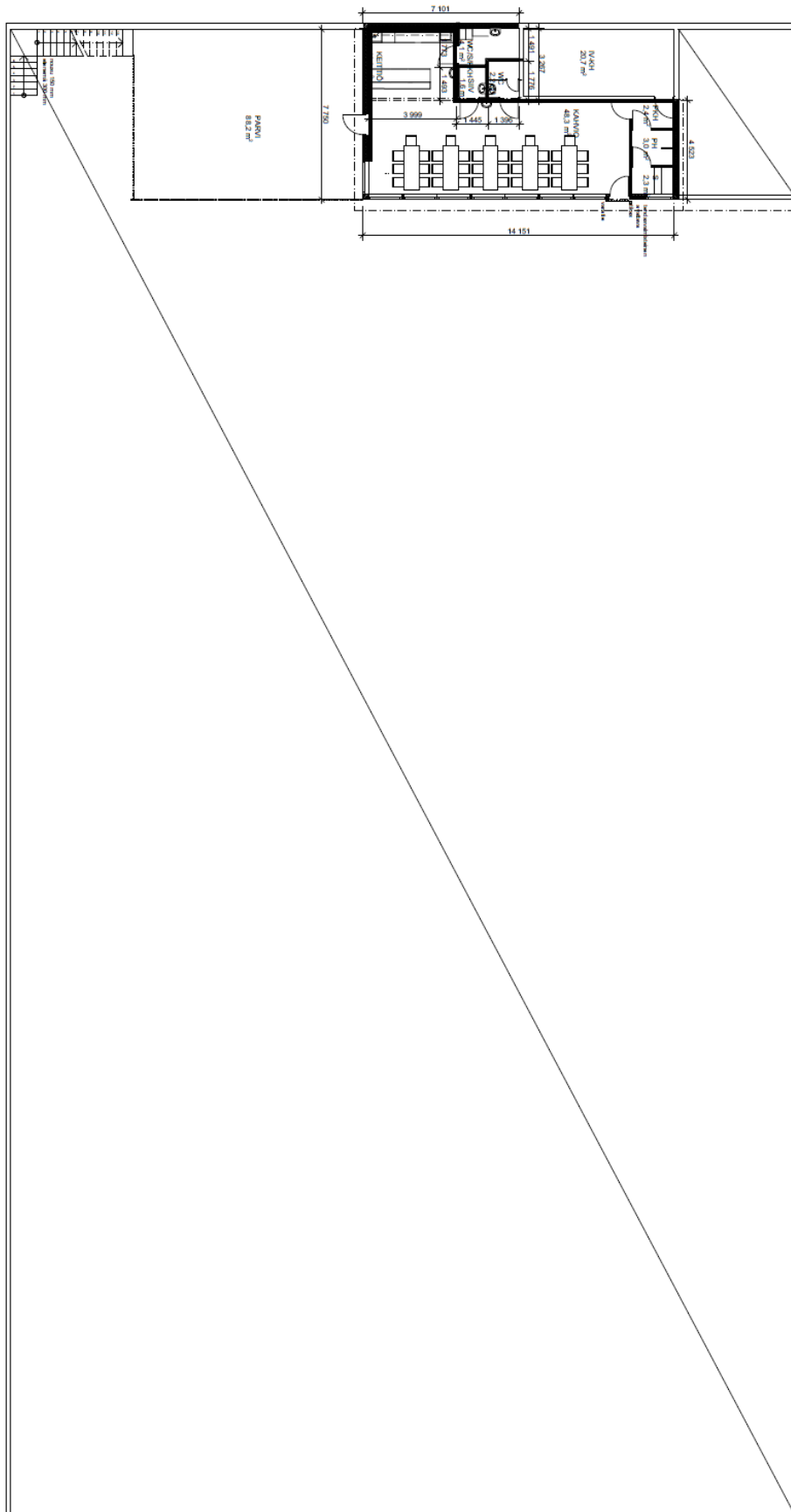
POHJAKUVA 1. KERROS

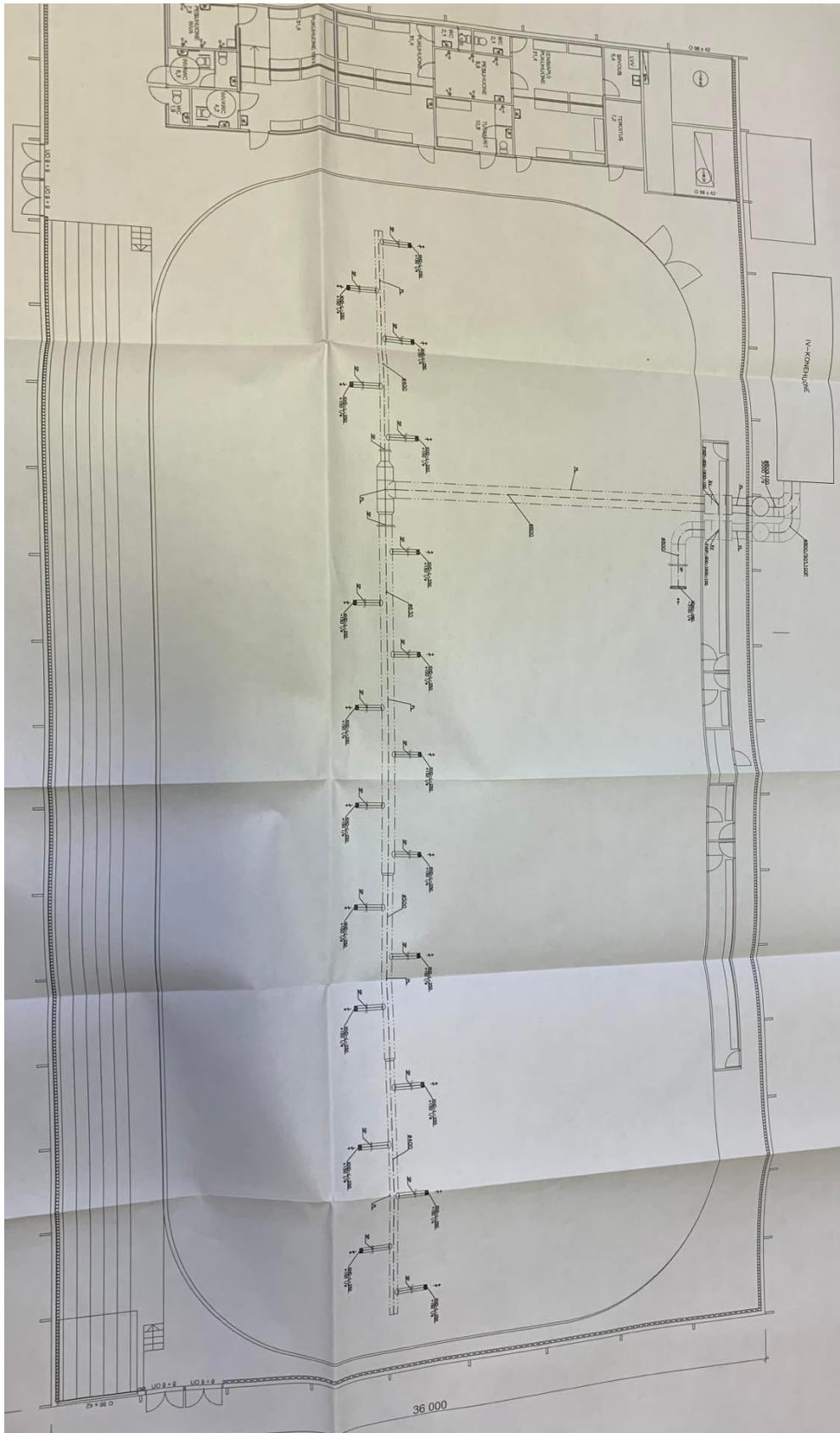
LIITE 1



POHJAKUVA 2. KERROS

LIITE 2

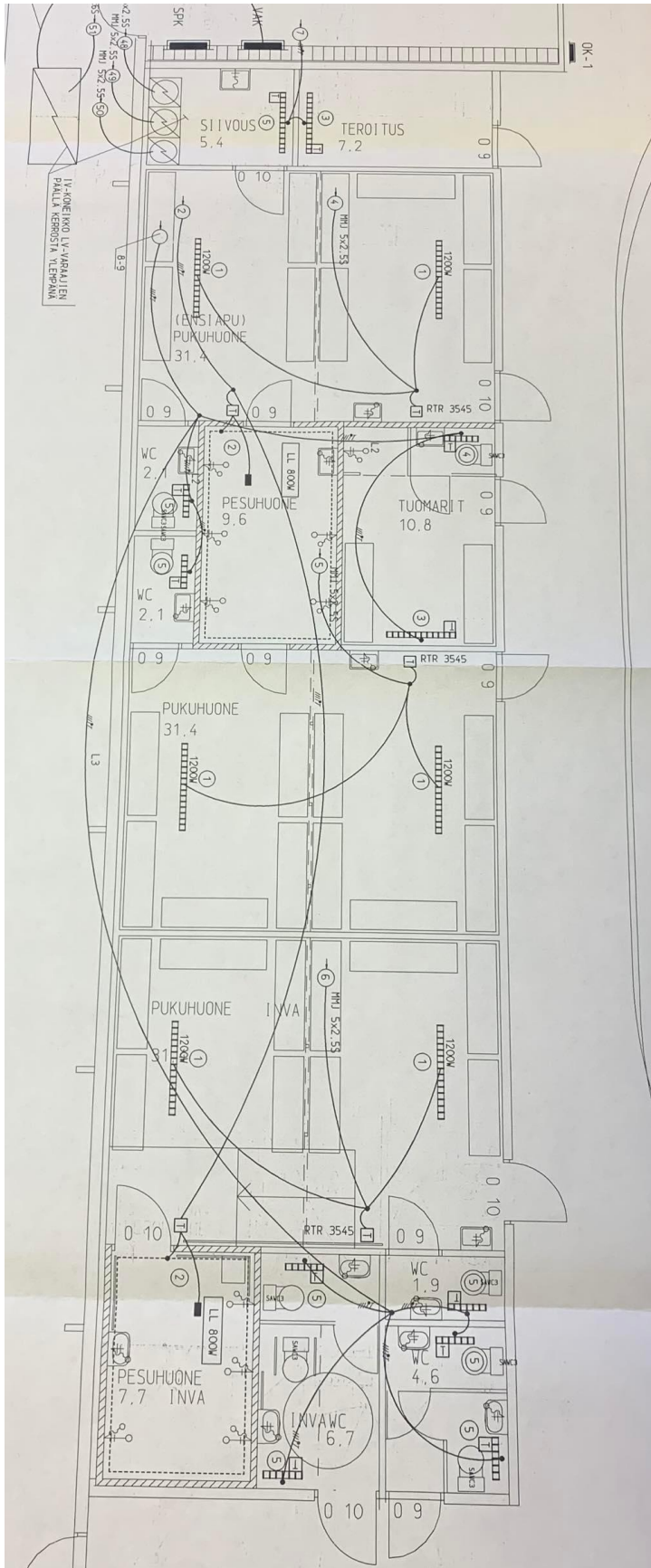




ENERGENT OY		60800 ILMAJOKI puh. 06-4240300* fax. 06-4247303		KONEKORTTI		Nro: 3073	
Laite:	EGP-10-TP T7 B	Kohde:	Ranuan Jäähalli Peuratie 1-3 97700 Ranua	Valmistus.nro:	TF-19-2099		
Automaattikka:	VAK-toimitus AU	Merkki:	TK1, puku- ja pesutilat	Lähetyslistan nro:	889	Sivu 8	
Ohjauskeskus:	400 2N B Energent	Toimitus pvm.:	29.6.2001				
PUHALTIMET		TULOILMAPUHALLIN mittausyhtein		POISTOILMAPUHALLIN mittausyhtein			
Kotelo tyyppi / valmistaja:		EP-10 / Energent		EP-10 / Energent			
Puhallin tyyppi / valmistaja:		ADN 250 L / Nicotra		ADN 250 L / Nicotra			
Ilmavirta:		1,1 / 0,55 m ³ /s		1,1 / 0,55 m ³ /s			
Kierrosnopeus:		1590 / 795 r/min		1338 / 669 r/min			
Holkki- akseli halkaisija:		1610 - 20		1610 - 20			
Pyörä- urat:		SPZ - 112 - 1		SPZ - 118 - 1			
Kiilalahinat:		1 kpl XPZ - 1250		1 kpl XPZ - 1250			
Moottori tyyppi:		M2AA 100 LA		M2AA 100 LA			
Teho / jännite:		1,85 / 0,25 kW / 400 V 3 -vaihe		1,85 / 0,25 kW / 400 V 3 -vaihe			
Virta / kierrosuku:		4,2 / 1,4 A 1500 / 750 r/min		4,2 / 1,4 A 1500 / 750 r/min			
SUODATINKOTELO		EEF-10 - 700 EU 7 - 635		- EU -			
Valmistaja: Energent		287*287 kpl 592*592 1 kpl		287*287 kpl 592*592 kpl			
Suodattimet koko:		287*592 kpl 592*892 kpl		287*592 kpl 592*892 kpl			
Varasuodattimet: 1 sarja		287*892 kpl 410*287 kpl		287*892 kpl 410*287 kpl			
Valmistaja: Ventliandia		kpl 580*420 kpl		kpl 580*420 kpl			
LÄMMÖNTALTEENOTTOLAITE		EGP-10 1 kpl		Valmistaja: Energent			
Moottori / vaihteisto:		ECM 5195 /		2 kpl			
LTO-KASETIT		180*180 kpl 255*255 kpl		295*295 kpl			
Valmistaja: Energent		125*255 kpl 255*380 6 kpl		kpl			
LÄMMITYSPATTERI		Tyyppi: ELE-10 Neste / °C kPa 1 kpl		Valmistaja: Energent			
Pumppu tyyppi:		9 kW Ilma / °C Pa		Koko: 665*635*195			
Pumppu moottori:		kW / A / V -vaihe		dm ³ /s Valmistaja:			
Venttiili:		-tie		-teho Valmistaja:			
+Toimilaite:		Valmistaja:		Valmistaja:			
Sähkövastus:		500 W 230 V 400 mm Ø 14 mm 18 kpl yht 9 kW					
JÄÄHDYTYSPATTERI		Tyyppi: Neste / °C kPa kpl		Valmistaja:			
Pisaraeroitin Pumppu:		kW Ilma °C % °C / Pa		Koko:			
Venttiili:		kPa, dm ³ /s		Valmistaja:			
+Toimilaite:		-tie		Valmistaja:			
Valmistaja:		Valmistaja:		Valmistaja:			
KIERTOILMAOSA		Tyyppi: kpl		Valmistaja:			
Toimimoottori:		kpl		Valmistaja:			
SULKUPELTI		Tyyppi: kpl		Valmistaja:			
Toimimoottori:		kpl		Valmistaja:			
KENTÄLAIKKEET				Valmistaja:			
				Valmistaja:			
				Valmistaja:			
				Valmistaja:			
				Valmistaja:			
				Valmistaja:			
PAINEHÄVIÖT		TULO		POISTO			
Puhallin dyn. paine:	0 Pa	0 Pa	0 Pa				
LTO-laite:	150 Pa	150 Pa	150 Pa				
Suodattimet:	150 Pa	0 Pa	0 Pa				
Lämmityspatteri:	0 Pa	0 Pa	0 Pa				
Jäähdytyspatteri:	0 Pa	0 Pa	0 Pa				
Kanavisto:	200 Pa	200 Pa	200 Pa				
Äv	100 Pa	100 Pa	100 Pa				
Yhteensä dp(tot)	600 Pa	450 Pa	450 Pa				
HUOMAUTUKSET		Äänenvaimentimet konetoimituksessa. Sähköpatterin pulssiohjaus Crouzet-LTO-logiikalta.					

SUOMEN TEKOJÄÄ OY		KONEKORTTI	
Kohde: Ranuan jäähalli		Osoite: Peuratie 1, 97700 Ranua	
Laite:	ST 3000IV	Nr: 4470315	
Ilmankäsittelykone		TK01	PK01
Valmistaja		KOJA	
Tyyppi		FUTURE 1212	
SFP-luku		1,94 kW/(m3/s)	
Ilmavirta		TK01 3,00 m3/s	PK01 3,5 m3/s
Puhaltimet		TF1	PF1
Valmistaja		KOJA	
Tyyppi		FFTS-1212-L-2-SB-1-1-2-1-3-S-2	FFTSY-1212-R-2-SB-1-1-3-1-3-S-3
Moottori		5,5 kW / 11,2 A	5,5 kW / 11,2 A
Taajuusmuuttajat		SC31	SC32
Valmistaja		Schneider Electric	
Tyyppi		ATV 212	
Teho		5,5 Kw / 12 A	5,5 Kw / 12 A
Pumput		TK01 LTO-patteri (PU10)	
Valmistaja		WILO	
Tyyppi		IL65/160-1,1/4-E1	
Sähköteho		1,1 kW / 2,6 A / 50 Hz	
Sarjanumero		21080643/0005	
		TK01 Jäähdytyspatteri (PU8)	
Valmistaja		WILO	
Tyyppi		IL50/110-1,5/2-E1	
Sähköteho		1,5 kW / 3,3 A / 50 Hz	
Sarjanumero		21066265/0004	
3-tieventtiilit		TK01 LTO (TV12)	TK01 jäähdytys (TV11)
Valmistaja		BELIMO	BELIMO
Venttiili		H765N	R3050-58-S4
Toimilaite		RV24A-SZ	SR24A-MF
SUOMEN TEKOJÄÄ OY			
puh.+358 3 44021, fax. +358 3 440 2206, www.suomentekojaa.fi			

SUOMEN TEKOJAA OY, 39700 PARKANO puh.+358 3 44021, fax. +358 3 440 2206		KONEKORTTI	
KOHDE:	RANUA	OSOITE:	Tel:
Tyyppi:	ST 2HGX7 55 FAC	valm. Nr: 1951107	
KOMPRESSORI		Kompressori 1	Kompressori 1
Manufacturer:		BOCK	BOCK
Type:		HGX7/2110-4	HGX7/2110-4
Serie Nr:		AP25204A018	AP25203A018
ÖLJYVARAAJA			
Manufacturer:		ARCTEST	
Type:		Öljy 20	
Serie Nr:		0509 /3510	
Capacity (L):		18	
ILMALAUHDUTIN			
Manufacturer:		FINCOIL	
Type:		SCAE-5-4-914-950	
Serie Nr:		951402-3-001	
HOYRYSTIN			
Manufacturer:		ALFA LAVAL	
Type:		CB300X-150H	
Serie Nr:		18123451	
PUMPPU		Rataliuospumppu	
Manufacturer:		KOLMEKS	
Type:		L-80A / 2	
Impeller (mm):		161	
Serie Nr:		028144 / 07	
SÄHKÖMOOTTORI			
Type:		OKN-132 E1 F19	
Power (kW)		7,5	
PAISUNTA-ASTIA		Rataliuokselle	
Manufacturer:		REFLEX	
Type:		300N	
Serie Nr:		07 H 0522 50059	
LIUIOSVARAAJA			
Manufacturer:		ARCTEST	
Type:		ATV-100	
Capacity (L):		98	
Serie Nr:		0708 / 152	
VAROVENTTIILIT		Kylmäaineelle	
Manufacturer:		COSVAL	
Type:		D10/CS	
Opening pressure (bar)		26	
SUODATTIMET		Kylmäaineelle	Rataliuokselle
Manufacturer:		DANFOSS	ECONOSTO
Type:		DCR 14413	Fig. 821
LIUOKSET		Kylmäaine	Rataliuos
Concentration:		R-404 A	Ethylene glycol 40 %
MUUTOKSET		NIMI	PAIVÄYS



LYHENTEIDEN SELITYKSET


LAMPPI LYHENNYKSET
 L = LOISTELAMPPI
 K = HEHKULAMPPI, KIRKAS
 H = HEHKULAMPPI, HIMMEÄ
 HE = HEIJASTINLAMPPI
 KO = KOHDIELAMPPI
 HPD = PARFILLILAMPPI
 HALO = HALOGENILAMPPI
 HEL = ELOHOPEALAMPPI
 SpNa = SUURPAINENTRIUM
 PpNa = PIENPAINENTRIUM
 PL = PIENLOISTELAMPPI

HEIJASTIMEN MERKKINNÄT
 HM = MAALATTU HEIJASTIN
 HE = ELOKSOITU HEIJASTIN

ASENNUSTAPAMERKKINNÄT
 K = KATTOKASENNUS
 S = SEINÄASENNUS
 V = VALERIAASENNUS
 U = UPPOKASENNUS
 RK = RIIPUSTEORIKOKASENNUS
 KK = KOSKETUSRIIPUKOKASENNUS
 RP = RIIPUSTUSPUTKASENNUS
 KL = KALLISTOSKA
 PA = PIVYVÄASENNUS

SIIRÄSKÄYTTÖMÄRKINNÄT
 PP = ROULUTITTELÄ
 LA = POIKKAAMALLELITTELÄ
 TR = POIKKAAMALLELITTELÄ ALUMININ (TÄTTÖRTILÄ)
 ME = METALLILAMINAATIOSITTELÄ
 PM = PRISMAMUOKKI
 OM = OFAALIASI
 PL = OFAALIASI
 AM = AKRYYLIMUOKKI
 PL = POLYKARBONAATTI

POS. No.	VALMISTAJA	NIMI / TYYPPI	LUETTELO	SRU	VAL. KÄYTTÖSUOJA	TEHO	LAMPPI	LAMPUN VÄRI	KOMP. ENSI	ASENN. TAPA	IP	1. kanta	2. kanta	3. kanta	4. kanta	5. kanta	6. kanta	7. kanta	8. kanta	9. kanta	10. kanta	11. kanta	12. kanta	13. kanta	14. kanta	15. kanta	16. kanta	17. kanta	18. kanta		
1	Idman	681 47- HST 400C								RK																					
2	Idman	8600-HME 125/80C + 8011				400	MM																								
3	ENSTO	AVR8.114L				125	HqJ			S																					
4	Idman	62228-158/2LJ + 0807				18	LED			S		7	3																		
5	Idman	8600-HME125/80C				58	L			S		4																			
6						125	HqJ			PA																					
7										K		8																			
8										K		1																			
9										K		13																			
10	Teknoware	TW 89141L								K		9																			
11		E27 KANTA				10	LED			S		11																			
12										S		6																			
13	Ensto	AVR 8.114L				14	LED			S		4																			
14	Ensto	AVR 400.218E				2X18	PL			K		6																			
15																															
16																															
17	Ensto	AVR 4.118				2X18	PL			K		3																			
18	Ensto	AVR 22.29				2X9	PL																								



INSINÖÖRIKESKUS
 OULUN INSINÖÖRIKESKUS OY
 SVAANINTIE 4 A2 PUHELIN
 90230 OULU 0207 931193


PVM. 13.3.2015
 SUUN. MKa
 HYV.

RAKENNUSKOITTEEN NIMI JA OSOITE
 Ranuan jäähalli
 Peurantie
 97700 Ranua

PIIRUSTUKSEN OSALTO
 Sähköpiirustus
 Valaisinluettelo
 LOPPUPIIRUSTUS 7.10.2015
 JUHOTECH Oy

LÄHTI 1/2
 TIETO NO. 701
 MUUT

POS. No.	VALMISTAJA	NIMI / TYYPPI	LUETTELO	SRU	VAL. KÄYTTÖSUOJA	TEHO	LAMPPI	LAMPUN VÄRI	KOMP. ENSI	ASENN. TAPA	IP	1. kanta	2. kanta	3. kanta	4. kanta	5. kanta	6. kanta	7. kanta	8. kanta	9. kanta	10. kanta	11. kanta	12. kanta	13. kanta	14. kanta	15. kanta	16. kanta	17. kanta	18. kanta	
19	Thorn	PERLAN																												
20	Alpiflux	AL14229MOD				2x28	L			K		2																		
21	Lucente	DECO 013750				2x9	PL			S		2																		
22		IV-konehuone				21	PL			R		5																		
										K		2																		



INSINÖÖRIKESKUS
 OULUN INSINÖÖRIKESKUS OY
 SVAANINTIE 4 A2 PUHELIN
 90230 OULU 0207 931193

PVM. 13.3.2015
 SUUN. MKa
 HYV.

RAKENNUSKOITTEEN NIMI JA OSOITE
 Ranuan jäähalli
 Peurantie
 97700 Ranua

PIIRUSTUKSEN OSALTO
 Sähköpiirustus
 Valaisinluettelo
 LOPPUPIIRUSTUS 7.10.2015
 JUHOTECH Oy

LÄHTI 2/2
 TIETO NO. 701
 MUUT