

Mikko Siikström

KYS Puijon sairaalan liittäminen kaukojäähdytykseen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (YAMK)

Talotekniikka

Opinnäytetyö

21.5.2016

Tekijä Otsikko	Mikko Siikström KYS Puijon sairaalan liittäminen kaukojäähdytykseen
Sivumäärä Aika	43 sivua + 5 liitettä 21.5.2016
Tutkinto	insinööri (YAMK)
Koulutusohjelma	rakentaminen
Suuntautumisvaihtoehto	talotekniikka
Ohjaajat	Kari Laukkanen, LVIA-asiantuntija Mikko Hollmén, kiinteistöjohtaja Aki Valkeapää, yliopettaja
<p>Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, mitä tulee ottaa huomioon KYS Puijon sairaalan korvatessa nykyinen kiinteistökohtainen vedenjäähdytys kaukojäähdytyksellä vuonna 2018.</p> <p>Oikeanlaisen kaukojäähdytyksen toteutustavan löytämiseksi opinnäytetyössä tutustuttiin ja kerättiin käyttökokemuksia Suomen muista yliopistosairaaloista. Haastatteleamalla hankkeen osapuolia, selvitettiin perusteet yhteistyön toteuttamiselle. Lisäksi opinnäytetyössä määritettiin kaukojäähdytyksen tehontarpeet sairaalan tulevaa käyttöä vastaaviksi. Opinnäytetyössä tehtiin myös nykyisen jäähdytystavan hankinta- ja käyttökustannuksista laskelmia, joita verrattiin kaukojäähdytyksen vastaaviin kustannuksiin. Kustannuslaskelmien perusteella todettiin kaukojäähdytyksen olevan lähes tasavertainen vaihtoehto perinteiselle jäähdytykselle.</p> <p>Opinnäytetyössä kartoitettiin KYS Puijon sairaalan nykyinen jäähdytyslaitteisto ja kuvattiin sairaalan jäähdytysverkostojen kriteerit kaukojäähdytyksen suunnittelulle. Lisäksi määritettiin sairaalan rakennusosittainen jäähdytystehontarve sekä laadittiin suunnitelmat kaukojäähdytysverkoston reitityksestä sairaalan alueella.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena laadittiin suunnitelmat, joiden mukaan ohjataan KYS Puijon sairaalan vaiheittaista kaukojäähdytykseen liittymistä. Kaukojäähdytys vähentää jäähdytyksestä aiheutuvaa energiankulutusta ja tarjoaa sairaalalle ympäristöystävällisemmän jäähdytysvaihtoehdon.</p>	
Avainsanat	kaukojäähdytys, vedenjäähdytyskone, vapaajäähdytys

Author Title	Mikko Siikström Connecting district cooling to a hospital
Number of Pages Date	43 pages + 5 appendices 21 May 2016
Degree	Master of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Building Services Engineering
Instructors	Kari Laukkanen, HVAC-expert Mikko Hollmén, Property Manager Aki Valkeapää, Principal Lecturer
<p>The aim of this Master's thesis was to find out what should be taken into account when the Kuopio University Hospital replaces water cooling with district cooling in 2018. To find the right kind of district cooling system to the hospital, district cooling methods and user experiences from the other university hospitals in Finland was gathered. To determine the criteria for the co-operation, the project partners were interviewed. In addition, the power demand of the district cooling system was determined to correspond the future utilization rate of the Kuopio hospital.</p> <p>The investment and operating costs of the current cooling system were calculated, and compared to those of a district cooling system. Based on the cost calculations, the district cooling was established to be almost an equal alternative to the traditional cooling. The existing cooling system of the hospital was studied, and the criteria for the design of a district cooling system were set. In addition, the cooling demand for each hospital building was determined, and the routing of the district cooling network in the hospital area was planned.</p> <p>The final year project resulted in the technical plans for the gradual transition of the Kuopio University Hospital to use a district cooling system. District cooling reduces the energy consumption for cooling, and provides an environmentally friendly cooling option for the Kuopio University Hospital.</p>	
Keywords	district cooling, water cooling machine, free cooling

Sisällys

Käsitteet

1	Johdanto	1
2	Kaukojäähdytys	2
2.1	Kaukojäähdytyksen käyttö Suomessa	3
2.2	Kaukojäähdytys Euroopassa	4
2.3	Kaukojäähdytyksen tuotantotavat	5
3	Kaukojäähdytys Suomen yliopistosairaaloissa	7
3.1	Helsingin seudun yliopistollinen keskussairaala HYKS	7
3.2	Tampereen yliopistollinen sairaala TAYS	8
3.3	Turun yliopistollinen keskussairaala TYKS	9
3.4	Oulun yliopistollinen sairaala OYS	11
4	Hankkeen osapuolet ja taustat	13
4.1	Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri	13
4.2	Kuopion Energia Oy	15
4.3	Hankkeen tilanne helmikuussa 2016	17
5	KYS Puijon sairaalan nykyisen jäähdytyksen esittely	18
5.1	Vedenjäähdytyskoneet	18
5.2	Vakioilmastointikoneet	20
5.3	Suorahöyrysteiset järjestelmät	22
6	Miten KYS Puijon sairaalan kaukojäähdytys toteutetaan	23
6.1	Keskitetyn jäähdytyksen toteutustapa	23
6.2	Kaukojäähdytyksen runkolinjasto	29
6.3	Uusien jäähdytysjärjestelmien toteuttaminen	31
6.4	Nykyisten jäähdytysjärjestelmien korvaaminen kaukojäähdytyksellä	33
6.5	Kaukojäähdytykseen liittymisen aikataulu ja vaiheistus rakennusosittain	34
6.6	Investointi-, käyttö- ja kunnossapitokustannukset ja kannattavuuslaskelmat	36
7	Yhteenveto	42
	Lähteet	44

Liitteet

Liite 1. KYS Puijon sairaalan vedenjäähdyttimien tiedot (vain työn tilaajan käyttöön)

Liite 2. Putkireititys kaukojäähdytyksen tuotantolaitokselta KYS Puijon sairaalalle

Liite 3. KYS Puijon sairaalan vedenjäähdyttimien sijaintikartta (vain työn tilaajan käyttöön)

Liite 4. Peruskorjauksien vaiheistus ja runkolinjojen reititys KYS Puijon sairaalan tontilla

Liite 5. Kiinteistökohtaisen jäähdytyksen vertailulaskelmat

Käsitteet

absorptiokoneisto	Kylmäkoneisto, jossa jäähtymisen saa aikaan kylmäaineen höyrystyminen. Höyry absorboituu absorptioaineeseen, josta se erotetaan korkeammalla höyryn osapaineella lämmittämällä ja nesteytetään jäähdyttämällä.
COP-arvo	Kylmäkerroin eli kuinka paljon jäähdytystehoa saadaan yhdellä kilowatilla sähkötehoa. Lyhenne sanoista coefficient of performance.
HCFC-kylmäaine	Vetyä, klooria, hiiltä ja fluoria sisältävä halogeenihiilivety, esim. R22. HCFC-yhdisteiden käyttö on ollut kiellettyä uusissa kylmälaitoksissa 1.1.2001 lähtien.
HFC-kylmäaine	Vetyä, hiiltä ja fluoria sisältävä halogeenihiilivety, esim. R134a, R407C ja R410a.
ilmalauhdutin	Lauhdutin, jossa kaasu lauhdutetaan ilmaa apuna käyttäen.
kaukojäähdytys, -kylmä	Jäähdytystapa, jossa jäähdytysenergiaa tuotetaan keskitetyllä kylmäkoneistolla ja pumpataan jäähdytyksen kulutuskohteiden alajakokeskuksille erillisellä jäähdytyksen siirto-putkistolla.
kierukka- eli scroll-kompressori	Staattinen kompressori, jossa kaasun paineen nousu tapahtuu kahdella kierukalla, joista toinen on kiinteä ja toinen pyörii sen sisällä. Kierukat koskettavat toisiaan muutamasta kohdasta. Näin syntyy peräkkäisiä kammioita, jotka pienevät kiertymän mukana.
kylmäaine	Kylmäaineet ovat nesteytettyjä kaasuja, joita käytetään väliaineina lämmönsiirtämiseen kylmäkoneistoissa. Kylmäaineiden käyttö kylmäkoneistoissa perustuu niiden kykyyn muuttaa olomuotoa nestemäisestä kaasumaiseksi ottaessaan

vastaan lämpöä ympäristöstään tai kaasumaisesta neste-
mäiseksi luovuttaessaan lämpöä ympäristöönsä.

KYS

Kuopion Yliopistollinen sairaala.

levylämmönsiirrin

Lämmönsiirrin, joka koostuu päällekkäin pinotuista levyistä,
joihin on puristettu sopiva kuvio. Levyjen reunoilla on tiiviste
tai levyt on kiinnitetty toisiinsa juottamalla tai hitsaamalla.
Joka toinen levyväli muodostaa toisen virtauksen kanaviston
ja joka toinen vastaavasti toisen virtauksen.

liuoslauhdutin, nestelauhdutin

Lauhdutin, jossa kaasua lauhdutetaan nestettä apuna käyttä-
en.

moniputkilämmönsiirrin

Lämmönsiirrin, joka koostuu vaipasta, jonka päätyihin on
kiinnitetty putkiryhmä. Putket on kiinnitetty päätyihin juotta-
malla, hitsaamalla tai mankeloimalla. Putket pidetään toisis-
taan irti välilevyillä, jotka toimivat samalla virtausta ohjaavina
kääntölevyinä. Siirtimessä toinen virtaus virtaa putkistossa
ja toinen vaipassa.

neulalämmönsiirrin

Retermia Oy:n valmistama lämmöntalteenottolaite, jossa
lämmönsiirtopintana toimii patentoitu neulaputki.

PSSHHP

Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri.

puhallinkonvektori

Kattoon, seinälle tai lattialle sijoitettava ilmaa kierrättävä,
puhaltimella varustettu lamelli- tai ripaputkilämmönvaihdin.

ruuvikompressori

Staattinen kompressori, jossa kaasun paineen nousu tapah-
tuu kahden rinnakkain pyörivän sopivasti muotoillun ruuvin
ja kompressorin kuoren väliin jäävään puristustilaan. Ruu-
vien pyöriessä puristustila ikään kuin etenee päästä toiseen
samalla pienentyen.

suora höyrystys	Höyrystystapa, jossa höyrystimelle syötetään kylmäainetta sen verran, mikä höyrystimessä voidaan kokonaan höyrystää. Paisuntaventtiili ohjaa kylmäaineen syöttöä höyrystimelle.
vakioilmastointikone	Kylmäkoneikko, joka sijaitsee jäähdytettävässä tilassa tai sen suorassa läheisyydessä. Vakioilmastointikoneella (VIK) pidetään sisäilman lämpötilaa ja kosteutta halutuissa arvoissa. VIK voi olla suora höyrysteisesti tai välillisesti jäähdytetty.
vapaajäähdytys	Jäähdytystapa, jossa hyödynnetään kylmää ulkoilmaa tai viileää luonnon vesistöjen vettä tarvittavan jäähdytysenergian tuottamiseen. Vapaajäähdytyksessä ei käytetä kompressorikoneistoa jäähdytysenergian tuottamiseen.
vedenjäähdytyskone	Kylmäkoneikko, jota käytetään ilmastointijärjestelmissä käytettävän jäähdytysveden valmistamiseen.
välillinen jäähdytys	Jäähdytysjärjestelmä, jossa lämpö poistetaan jäähdytettävästä kohteesta väliaineen välityksellä. Väliaineena voidaan käyttää esimerkiksi vettä tai glykoliliuoksia. Lämmönsiirto tapahtuu erillisessä lämmönvaihtimessa, jossa väliaineen lämpö siirretään jäähdytyskoneessa kiertävään kylmäaineseen.

1 Johdanto

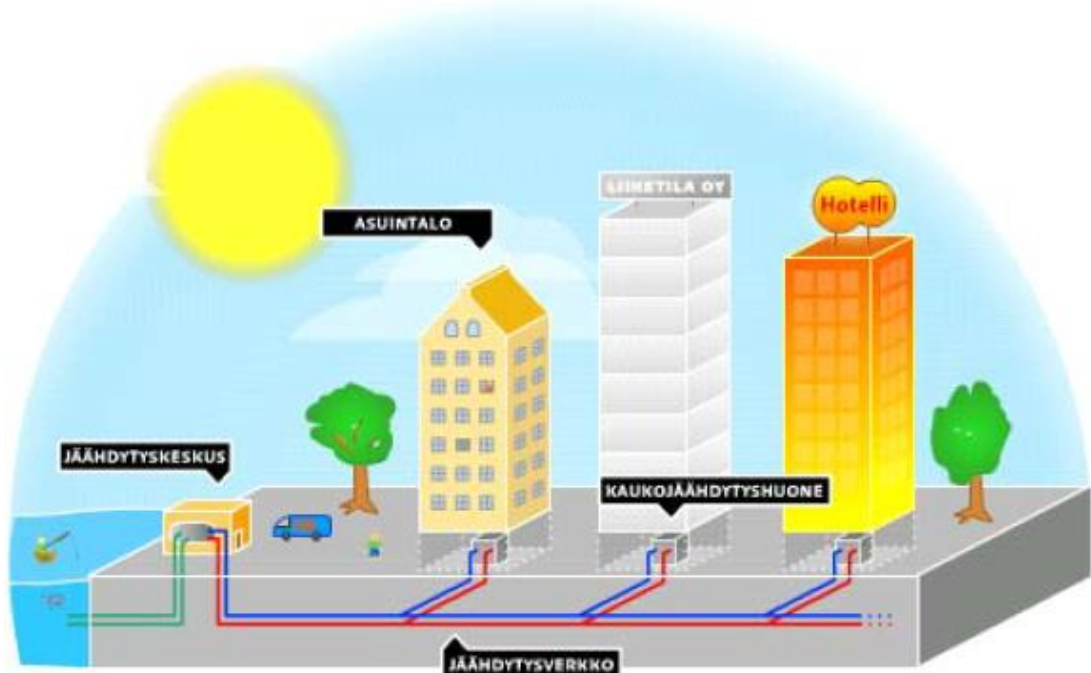
KYS Puijon sairaala on yksi Suomen viidestä yliopistosairaalaista, ja se huolehtii Pohjois-Savon sairaanhoitopiirin alueen lähes 250 000 asukkaan erikoissairaanhoidosta sekä lähes miljoonan itä- ja keskisuomalaisen erityistason erikoissairaanhoidosta. Potilaiden hyvinvoinnin turvaamiseksi sairaalan tiloja on jäähdytettävä koko ajan enemmän. Nykyinen jäähdytys hoidetaan kiinteistökohtaisilla vedenjäähdytysjärjestelmillä. Tilalle on kaavailtu 2000-luvulla jo aiemmin kaukojäähdytystä, mutta se on todettu aina kannattamattomaksi jäähdytysratkaisuksi. Viimeisimmän selvityksen pohjalta tilanne on muuttunut, ja yhteistyö tuottajan ja tilaan välille on syntynyt. Tämän pohjalta ilmeni myös tarve selvittää, miten perinteisestä kiinteistökohtaisesta vedenjäähdytyksestä siirrytään sujuvasti käyttämään kaukojäähdytystä.

Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri on tämän opinnäytetyön tilaaja. Työn tarkoituksena on ollut selvittää, kuinka olemassa olevat sairaalan jäähdytysjärjestelmät liitetään nyt toteutettavaan kaukojäähdytykseen ja kuinka jatkossa huomioidaan kaukojäähdytyksen vaatimukset, kun suunnitellaan koko sairaala-alueen kattavia peruskorjaushankkeita.

Työssä esitellään KYS Puijon sairaalaan nykyiset jäähdytysratkaisut, kaukojäähdytyksen käyttöä Suomessa ja Euroopassa, käyttökokemuksia muista yliopistosairaaloista sekä ratkaisuja hankkeen toteuttamisesta. Työn tuloksena on laadittu kartoitus tämän hetkisestä vedenjäähdytyskapasiteetista sekä vaiheistusohjeet, joista ilmenee, missä vaiheessa ja mitkä osat kiinteistöistä liitetään kaukojäähdytykseen KYS Puijon sairaalan peruskorjaushankkeiden etenemisen mukaan.

2 Kaukojäähdytys

Kaukojäähdytys on suhteellisen uusi, mutta kasvava liiketoiminta Suomessa. Kaukojäähdytyksen tuotanto alkoi Suomessa 1998 Helsingin Energian toimesta. Jäähdytystä tuotetaan keskitetysti kulutuskohteiden läheisyydessä tuotantolaitoksessa ja jaetaan kaukolämmön tapaan putkistoja pitkin järjestelmään liittyneille kiinteistöille mm. ilmastoinnin jäähdytykseen (kuva 1). Myös erilaiset teollisuuden, elintarviketeollisuuden ja sairaaloiden jäähdytysratkaisut voidaan toteuttaa kaukojäähdytyksellä. Kaukojäähdytyksen sovelluksia ja käyttökohteita on monia. Tärkeintä on, että laitteiden jäähdytykseen soveltuu vesi ja jäähdytyksen lämpötilataso on oikea. Yleensä kaukojäähdytyksellä saavutetaan +8...10 asteen menoveden lämpötilataso, joka on riittävä esimerkiksi ilmastoinnin jäähdytykseen. Kaukojäähdytys on toimintaperiaatteeltaan verrattavissa kaukolämmitykseen. Jäähdytyksessä kohteesta siirretään ylimääräistä lämpöä kaukojäähdytysveteen, kun vastaavasti lämmityksessä sitä luovutetaan kohteen käyttöön. (1.)



Kuva 1. Kaukojäähdytyksen periaatekuva (32).

2.1 Kaukojäähdytyksen käyttö Suomessa

Verrattaessa kaukojäähdytystä rakennuskohtaiseen tai sairaalan tapauksessa jopa osasto- tai laitekohtaiseen jäähdytykseen, on kaukojäähdytys ympäristöystävällisempi tuotantomuoto. Kaukojäähdytys kuluttaa sähköä murto osan verrattuna kiinteistökohtaisiin vedenjäähdytysjärjestelmiin. Kilpailukykyinen hinnoittelu, vaivattomuus ja luotettavuus ovat muita kaukojäähdytyksen etuja. Suurilla yksiköillä pystytään tuottamaan jäähdytysenergia taloudellisemmin ja tehokkaammin kuin yksittäisillä jäähdytyslaitteilla. Huolto- ja kunnossapitokustannukset jäähdytuskoneiden osalta poistuvat kokonaan, koska huoltovastuu laitteistoista siirtyy kaukojäähdytyksen tuottajalle. Rakennuksien jäähdytuskoneistoille tarvittavat tilat pystytään hyödyntämään muuhun käyttöön eikä vesikatoille tarvitse sijoittaa rakennuksen julkisivua rumentavia lauhduttimia tai nestejäähdyttimiä. Samalla melukuormat ympäristölle pienenevät. (1.)

Rakennusten jäähdytystarve aiheutuu suurilta osin varsinkin kesäaikaan auringosta, mutta myös sisäisistä lämmönlähteistä kuten ihmisistä ja sähkötoimisista koneista ja laitteista. Sairaalatiloissa on tarvetta jäähdytyskaudella lämmittämiseen esimerkiksi kuivatusta tarvitsevilla tiloilla sekä lämmityskaudella jäähdyttämiseen kuvantamistiloissa. Kaukojäähdytys tarjoaakin kaukolämpöyritykselle liiketoimintaan lisäpalvelun, jonka tuottamiseen yrityksellä on jo olemassa tarvittava osaaminen ja organisaatio sekä käyttö- ja huoltopalvelut omasta takaa tai sopimus Kumppaneiden kautta. Tällä hetkellä Suomessa kaukojäähdytystä kaukolämmön lisäksi on saatavilla Helsingissä, Turussa, Lahdessa, Heinolan Vierumäellä, Lempäälässä, Espoossa, Tampereella ja Porissa. (1.)

Energiateollisuus ylläpitää tilastotietoa kaukojäähdytyksen käytöstä Suomessa. Tilastointia on koottu vuodesta 2001 alkaen. Taulukoihin 1–3 on koottu pääkohdat vuosien 2011–2015 tilastoista. (2.)

Taulukko 1. Kaukojäähdytyksen asiakkaat ja myynti 2011–2015 (2).

	2011	2012	2013	2014	2015	yksikkö
Asiakkaat	240	315	352	398	441	kpl
Rakennuksia	323	358	395	435	477	kpl
Rakennustilavuus	13141	16674	17702	19632	21476	1000 m ³
Sopimusteho	155,9	183	204,2	225,8	243,4	MW
Myyty energia	125881	130953	169217	190999	181588	MWh

Asiakkaiden, kaukojäähdytykseen liittyneiden rakennusten ja sopimustehon määrät jatkavat tasaista kasvuaan, mutta myydyn energian määrä laski. Laskun syynä oli vuoden 2015 kesä, vaikka vuotuinen keskilämpötila Suomessa oli Lappia lukuun ottamatta ennätysellisen lämmin. Esimerkiksi touko-heinäkuussa olivat Helsingin Kaisaniemen mittauspisteessä lämpötilat keskiarvoa (1981–2010) viileämpiä, mutta marras-huhtikuussa lämpimämpiä. Sama trendi toteutui Jyväskylän lentoaseman mittauspisteessä. Koska kaukojäähdytykseen tuotanto ja käyttö painottuu Etelä-Suomeen, voidaan pienentynyt jäähdytysenergian kulutus selittää viileällä kesällä Etelä-Suomen alueella. (2; 36.)

Taulukko 2. Jäähdytysenergian tuotanto 2011–2015 (2).

	2011	%	2012	%	2013	%	2014	%	2015	%	yksikkö
Absorptio	27681	22	23721	18,1	28932	17,1	25400	13,3	17400	9,6	MWh
Lämpöpumppu	38223	30,3	59953	45,8	82568	48,8	107091	56,1	109795	60,5	MWh
Kompressori	10011	8	4877	3,7	13137	7,8	11831	6,2	9464	5,2	MWh
Vapaajäähdytys	49965	39,7	42402	32,4	44580	26,3	46677	24,4	44929	24,7	MWh
Yhteensä	125881	100	130953	100	169217	100	190999	100	181588	100	MWh

Jäähdytysenergian tuotannosta voidaan päätellä kesän 2015 viileyden takia tapahtunut koneellisen jäähdytyksen tuotannon aleneminen. Tarvittava energia on pystytty tuottamaan pääasiallisesti lämpöpumpuilla ja vapaajäähdytyksellä. Vapaajäähdytyksellä ja lämpöpumpuilla tuotetun jäähdytysenergian määrä on yli 85 % vuoden 2015 kokonaisjäähdytysenergian tuotannosta.

Taulukko 3. Jäähdytyksen tuotantokapasiteetti 2011–2015 (2).

	2011	2012	2013	2014	2015	yksikkö
Absorptio	35,6	35	35	35	35	MW
Lämpöpumppu	64,5	72,5	73,9	73,9	74	MW
Kompressori	22,7	25,2	24,6	28,1	32,6	MW
Vapaajäähdytys	110,5	114,6	116,1	116,5	110,9	MW
Yhteensä	233,3	247,3	249,6	253,5	252,5	MW

Taulukosta 3 voidaan lukea, että kaukojäähdytyksen tuotantokapasiteetti ovat kasvaneet vuoteen 2014 saakka, mutta 2015 on vapaajäähdytyksen osuus pienentynyt. (2.)

2.2 Kaukojäähdytys Euroopassa

Kaukojäähdytystä on Euroopassa saatavilla Suomen lisäksi Ruotsissa, Norjassa, Puolassa, Hollannissa, Ranskassa, Saksassa, Itävallassa, Unkarissa, Sloveniassa, Italiassa ja Espanjassa. 2013 vuoden tilastojen mukaan kolme suurinta kaukojäähdytyksen käyttäjämaata myydyn energian mukaan ovat Ranska, Ruotsi ja Suomi. (33.)

Ranskan Pariisissa sijaitsee Euroopan suurin kaukojäähdytysverkosto. Verkosto on yli 70 km:n pituinen, ja siihen on liittyneenä 550 rakennusta. Jäähdytysverkostoon on liitetty kahdeksan tuotantolaitosta ja kolme energia-akkuja. Kaukojäähdytystoiminta on aloitettu Pariisissa 1978. Jäähdytysenergiaa tuotetaan kompressorijäähdyttimillä ja vapaa jäähdytyksenä hyödyntäen Seine-joen vettä. Yöaikaan, energiankulutuksen ollessa alhaisemmillaan, jäähdytysyksiköt lataavat energia-akkuja. Jäähdytysenergiaa varastoidaan +3 °C:n lämpöisenä vetenä 12 000 m³:n tankkeihin tai jäänä 320 m³:n jäävarastoon, joista energiaa puretaan päiväaikaan kulutuskohteisiin. (34.)

Ruotsissa kaukojäähdytystoiminta alkoi vuonna 1992 Västeråsissa. Tällä hetkellä Ruotsissa on käytössä kolmisenkymmentä kaukojäähdytyksen tuotantolaitosta. Jäähdytysenergiaa ne tuottivat vuonna 2014 yli 1 000 GWh, ja asiakkaita oli reilu 1 000. Kaukojäähdytysverkoston kokonaispituus on yli 500 km. Kaukojäähdytyksen tuotannossa hyödynnetään viileää järvi- ja merivettä. Tukholman alueella sijaitsee Ruotsin suurin kaukojäähdytysverkosto, ja sitä operoi Fortum Värme AB. (26; 27.)

2.3 Kaukojäähdytyksen tuotantotavat

Kaukojäähdytystä tuotetaan Suomessa tällä hetkellä kahdeksassa kaupungissa. Tässä työssä käsitellään KYS Puijon sairaalan liittämistä kaukojäähdytykseen ja työtä tehtäessä on tutustuttu muiden yliopistosairaaloiden kaukojäähdytysratkaisuihin. Seuraavassa esitellään kaukojäähdytyksen tuotantotapoja muissa yliopistosairaalakaupungeissa, joissa on käytössä kaukojäähdytys.

Helsingin Energia on suurin kaukojäähdytyksen tuottaja Suomessa. Kaukojäähdytystoiminta on aloitettu vuonna 1998 ja vuonna 2014 sillä oli 280 asiakasta. Jäähdytysenergiaa Helsingin Energia myi 2014 133 000 MWh, joka on Suomen kokonaisjäähdytysenergian myynnistä noin 70 %. Helsingissä kaukojäähdytystä tuotetaan Salmisaaren absorptiokoneistolla, Katri Valan lämpöpumpulla sekä siirrettävillä jäähdytyskonteilla. Helsingin Energian tuottamasta kaukojäähdytysenergiasta suurimmassa osassa hyödynnetään energianlähteitä, jotka muuten jäisivät hyödyntämättä. Viileä merivesi toimii vapaajäähdytyksen lähteenä aina, kun sen lämpötila mahdollistaa sen hyödyntämisen. Jäähdytysenergiaa varastoidaan Helsingissä yöaikaan kahteen maanalaisiin akkuun, joista energiaa puretaan päiväaikaan kulutukseen. Akut sijaitsevat Pasilassa ja Esplanadin puiston alla, ja ne ovat tilavuuksiltaan 11 ja 25 miljoonaa litraa. (2; 3.)

Turku Energia Oy tuottaa kaukojäähdytystä läntisen keskustan, Biolaakson, Kupittaaan ja Yliopistonmäen kiinteistöille. Jatkossa kaukojäähdytysverkkoa on tarkoitus laajentaa suuremmalle alueelle Turun keskustassa. Kaukojäähdytyksen tuotanto on aloitettu Turussa vuonna 2000, ja sen asiakkaina on tällä hetkellä yli 70 kiinteistöä mukaan lukien Turun yliopistollinen keskussairaala. Vuonna 2014 Turku Energia Oy myi jäähdytysenergiaa 35 590 MWh. Kakolan lämpöpumppulaitoksella tuotetaan suurin osa Turun kaukojäähdytysenergiasta. Lämpöpumppulaitos hyödyntää jätevedenpuhdistamalla puhdistetun jäteveden lämpöä, joka siirretään kaukolämpöverkkoon. Jäähdytyneellä jätevedellä viilennetään kaukojäähdytysverkoston vettä, jota pumpataan asiakkaiksi liittyneille kiinteistöille jäähdytysenergiaksi. Kesällä kovimmilla helteillä ja vikatilanteissa jäähdytysenergiaa tuotetaan varajäähdytyslaitoksilla, joissa jäähdytystä tuotetaan kompressoreilla. (2; 4).

Tampereella kaukojäähdytyksen tuotannosta vastaa Tampereen Sähkölaitos Oy. Kaukojäähdytyksen tuotanto on aloitettu Tampereella 2012 ja sen jäähdytysverkko kattaa laajan alueen Tampereen keskustasta. Vuonna 2014 Tampereen Sähkölaitos Oy myi jäähdytysenergiaa 2 429 MWh, ja sen asiakkaina oli 12 kiinteistöä. Kaukojäähdytyksen energiantuotantoon käytetään kahdeksaa siirrettävää kompressorijäähdytyskonttia. Näsijärven rantaan on valmistumassa järvivesipumppaamo ja kompressorijäähdytyslaitos. Jäähdytyksen energiantuotantoon hyödynnetään Näsijärven syvänteiden viileää vettä. Suurin osa jäähdytysenergiasta tuotetaan vapaajäähdytyksellä. Tarvittaessa järvivettä lisäjäähdytetään kompressoreiden avustuksella. Järvivesipumppaamo valmistuu keväällä 2016 ja kompressorijäähdytyslaitos 2017. (5; 6.)

3 Kaukojäähdytys Suomen yliopistosairaaloissa

Suomessa toimii viisi yliopistollista sairaalaa, Helsingissä, Tampereelle, Turussa, Oulussa ja Kuopiossa. Kolmessa niistä eli Helsingissä, Tampereella ja Turussa on käytössä kaukojäähdytys, jonka tuottajana toimii paikallinen energiayhtiö. Oulun yliopistollisessa sairaalassa ei ole käytössä kaukojäähdytystä. Hankkeen yhteydessä tutustuttiin yliopistosairaaloiden kaukojäähdytysjärjestelmiin, joista kerrotaan tarkemmin seuraavissa alaluvuissa. Taulukkoon 4 on koottu yhteenveto yliopistosairaaloiden kaukojäähdytyksien avainluvuista.

3.1 Helsingin seudun yliopistollinen keskussairaala HYKS

Helsingin seudun yliopistollisen keskussairaalan Kirurgisessa sairaalassa on ollut käytössä Helsingin Energian toimittama kaukojäähdytys vuodesta 2013. Varaukset kaukojäähdytykselle olivat olleet kohteessa jo noin 10 vuotta aiemmin, mutta Kirurgisen sairaalan jäähdytyksen muuttaminen perinteisestä vedenjäähdyttimillä toteutetusta jäähdytyksestä kaukojäähdytykseen viivästyi sairaalan ympärivuorokautisen toiminnan aiheuttamien haasteiden takia. Myös oman haasteen hankkeen toteutukselle antoi kohteen ikä. Kirurginen sairaala on valmistunut vuonna 1888, ja se on Museoviraston suojeluma kohde. Kirurginen sairaala on Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiirin (HUS) alueen sairaaloista ensimmäinen, joka on liitetty kaukojäähdytykseen. Jatkossa sairaalarakennuksia liitetään kaukojäähdytyksen piiriin uudisrakennusten ja peruskorjausten edetessä. Uudessa Lastensairaalassa ja Traumasairaalassa kaukojäähdytyksen vaatimukset on huomioitu jo suunnitteluvaiheessa. (22.)

Kirurgisessa sairaalassa kaukojäähdytysjärjestelmä on mitoitettu 1200 kW:lle, josta tällä hetkellä on käytössä 300 kW. Järjestelmän mitoituslämpötilat ovat ensiöpuolella +8/+14°C ja toisiopuolella +10/+15°C. Kaukojäähdytyksen piirissä on sairaalan ns. kuumia toimintoja eli leikkausaleja ja tietokonetomografia sekä huonejäähdytyksiä. Osaa tiloista jäähdytetään vielä vedenjäähdyttimellä. Kun vedenjäähdyttimen käyttöikä on lopussa, sen vaikutusalueen jäähdytyslinjat liitetään mukaan kaukojäähdytykseen. Lisäksi sairaalan eri osastoille on varattu laajennusmahdollisuuksia tulevaisuuden jäähdytystarpeet huomioiden. Jäähdytysverkostoa laajennetaan toimivan sairaalan ehdoilla ja tarpeellisuuden mukaan. Seuraavana kaukojäähdytykseen liittymisessä vuorossa ovat lääkehuoneet ja osastokansliat sekä talousrakennus. HUS on ottanut uusis-

sa laitehankinnoissa tiukan kannan jäähdytyksen lämpötilojen suhteen. Normaalisti laitetoimittajat ovat sanelleet vaateensa laitteilleen. Nykyään hankittaessa uutta tekniikkaa Kirurgiseen sairaalaan, toimittajille kerrotaan kohteen jäähdytysverkon olevan +10/+15°C ja laitetoimittajan on sopeuduttava siihen. (22.)

Käyttökokemukset kaukojäähdytyksestä Kirurgisessa sairaalassa ovat olleet pelkästään myönteisiä. Vaikka järjestelmän toteutus toimivaan sairaalaan oli haastava, niin käyttöönoton jälkeen mitään ongelmia ei ole ollut. Toimituksessa ei ole ollut ongelmia eikä laiterikojakaan ole tapahtunut kahden käyttövuoden aikana. Välillä on ollut jopa liiankin kylmää jäähdytysvettä tarjolla, mutta rakennusautomaatiolla pystytään tällaiset häiriötilanteet hoitamaan. Vaikka käyttökokemukset ovat olleet hyviä, pelkästään niiden perusteella ei välttämättä olisi järkevää liittyä kaukojäähdytykseen. Kaukojäähdytyksen energiahinta on 27 €/MWh, sopimustehon vuosimaksu 10 600 € ja liittymiskustannukset 70 000 €. Vedenjäähdytysjärjestelmien halpeneminen on parantunut niiden kilpailukykyä, mutta järjestelmien hajanaisuus kohteissa on huonompi kuin kaukojäähdytyksellä. (22.)

3.2 Tampereen yliopistollinen sairaala TAYS

Tampereen yliopistollisessa sairaalassa (TAYS) on parhaillaan menossa suuret peruskorjaus- ja uudisrakennushankkeet. Sen myötä koko sairaalan 95 000 m² on tarkoitus jäähdyttää kaukojäähdytyksellä. Tällä hetkellä kaukojäähdytyksen teho on noin 3 MW. Kokonaisjäähdytysteho tulee olemaan peruskorjausten ja uudisrakennusten valmistuttua 12–13 MW. Kaukojäähdytysenergian hinta Tampereella vuonna 2015 on 27 €/MWh. (23.)

Kaukojäähdytyksen piiriin on kytketty sairaalarakennuksista A-siipi, joka on rakennettu 1970-luvulla ja peruskorjauksia on tehty pikku hiljaa. Kaukojäähdytykseen liittyminen tuli ajankohtaiseksi vanhan HCFC-kylmäainetta R22 käyttävän vedenjäähdyttimen teknisen käyttöikänsä loppuessa ja sekä R22-kylmäaineen käyttö että lisäys on muuttunut Suomessa kielletyksi. A-siiven jäähdytys on mitoitettu 1500 kW:lle ja sen mitoitukselliset lämpötilat ovat ensiöpuolella +8/+16°C ja toisiopuolella +9,5/+17,5°C ilmanvaihdon jäähdytyksessä ja +10/+15°C puhallinkonvektoriverkostossa. Kaukojäähdytyksen vaikutusalueella on leikkaussaleja sekä tilajäähdytyksiä. Leikkaussalien osalta jäähdytysputket liitettiin suoraan vanhoihin jäähdytyspattereihin välittämättä noin 30 % tehonmenetyk-

sestä. Leikkaussalien sisäilmaolosuhteet on sovittu yhdessä leikkaussalihenkilökunnan kanssa, eikä alitehosta ole ollut haittaa. Osaa A-siiven jäähdytyksestä hoitaa vedenjäähdytyskone, mutta sen käyttöön loppumiseen on varauduttu 500 kW:n varauksilla kaukojäähdytysjärjestelmässä. Käyttökokemukset A-siiven osalta kaukojäähdytyksestä ovat olleet positiivisia. Vaikka vielä on käytössä väliaikainen kaukojäähdytyksen tuotantolaitteisto, toimitusongelmia ei ole ollut. Tampereen Sähkölaitos Oy rakentaa parasta aikaa kaukojäähdytysputkistoa Näsijärven rannalta sijaitsevalta pumppaamolta. Lopullisesti kaukojäähdytysverkosto on valmis vuonna 2017. (23.)

Kaukojäähdytyksen käyttö alkaa joulukuussa uudessa E-siivessä, jossa sijaitsee dialyysi- ja infektiosairaala. Uudiskohteessa kaukojäähdytyksen vaateet on jo osattu huomioida suunnitteluvaiheessa. Sairaalan teknisissä tiloissa on lämmönjakohuoneen vieressä kaukojäähdytyshuone, jonne lämmönsiirripaketit pumppuineen, venttiileineen ja automaatioineen on asennettu. Järjestelmässä on kolme jäähdytyspiiriä, ilmanvaihdon jäähdytyspiiri, jäähdytyspalkkiverkostopiiri sekä puhallinkonvektorien jäähdytyspiiri. Jäähdytysteho on käytettävissä yhteensä 800 kW. Mitoituslämpötilat ovat ensiöpuolella +8/+16°C ja toisiopuolella +9,5/+17,5°C ilmanvaihdon jäähdytyksessä, +16/+18°C jäähdytyspalkeilla ja +10/+15°C puhallinkonvektoreilla. (23.)

3.3 Turun yliopistollinen keskussairaala TYKS

Turun yliopistollisessa keskussairaalassa (TYKS) on Suomen yliopistosairaaloista pisimmät kokemukset kaukojäähdytyksestä. Ensimmäiset sairaalarakennukset on liitetty kaukojäähdytykseen 2000-luvun alussa eli käytännössä heti, kun Turku Energia on aloittanut kaukojäähdytyksen tuotannon. Tämän hetkinen sairaalakampuksen kaukojäähdytysteho on noin 14 MW, jolla jäähdytetään noin 200 000 m² sairaalataloja. Uudisrakennuksia on alueelle tulossa ja ne on tarkoitus liittää kaukojäähdytykseen. Uusien rakennusten osalta laaditaan riskikartoitukset jäähdytettävien tilojen ja järjestelmien osalta. Näiden pohjalta päätetään, riittääkö pelkästään kaukojäähdytys vai tarvitaanko tilalle tai järjestelmälle myös muita jäähdytysjärjestelmiä toiminnan varmistamiseksi. Jäähdytyksen mitoituslämpötilat ovat TYKS:ssa ensiöpuolella +7/+17°C ja toisiopuolella +10/+15°C. Kaikki jäähdytyspiirit ovat saman lämpötila-alueen piirissä, oli kyseessä ilmanvaihdon, tilojen tai kuvantamislaitteiden jäähdytys. Kaukojäähdytyksen ensiöpuolen liittymiä on sairaalassa kuusi kappaletta. Käyttökokemukset kaukojäähdytyksestä ovat Turun yliopistollisessa keskussairaalassa myönteisiä. Kymmenen viime vuoden

aikana on ollut kaksi suurempaa katkosta kaukojäähdytyksessä, jotka ovat aiheuttaneet vaikutuksia sairaalan jäähdytykseen. Näiden katkojen kestot ovat olleet vain muutamien tuntien mittaisia. Järjestelmää kuvataan erittäin huolettomaksi ja toimintavarmaksi. Turku Energian pitkä kokemus kaukojäähdytyksen tuottajana ja kaupunkialueen kattava rengasverkko turvaavat järjestelmän toimivuutta. Jäähdytyksen tuotantolaitteiden huoltokustannusten poistuminen sairaalalta ja mahdollisten kylmäaineiden kiristyvien määräyksien ja rajoitusten jääminen tuottajan vastuulle koetaan myönteisinä asioina TYKS:ssa. Pelkästään kustannuksia katsomalla ei TYKS:ssa valittu kaukojäähdytystä, mutta edellä mainitut arvot sekä ympäristölliset näkökulmat puoltavat valintaa. Koska kaukojäähdytyksen tuottaja ja käyttäjä ovat julkisia tahoja, puoltaa sekin seikka paremmin kaukojäähdytyksen valintaa, kuin että maksettaisiin yksityiselle toimijalle. Turussa on käytössä liukuva hinnoittelu jäähdytysenergian osalta. Kaukojäähdytys on kalliimpaa kesäkuukausina kuin muuna aikana. Lisäksi kustannuksia lisäävät perus- ja liittymismaksut. (24.)

Viimeisimpänä kaukojäähdytykseen on TYKS:ssa liitetty uusi lääkehuoltorakennus vuonna 2013. Jäähdytys on mitoitettu 1067 kW:n teholla ja mitoitusvirtaamalla 50 dm³/s. Kaukojäähdytyksen lisäksi lääkehuoltorakennuksessa on kaksi erillistä jäähdytysjärjestelmää. ATK-konesalia palvelee ensisijaisesti vedenjäähdytin ja lämpöpumppu yksiköt, joiden lauhdutusenergia syötetään ilmanvaihdon lämmitysverkostoon. Kaukojäähdytys on toissijaisena jäähdytysvaihtoehtona. Mikäli lämpöpumppuyksiköt vikaantuvat tai jäähdytysteho ei muusta syystä riitä, ohjaa rakennusautomaatio kaukojäähdytyksen toimintaan automaattisesti. ATK-konesali on koettu TYKS:ssa niin tärkeäksi kohteeksi, että sen jäähdyttämiseksi on rakennettu myös kolmas jäähdytysjärjestelmä. Mikäli lämpöpumput ja kaukojäähdytys eivät toimi, voidaan ATK-konesalin jäähdytyspiirin 4 m³:n varaajasäiliöön ajaa raakavettä suoraan käyttövesiverkostosta. Lämmennyt vesi poistetaan järjestelmästä suoraan viemäriin. Lääkehuoltorakennuksen puhdastilojen jäähdytys on toteutettu omalla vedenjäähdytyskoneella. Puhdastilojen jäähdytykseen ei ole rakennettu yhteyttä kaukojäähdytyspiiriin. Mikäli vedenjäähdytin vikaantuu tai on huollossa, on puhdastilojen osalta jäähdytys kokonaan pois käytöstä huoltotöiden ajan. (24.)

Vuonna 2013 valmistunut T2-sairaala on jäähdytyksen osalta suurin kaukojäähdytetty kokonaisuus Turun yliopistollisessa keskussairaalassa. Rakennuksen pinta-ala on 60 000 m² ja sen jäähdyttämiseksi on rakennettu 3 200 kW:n jäähdytysverkosto. Jäähdytysjärjestelmä jakaantuu kahdeksi suureksi piiriksi, jotka palvelevat sairaalan G- ja

EF-osia. Kaukojäähdytyksen laitetilassa on 10 m³:n varaajasäiliö, joka toimii järjestelmän akkuna. Mikäli varaajan lämpötila nousee yli +14°C, käynnistää rakennusautomaatio varajäähdytyslaitteena olevan vedenjäähdytyskoneen. Jäähdytysjärjestelmän suuruus aiheuttaa myös ongelmia. Poikkeamatilanteiden hallinta vaikeutuu ja esimerkiksi vuotojen löytäminen verkostosta on vaikeaa. Toisaalta suuri massa kestää mahdollisia kaukojäähdytyksen häiriötilanteita paremmin, ja pienet katkokset ensiöpuolella eivät välttämättä tule edes ilmi. (24.)

Pääsääntöisesti lähes kaikki jäähdytystä tarvitsevat laitteet on pyritty liittämään kaukojäähdytykseen, mutta poikkeuksiakin löytyy. A-sairaalassa sijaitsevan magneettikuvausalueen kuvantamislaitteet on jäähdytetty kaukojäähdytyksellä, mutta muissa rakennuksissa olevat yksittäiset kuvantamislaitteet on varustettu omilla kylmävesiasemilla. Lääkehuoltorakennuksessa ja T2-sairaalassa käytetään kaukojäähdytystä suora-höyrysteisten kylmiöiden lauhdutukseen. Perinteisen suoran lauhdutusjärjestelmän sijaan lauhduttimena on levylämmönsiirrin, jonka toisiopuolella lämmönsiirtonesteenä on +10 °C:n jäähdytysvesi. Lämmennyt jäähdytysvesi palautetaan kaukojäähdytykseen paluupiiriin. Varajärjestelmänä lauhdutukselle on rakennettu mahdollisuus lauhduttaa raakavedellä. Turku Energian kanssa on TYKS sopinut ”ryöstöpumpun” käyttömahdollisuudesta. Mikäli kaukojäähdytyksen ensiöpuolella on tarjolla jäähdytettyä vettä, mutta energiayhtiön pumpput ei toimi, pystytään ”ryöstöpumpulla” kierrättämään vettä lämmönsiirtimien läpi jäähdytyksen turvaamiseksi katkoksen ajan. Kaikkiin kuuteen kaukojäähdytysliittymään on rakennettu tai ollaan rakentamassa varajäähdytysyhteitä toiminnan turvaamiseksi. Ensiöpuolelle asennetaan varasyöttöä varten laipalliset syöttöventtiilit, joihin voidaan liittää pidemmässä katkostilanteessa varajäähdytyslaite. (24.)

3.4 Oulun yliopistollinen sairaala OYS

Oulun yliopistollisessa sairaalassa (OYS) ei ole käytössä kaukojäähdytystä. Vedenjäähdyttimien jäähdytysteho on tällä hetkellä 6 MW, ja sen on suunniteltu kasvavan tulevaisuudessa 9 MW:iin. Oulussa on tehty selvityksiä kaukojäähdytyksestä, mutta ne on todettu kannattamattomaksi toteuttaa. Ympärivuotiset laitekuormat on todettu kannattavammaksi jäähdyttää vedenjäähdyttimillä ja vapaajäähdytyksellä. Pohjois-Pohjanmaan sairaanhoitopiirin mielestä kaukojäähdytyksen energiamaksun hinnan tulisi olla alle 20 €/MWh, jotta se olisi kannattavaa. OYS:n mukaan kaukojäähdytys

sopii sellaisille alueille, joissa voidaan hyödyntää kylmää meri- tai järvivettä kesäisin tai muuta ilmaisenergiaa. (25.)

Taulukko 4. Suomen yliopistosairaaloiden kaukojäähdytysjärjestelmien yhteenveto.

	teho 2015	teho tulevaisuudessa	ensiöpuoli	toisiopuoli	selite
HYKS	0,3 MW	Kaukojäähdytyksen määrä kasvaa uudiskohteiden ja peruskorjaushankkeiden edetessä	+8/+14°C	+10/+15°C	Kaikki jäähdytykset saman piirin takana
TAYS	3 MW	12–13 MW	+8/+16°C	+9,5/+17,5°C +10/+15°C +16/+18°C	Ilmastoinnin jäähdytys Puhallinkonvektoriverkosto Jäähdytyspalkkiverkosto
TYKS	14 MW	Kaikki jäähdytetään tällä hetkellä kaukojäähdytyksellä	+7/+17°C	+10/+15°C	Kaikki jäähdytykset saman piirin takana
OYS	-	-	-	-	Ei käytössä kaukojäähdytystä

4 Hankkeen osapuolet ja taustat

Kaukojäähdytyksen tilaajana toimii KYS Puijon Sairaala, joka on Pohjois-Savon sairaanhoitopiirin pääsairaala ja yksi Suomen viidestä yliopistosairaalasta. Pohjois-Savon sairaanhoitopiirin tehtävänä on vastata alueensa erikoissairaanhoidosta. Asukkaita sairaanhoitopiirin alueella on lähes 250 000, joiden erikoissairaanhoidosta sairaanhoitopiiri huolehtii. Lisäksi KYS:n sairaalat huolehtivat melkein miljoonan itä- ja keskusmaalaisen erityistason erikoissairaanhoidosta. KYS Puijon sairaalassa annetaan korkeatasoista hoitoa kaikilla lääketieteen erikoisaloilla. KYS tekee kansainvälisesti arvostettua tutkimustyötä ja kouluttaa tulevaisuuden huipputasooajia. KYS Puijon sairaala on Suomen suurin lääkäreiden kouluttaja ja yksi suurimmista terveydenhuoltoalan opetus-sairaaloista. (7.) Taulukossa 4 on esitetty Kuopion Yliopistollisen sairaalan avainluvut.

Taulukko 5. KYS lukuina (7).

Kuopion Yliopistollisen sairaalan avainluvut:	
4300	työntekijää
90000	hoidettua potilasta / vuosi
360000	poliklinikkakäyntiä / vuosi
2500	synnytystä / vuosi
22000	leikkausta / vuosi

Hankkeen toisena osapuolena ja kaukojäähdytyksen tuottajana toimii Kuopion Energia. Se on Kuopion kaupungin 100 % omistama energiakonserni. Kuopion Energialla on noin 50 000 sähköasiakasta ja noin 6 000 kaukolämpöasiakasta. Henkilökuntaa se työllistää noin 160. (8.)

4.1 Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri

Pohjois-Savon sairaanhoitopiirin (PSSHP) KYS Puijon sairaalan alueelle on esiselvitetty vuonna 2014–15 kaukojäähdytykseen toteuttamista. Esiselvityksen laatijana on toiminut Kuopion Energia yhteistyössä sairaanhoitopiirin asiantuntijoiden kanssa. Esiselvityksen pohjalta hankkeelle on saatu hyväksyntä sairaanhoitopiirin hallitukselta. ”Mikäli luotettavuus saadaan yhtä hyvälle tasolle kuin kaukolämmössä, on se kustannustasoakin merkittävämpi tekijä”, toteaa Pohjois-Savon sairaanhoitopiirin kiinteistöjohtaja Mikko Hollmén. Sairaanhoitopiirin asiantuntijoilla on tiedossa Kuopion Energian aiemmin toteuttamien kaukojäähdytysselektivien periaatteet. Sairaanhoitopiirin kannalta hanke on kuitenkin hieman myöhässä, koska uudisrakennusten rakentaminen ja sitä seuraava

peruskorjauskierros alkoi 2010. Nyt uudisrakennusten jäähdytykset on toteutettu perinteisellä vedenjäähdytystekniikalla. Järjestelmien tekninen käyttöikä on noin 20 vuotta, joten kaukojäähdytykseen liittyminen näiden osalta tapahtuisi vasta 2030-luvulla. (9.)

Vaihtoehtoiset lämmitys- ja jäähdytysmuodot ovat olleet KYS Puijon sairaalan uudiskohteiden suunnitteluissa mukana, vaikka niitä ei kuitenkaan ole toteutettu. Vuonna 2015 käyttöön otetun uuden Kaarisairaalan suunnittelussa mietittiin maalämpöä lämmitykseen ja jäähdytykseen. Puijon sairaalan tontin koko aiheutui kuitenkin ongelmaksi. Riittävää määrää lämpökaivoja ei olisi pystytty poraamaan, minkä seurauksena maalämmön tehot eivät olisi riittäneet ja kaukolämmön tilausvesivirran pieneneminen olisi jäänyt hyvin pieneksi. Tällä hetkellä Puijon sairaalan tontille selvitetään aurinkosähkön hyödyntämismahdollisuutta. Potentiaalia aurinkosähkön käytölle on, koska sairaalassa on jatkuvaa sähkönkulutusta ja aurinkopaneeleille on soveltuvaa kattopinta-alaa sairaalan rakennusten katoilta. (9.)

Pelkästään taloudelliset näkökohdat huomioiden kaukojäähdytykseen liittyminen ei olisi kannattavaa tällä hetkellä. Talouden taantuman myötä hintatasojen lasku urakoinnissa ja laitteistossa puoltaisi erillisten, rakennusosakohtaisten vedenjäähdytysjärjestelmien rakentamista. Riskeinä kaukojäähdytykselle sairaanhoitopiirissä nähdään mm. ennustettujen kylmätehojen toteutuminen. Kuinka soteuudistus vaikuttaa Puijon sairaalan toimintaan jatkossa? Voivatko sairaalan potilasvolyymit oleellisesti muuttua, jos pääteitäinkin keskittää erikoistumisaloja jonnekin muualle? Istekki Oy:n ATK-konesalin osuus jäähdytystehontarpeesta on suuri. Entä jos se siirtyykin pois Puijon sairaalan tontilta? Myös kylmäaineiden käyttörajoitukset saattavat vaikuttaa nykyisten vedenjäähdytyskoneiden käyttöön tulevaisuudessa. Vastaavasti massiivisten peruskorjausten ja ilmaston lämpenemisen myötä lähes kaikki sairaalan tilat tulevat olemaan jäähdytettviä. Kaukojäähdytyksellä ja rengasverkkoratkaisulla, joka kiertäisi koko sairaalan alueella, pystyttäisiin jäähdytys tuomaan helposti kaikkien rakennusosien saataville ilman erillisiä kylmäkonehuoneratkaisuja. Järjestelmän luotettavuus ja edulliset huoltokustannukset ovat myönteisiä puolia kaukojäähdytykselle. Vastaavasti jos jotain kaukojäähdytyksen tuotantopäässä pettää toiminnan aikana, koko sairaalan jäähdytysjärjestelmä on pois käytöstä häiriön ajan. Tarvitaanko kriittisille, jäähdytetyille toiminnoille varajärjestelmä vai toteutetaanko kaukojäähdytysjärjestelmän kriittiset osat kahdennettuna toimivuuden takaamiseksi? (9.)

Kiinteistöjohtaja Mikko Hollmén näkee hyvät mahdollisuudet sopimuksen syntymiseen Kuopion Energian kanssa kaukojäähdytyksen toteutuksesta KYS Puijon sairaalalle. Koska peruskorjauksien ensimmäinen vaihe on jo alkanut, on Kuopion Energia sitoutunut toteuttamaan tarvittavan jäähdytyksen konttiratkaisulla ennen lopullisen kaukojäähdytysjärjestelmän valmistumista. Tällä hetkellä on laadinnassa aiesopimus, joka pyritään allekirjoittamaan vielä vuoden 2015 aikana. Lopullisen sopimuksen ehtoina ovat vesilain ja rakennuslupien vaatimukset sekä yhteisen näkemyksen löytyminen kaukojäähdytyksen kustannuksista, hinnasta, lämpötilatasoista ja tuottotavoitteista. Mikäli näihin ehtoihin löytyy yhteisymmärrys, tehdään sopimus kaukojäähdytyksen tuottamisesta KYS Puijon sairaalalle 30 vuodeksi. (9.)

4.2 Kuopion Energia Oy

Kuopion Energia on selvittänyt kaukojäähdytyksen toteuttamista Kuopion Savilahden alueelle 2000-luvulla kolmeen otteeseen. Kahden ensimmäisen selvityksen perusteella kaukojäähdytyksen toteuttaminen ei ollut kannattavaa. Vuonna 2006 valmistuneen selvitysraportin johtopäätöksissä todetaan, että luontaiset edellytykset hankkeelle ovat kohtuullisen hyvät. Keskeisinä kilpailutekijöinä pidettiin kylmän järviveden hyödyntämismahdollisuutta, potentiaalisten asiakkaiden sijaintia lähellä järven rantaa, asiakkaiden keskittymistä kohtalaisen pienelle alueelle, alueen keskittynyt kiinteistönomistus sekä lämmön ja sähkön käyttömahdollisuus kaukojäähdytyksen tuotannossa. Silti hanketta ei lähdetty toteuttamaan, koska hanke ei ollut taloudellisesti riittävän kestävällä pohjalla. (10; 11.)

Vuonna 2014 aloitettiin kolmas selvitys osittain Tampereen Sähkölaitoksen vuonna 2013 aloittaman kaukojäähdytyshankkeen innostamana. Ilmaston lämpeneminen ja nykyiset rakentamismääräyskokoelmat kiristyvine energiatehokkuus- ja sisäilmastovaatimuksineen ajavat jo lähes pakosta käyttämään jonkinasteista jäähdytystä rakennuksissa. Kuopion Energia näkee yhtenä kiinnostavana tulevaisuuden kehityssuuntana rakennusten ylijäämälämpöjen hyödyntämisen kaukojäähdytyksen ja lämpöpumppujen avulla optimaalisesti kesäajan kaukolämmöntuotannossa. Selvitystyö on kohdennettu Kuopion Savilahden alueelle, koska siellä on selkeästi suurin kiinteistökeskittymä ja Savilahden alueen kiinteistökatanta tulee kasvamaan vielä entisestään täydennyskaavoituksen ja uusien alueiden käyttöönoton myötä. Kuopion Energia on todennut, että mikäli Savilahden alueen kiinteistöjä ei saada kaukojäähdytettyä kannattavasti, sitä on todella haasteellista saada toteutumaan isossa mittakaavassa muuallakaan Kuopiossa.

Mikäli Savilahden hanke toteutuu, ollaan Kuopion Energialla luonnollisesti valmiita aloittamaan selvitykset muidenkin alueiden kaukojäähdytyksestä. Savilahden alueella on useita potentiaalisia kaukojäähdytykseen soveltuvia asiakkaita, kuten KYS Puijon sairaala, Itä-Suomen Yliopiston Kuopion kampus, Harjulan sairaala, toimitilavuokraaja Technopolis Oyj, Puolustusvoimien entinen asevarikkoalueen sekä Neulaniemen ja Savisaaren uudet rakentamisalueet. (11.)

Esiselvitystyön kaukojäähdytyksen toteuttamisesta on tehnyt Greenfield Consulting Oy. Raportin mukaan pelkästään KYS Puijon sairaalan jäähdytyksen tuotannon sähkönkulutus putoaa 1/7, kun käytetään merkittävässä määrin Neulalahden syvänteiden viileällä vedellä tuotettua kaukojäähdytystä perinteisen kiinteistökohtaisen jäähdytyksen sijaan. Pelkillä vapaan jäähdytyksen pumppaussähkön kustannuksilla pystytään kattamaan jäähdytystarve loka-toukokuun välillä, kun jäähdytykseen hyödynnetään Neulalahden syvänteiden vettä. Suurimpana haasteena hankkeen toteutumiselle Kuopion Energia pitää Neulalahden syvänteiden viileän veden hyödyntämismahdollisuutta, joka vaatii vesilain mukaisen luvan sekä suuria, etupainotteisia investointikustannuksia. Viiiden ensimmäisen vuoden aikana tulee maksettavaksi 90 % hankkeen investointikustannuksista, mutta jäähdytyksen myynnin tulovirta alkaa kunnolla vasta 15 vuoden jälkeen. Tästä syystä Kuopion Energia Oy:n tavoitteena on solmia Kuopion Yliopistollisen sairaalan kanssa pitkä, 25–30 vuoden sopimus jäähdytyspalvelujen tuottamisesta. Lisäksi neuvotteluissa selvitetään Pohjois-Savon sairaanhoitopiirin mahdollisuutta osallistua kustannuksiin jo hankkeen alkuvaiheessa. Tällä hetkellä ollaan valmistelemassa jäähdytyksen aiesopimusta. (11.)

KYS Puijon sairaalalla on suuri rooli koko kaukojäähdytyshankkeelle. Mikäli PSSHP:n hallitus ei hyväksy kaukojäähdytykseen liittymistä, tarkoittaa tämä suurella todennäköisyydellä koko hankkeen kaatumista. Savilahden alueen jäähdytystarpeesta pelkästään KYS Puijon sairaalan osuus on noin 60 % eli 18 MW. Kuopion Energia Oy on aloittanut Neulalahden viileän veden hyödyntämisen edellyttämät vesilain mukaiset lupahakemusmenettelyt Aluehallintoviraston kanssa. Myös pumppaamo- ja kaukojäähdytyskeskusten vaatimien rakennusten vaihtoehtoiset sijoituspaikat ovat Kuopion kaupungin tahojen kanssa selvityksessä. Lopulliset sijoituspaikat järvivesipumppaamolle ja kaukojäähdytyskeskukselle on oltava selvillä, jotta voidaan tehdä vesilain mukaisen lupahakemuksen vaatimat vaikuttavuusarviointit. Myös Puolustusvoimien räjähdessiivoukset Savilahden alueella on kohdistettava järvivesiputken ja Neulaniemen syvänteen alueelle jo pelkästään turvallisuussyistä. (11.)

4.3 Hankkeen tilanne helmikuussa 2016

Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri ja Kuopion Energia ovat hyväksyneet joulukuussa 2015 aiesopimuksen kaukojäähdytyksen toteuttamisesta KYS Puijon sairaalalle. Hanke on hyväksytty molempien toimijoiden hallituksissa ja valmistelut toteutukselle on aloitettu. Vesilain mukainen lupamenettely viileän veden hyödyntämiseksi on käynnissä. Lupapäätös valmistunee loppukesällä 2016. KYS Puijon sairaalan meneillään olevien eli peruskorjauksen ensimmäisen vaiheen, päivystysosaston peruskorjauksen ja ISLAB 3A -hankkeiden jäähdytykset sekä tulevan peruskorjauksen toisen vaiheen jäähdytys suunnitellaan kaukojäähdytykselle sopiviksi. Meneillään olevat hankkeet valmistuvat 2017 vuoden alussa. Lopullinen kaukojäähdytysratkaisu ei ole tuolloin vielä valmis. Jäähdytys tullaan toteuttamaan siirrettävällä kontilla, joka sijoitetaan meneillään olevien hankkeiden ja tulevan kaukojäähdytyksen runkolinjaston läheisyyteen. Vapaajäähdytykseen perustuva kaukojäähdytys on tuotantokäytössä aikaisintaan 2018. Väliaikaisen jäähdytyskontin hankinta on aloitettu Kuopion Energian toimesta. Jäähdytyskontti tarvitaan KYS Puijon sairaalalle lokakuussa 2016, jotta jäähdytysjärjestelmä ehditään koe-käyttämään ja säätämään asetusarvoihinsa ennen toiminnan aloittamista meneillä olevissa peruskorjauskohteissa. (11.)

5 KYS Puijon sairaalan nykyisen jäähdytyksen esittely

KYS Puijon sairaalassa on jäähdytettyä tilaa 40 % kaikista tiloista. Tulevaisuudessa lähes kaikki operatiivisessa toiminnassa olevat tilat tulevat olemaan jäähdytettyjä. Kylmälaitteet on kartoitettu vuodesta 2012 alkaen KYS Puijon sairaalan huoltopalveluja tuottavan Itä-Suomen huoltopalvelut liikelaitoskuntayhtymän toimesta. Kylmälaitekartoitusta päivitettiin osana tätä projektia vastaamaan nykyistä jäähdytyslaitetilannetta. Kylmälaitekartoitusta vedenjäähdyttimien osalta on liitteenä 1. Kylmälaitemäärät KYS Puijon sairaalassa ovat lisääntyneet viimeisen kolmen vuoden aikana oleellisesti. Vanhoja laitteita, joista osa on toiminut kielletyillä kylmäaineilla, on saatu korvattua uusilla laitteilla uudisrakentamisen ja peruskorjausten yhteydessä. Kun kaukojäähdytykseen liittyminen toteutuu, on sairaalan kaikki mahdolliset ja järkevästi toteutettavat kylmälaitteet ja -järjestelmät tarkoitus liittää siihen.

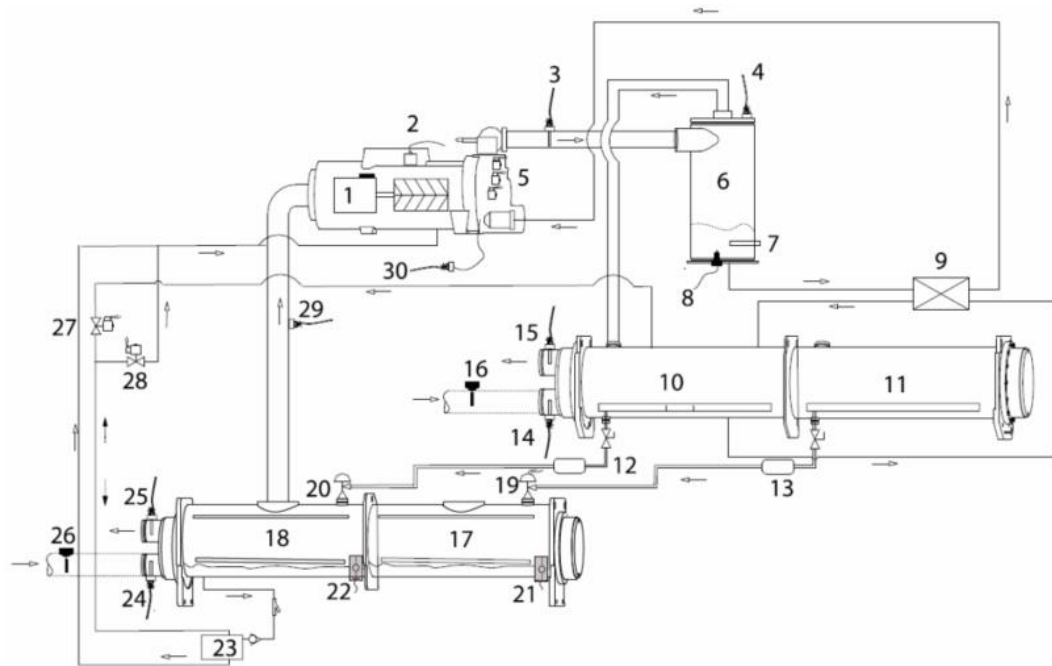
Erilaisia jäähdytys- ja kylmälaitteita on yli 500 kappaletta. Luku ei sisällä ns. valkoisen linjan eli kotitalouskäyttöön tarkoitettuja kylmälaitteita. Suuri osa näistä, noin 70 %, on lääkejääkappeja, pakastimia ja syväjäähdytyspakastimia. Loput jäähdytys- ja kylmälaitteista ovat vedenjäähdyttimiä, vakioilmastointikoneita, puhallinkonvektoreita, suorahöyrysteisiä kylmiöitä, pakastustiloja, lääkintälaitteita, ilmalämpöpumppuja ja split-jäähdyttimiä. Kaukojäähdytyksen piiriin näistä laitteista olisi tarkoitus liittää kaikki vedenjäähdytyskoneet. Vakioilmastointikoneet ja kuvantamisen laitteet, jotka ovat välillisesti jäähdytettyjä, tarkastellaan tapauskohtaisesti. Nykyisiä laitteita on tarkoitus käyttää käyttöiän loppuun saakka. Tekniset käyttöiät ovat vedenjäähdyttimillä ja vakioilmastointikoneilla noin 20 vuotta, joten ei ole taloudellisesti kannattavaa liittää toimivaa laitetta kaukojäähdytyksen piiriin ennen käyttöiän loppua. Mikäli laite on herkkä vikaantumaa tai ei enää vastaa tarvittavaa käyttöä, kannattaa silloin miettiä laitteen korvaamista kaukojäähdytykseen soveltuvalla ratkaisulla. Jäähdytettävien kuvantamislaitteiden käyttöiät ovat noin 7–10 vuotta, johtuen nopeasta teknologisesta vanhenemisestä (12; 13.)

5.1 Vedenjäähdytyskoneet

Vedenjäähdytyskoneen tehtävänä on jäähdyttää jäähdytysverkostossa kiertävää vettä. Vedenjäähdyttimiä on saatavilla tehoalueella 3...1600 kW. Pienemmissä, alle 300 kW:n vedenjäähdyttimissä, käytetään yleisesti kierukka- eli scroll-kompressoria ja jäähdykkeenä HFC-kylmäaineita R134a, R407C tai R410a. Vedenjäähdyttimet ovat

muototeräsalustalle rakennettuja, avoimia tai koteloituja koneikkopaketteja. Ne sisältävät levylämmönsiirtimet (höyrystin ja lauhdutin sekä mahdollinen vapaajäähdytysiirrin), jäähdytys- ja lauhdutuspiirin pumput sekä tarvittavat venttiilit automaatiikkoineen. Suuremmissa vedenjäähdyttimissä eli yli 300 kW:n tehoisissa, käytetään yleisesti ruuvikompressoreita ja jäähdykkeenä HFC-kylmäainetta R134a. Koneikoissa käytetään höyrystimenä ja lauhduttimena moniputkilämmönsiirtimiä, joiden yhteyteen kompressorit ja muu kylmäainepiireihin liittyvä tekniikka on asennettu. Kuvassa 2 on esitetty ruuvikompressorivedenjäähdyttimen komponentit ja putkistot kaaviona. Vedenjäähdytyskoneiden lauhdutus voidaan toteuttaa suoralla ilma- tai välillisellä liuoslauhdutuksella. Liuoslauhdutuksen yhteydessä on mahdollista käyttää vapaajäähdytystä. Jäähdytysveden lämpötiloina käytetään yleisesti +7/+12°C. Tarvittaessa voidaan käyttää suurempaakin lämpötilan muutosta kuin 5 K tai korkeampaa menoveden lämpötilaa kuin +7°C. Mitä korkeamana menoveden lämpötilaa pidetään, sen vähemmän vedenjäähdytyskoneisto kuluttaa energiaa. (14.)

Vedenjäähdytyskoneita on käytössä KYS Puijon sairaalassa 31 kpl. Jäähdytettyä vettä käytetään tuloilman, laittilojen, kuvantamislaitteiden ja henkilöstön käyttöön tarkoitettujen tilojen jäähdyttämiseen. Yksi käytössä olevista vedenjäähdyttimistä on vuodelta 1991, mutta sitä käytetään ainoastaan varalaitteena. Muut vedenjäähdyttimet ovat vuodelta 2003 tai uudempia. Teknisen käyttöiän puolesta kaikilla vedenjäähdyttimillä on vielä käyttöikää jäljellä useampia vuosia, mutta alkaneet ja tulevat peruskorjaushankkeet vaikuttavat laitteista luopumiseen. Nykyisten vedenjäähdyttimien tehot ovat 80–755 kW. Yhteensä jäähdytystehoa ne tuottavat yli 11 MW. Vedenjäähdyttimissä käytetään R134a, R407C ja R410a HFC-kylmäaineita. Kylmäainetäytöstä vedenjäähdyttimissä on yli 1 700 kg. Kylmäaineita ei luokitella kemikaalilainsäädännän mukaan vaarallisiksi aineiksi, vaikka ne suurina pitoisuuksina voivat aiheuttaa tukehtumisen vaaran. Ihokosketuksissa kylmäaineet voivat aiheuttaa paleltumavammoja. Kaukojäähdytykseen siirryttäessä saadaan sairaalan tontilta haitallisten aineiden kuormaa pienennettyä oleellisesti. (13; 15; 16; 17.)



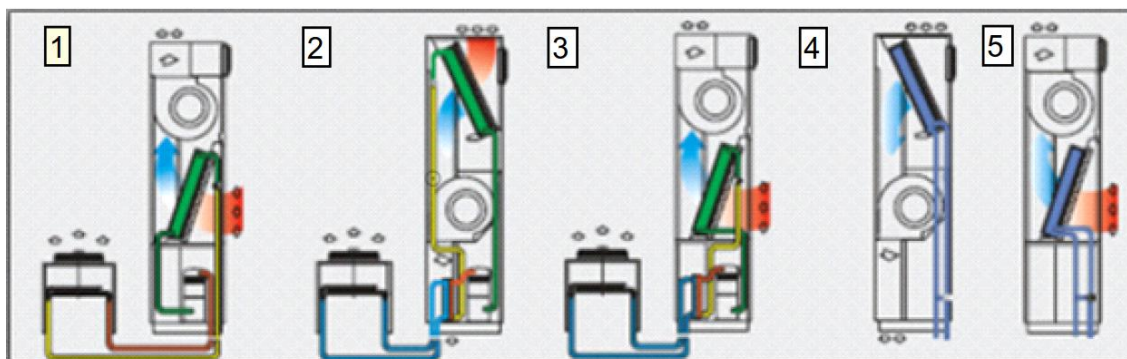
1	ruuvikompressori	11	lauhdutin, piiri 2	21	näkölasi, piiri 2
2	korkeapainekytin	12	kylmäainesuodatin, piiri 1	22	näkölasi, piiri 1
3	kompressorin kuuma- kaasun lämpötila-anturi	13	kylmäainesuodatin, piiri 2	23	kaasupumppu
4	lauhduttimen kylmäai- neen painelähetin	14	lauhduttimen tuloveden lämpötila-anturi	24	höyrystimen tuloveden lämpötila-anturi
5	tehonsäätö	15	lauhduttimen menoveden lämpötila-anturi	25	höyrystimen menoveden lämpötila-anturi
6	öljynerotin	16	virtauskytkin	26	virtauskytkin
7	öljnlämmitin	17	höyrystin, piiri 2	27	kaasupumpun tyhjen- nysventtiili
8	öljynkiertoanturi	18	höyrystin, piiri 1	28	kaasupumpun täyttö- venttiili
9	öljynjäähdytin	19	paisuntaventtiili, piiri 2	29	imupaineen lähetin
10	lauhdutin, piiri 1	20	paisuntaventtiili, piiri 1	30	öljynpaineen lähetin

Kuva 2. Ruuvikompressorivedenjäähdyttimen periaatekaavio (18).

5.2 Vakioilmastointikoneet

Vakioilmastointikoneiden tehtävänä on ylläpitää vakioituja huoneolosuhteita. Huonetilojen lämpötilan lisäksi myös suhteellista kosteutta vakioidaan. Vakioilmastointikoneet voivat olla suora- tai välillisesti jäähdytettäviä. Suora- tai välillisesti jäähdytettävyissä vakioilmastointikoneissa käytetään kierukka- eli scroll-kompressoria ja jäähdykkeenä HFC-kylmäaineita R134a, R407C tai R410a. Välillisesti jäähdytetyissä vakioilmastointiko-

neissa jäähdytysvesi tai -liuos kiertää jäähdytyspatterissa. Ilman käsittelyyn tarvittavaa jäähdytystä ja kuivausta tehdään jäähdytyspatterilla ja kostutusta laitteistossa olevalla kostuttimella. Tarvittava jälkilämmitys kuivauksen yhteydessä voidaan tehdä sähköllä, kuumalla vedellä tai kylmälaitteiston kuumakaasu- ja lauhdelämmöllä. Suorahöyrysteisen vakioilmastointikoneen lauhdutus voidaan tehdä ilma- tai liuoslauhdutuksella. Liuoslauhdutuksen yhteydessä on mahdollista käyttää vapaajäähdytystä. Kuvassa 3 on esitetty erilaisia vakioilmastointikoneiden teknisiä ratkaisuja. (19.)



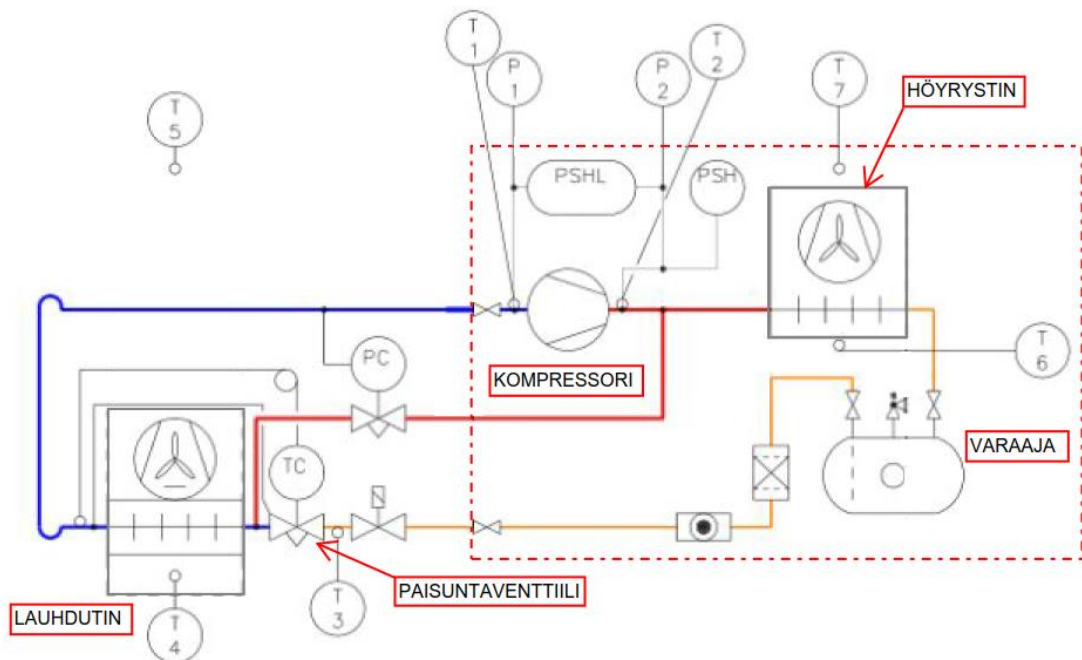
- 1 Suorahöyrysteinen ja -lauhdutteinen, ylöspäin puhaltava malli
- 2 Suorahöyrysteinen ja liuoslauhdutteinen, alaspäin puhaltava malli
- 3 Suorahöyrysteinen ja liuoslauhdutteinen, ylöspäin puhaltava malli
- 4 Välillisesti jäähdytetty, alaspäin puhaltava malli
- 5 Välillisesti jäähdytetty, ylöspäin puhaltava malli.

Kuva 3. Erilaisia vakioilmastointikoneiden teknisiä ratkaisuja (28).

Vakioilmastointikoneita käytetään KYS Puijon sairaalassa atk-konesalien, kuvantamis- ja laitetilojen sekä erilaisten arkistojen jäähdyttämiseen. Vakioilmastointikoneita on käytössä 27 kpl, joista puolet on suorahöyrysteisiä ja puolet välillisesti jäähdytettyjä eli vesikiertoisia. Suorahöyrysteiset vakioilmastointikoneet ovat kylmäainetäytökseltään pieniä, 5–12 kg/laite. Näiden laitteiden käyttöään lopussa on mietittävä niiden korvaamista välillisesti jäähdytetyillä vakioilmastointikoneilla ja varmistettava, onko niitä teknillisesti järkevää liittää kaukojäähdytykseen. Vesijäähdytteisen vakioilmastointikoneen kuivauskapasiteetti on pienempi kuin suorahöyrysteisen laitteen. Suorahöyrysteisen laitteen jäähdytyspatterissa pystytään laskemaan höyrystyslämpötilaa, jolloin veden kondensoituminen ilmasta patterin pintaan lisääntyy. Vastaavasti vesipatterille ei ole saatavilla kylmempää vettä, koska jäätymisen estämiseksi laitteistot mitoitetaan minimissään +7 °C:n vedelle. Vesikiertoisen vakioilmastointikoneen voi mitoittaa riittävän tehokkaaksi kuivatuksen kannalta, mutta laitekoko kasvaa tällöin niin suureksi, että tilavauudet vakioilmastointikoneille sairaalan toimintatiloissa eivät riitä. (13; 14.)

5.3 Suorahöyrysteiset järjestelmät

Kylmäjärjestelmää, jossa kylmäaine höyrystyy jäähdytettävässä tilassa olevassa höyrystimessä joko kokonaan tai osittain, kutsutaan suorahöyrysteiseksi järjestelmäksi. Höyrystimessä kylmäaine muuttaa olomuotoaan nesteestä kaasuksi höyrystyessään. Erilaisia suorahöyrysteisiä kylmlaitteita on käytössä KYS Puijon sairaalassa yli 400 kappaletta. Suurin osa on lääkejääkaappeja, pakastimia ja syväjääpakastimia. Sairaalan ja tukipalveluiden tiloissa on myös useita kylmä- ja pakastuhuoneita, jotka toimivat itsenäisellä kylmäkoneistolla tai keskuskoneistolla. Jäähdykkeinä näissä kylmlaitteissa käytetään HFC-kylmäaineita R134a, R404A, R413A tai R437A. Käytössä on myös kiellettyjä HCFC-kylmäaineita R12, R22 ja R402B sisältäviä kylmlaitteita. Näihin laitteisiin ei nykyisen lainsäädännön mukaisesti saa enää täyttää kylmäainetta esimerkiksi vuoden takia. Suorahöyrysteisiä kylmlaitteita ei tulla liittämään kaukojäähdytykseen tulevaisuudessa, koska niiden lämpötilavaatimukset eivät sovellu kaukojäähdytykselle. Kuvassa 4 on esitetty suorahöyrysteisen kylmlaitteiston pääkomponentit ja putkistot. Katkoviivalla rajattu alue kuvaa kompressorilauhdutin koneikkoa, joka sijaitsee esimerkiksi vesikatolla. Höyrystin on putkitettuna erilliseen tilaan eli jäähdytettävään kohteeseen. (13; 20.)



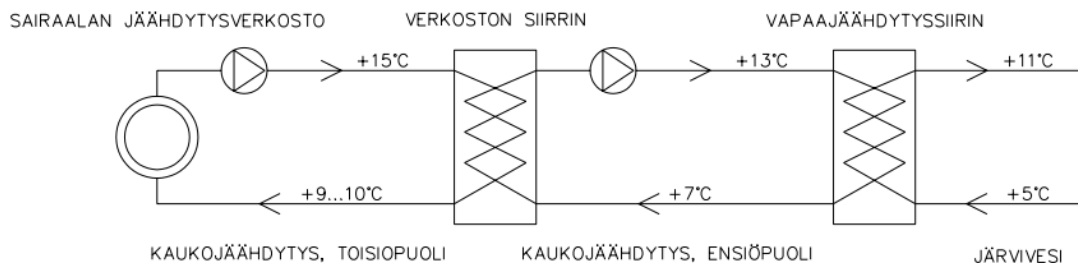
Kuva 4. Suorahöyrysteisen kylmlaitteiston periaatekaavio.

6 Miten KYS Puijon sairaalan kaukojäähdytys toteutetaan

Greenfield Consulting toteutti Kuopion Energialle Kuopion yliopistollisen sairaalan kaukojäähdytysjärjestelmän toteutettavuusselvityksen vuosien 2014–2015 aikana. Selvityksessä on verrattu keskitettyä jäähdytyksen tuotantojärjestelmää sairaalan nykyiseen jäähdytystapaan eli perinteiseen, vedenjäähdytyskoneilla toteutettuun jäähdytykseen. Selvityksen yhteydessä oli vertailtu erilaisia aluejäähdytysjärjestelmien keskitettyjen jäähdytystuotantojen vaihtoehtoja. Kannattavammaksi vaihtoehdoksi selvityksen perusteella varmistui järvivesilauhdutteinen kompressorijäähdytinjärjestelmä yhdistettynä järvivesiperusteiseen vapaajäähdytykseen. Vaihtoehtoisena jäähdytystuotantojärjestelmänä oli tarkasteltu sairaalassa yleisesti käytössä olevaa kiinteistökohtaista, ilmalauhdutteista kompressorijäähdytinjärjestelmää yhdistettynä ulkoilmaperusteiseen vapaajäähdytykseen. (21.)

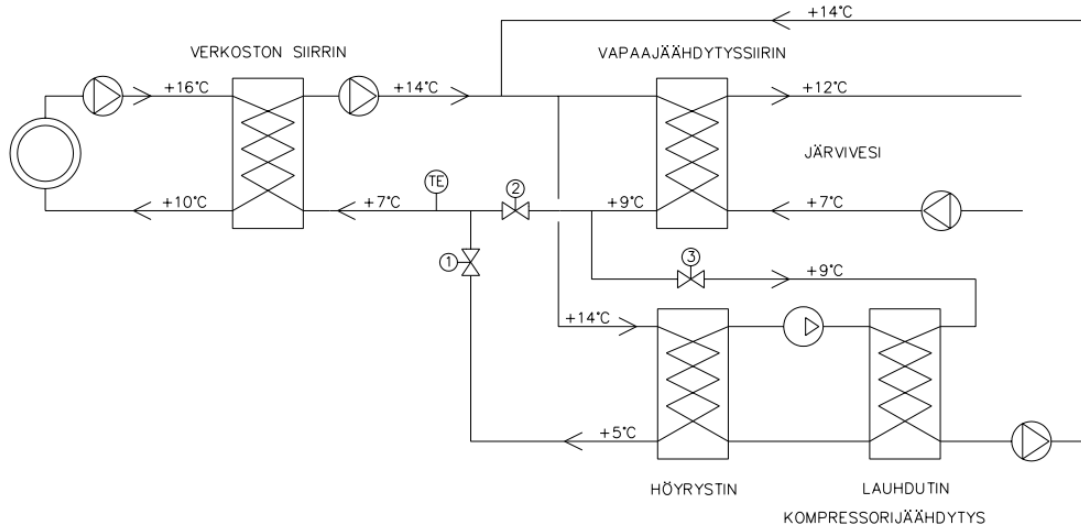
6.1 Keskitetyn jäähdytyksen toteutustapa

Keskitetyssä jäähdytysratkaisussa käytetään jäähdytyksessä hyväksi Neulalahden syvänteeseen vettä. Syvänteen on 38 m syvä, ja siellä veden lämpötila on Savo-Karjalan Ympäristötutkimuksen lämpötiladatan mukaan läpi vuoden 2–8-asteista. Neulalahden syvänteestä on saatavilla jäähdytysenergiaa ympäri vuoden. Marras-toukokuun aikana syvänteestä saadaan 3-asteista tai kylmempää vettä. Tämä mahdollistaa vapaajäähdytyksen hyödyntämisen pelkillä pumppauskustannuksilla, koska lämmönsiirtimen asteisuus on kaksi astetta. Lämmönsiirron asteisuutta tulee yhteensä neljä astetta, koska järvivesi ja kaukojäähdytyksen ensiöpuolen vesi kiertävät yhdessä siirtimessä ja ensiö- ja toisiopuolen vedet toisessa siirtimessä. Jäähdytykseen sairaalan tiloissa on saatavilla +9–10 °C:n lämpöinen vesi (kuva 5).



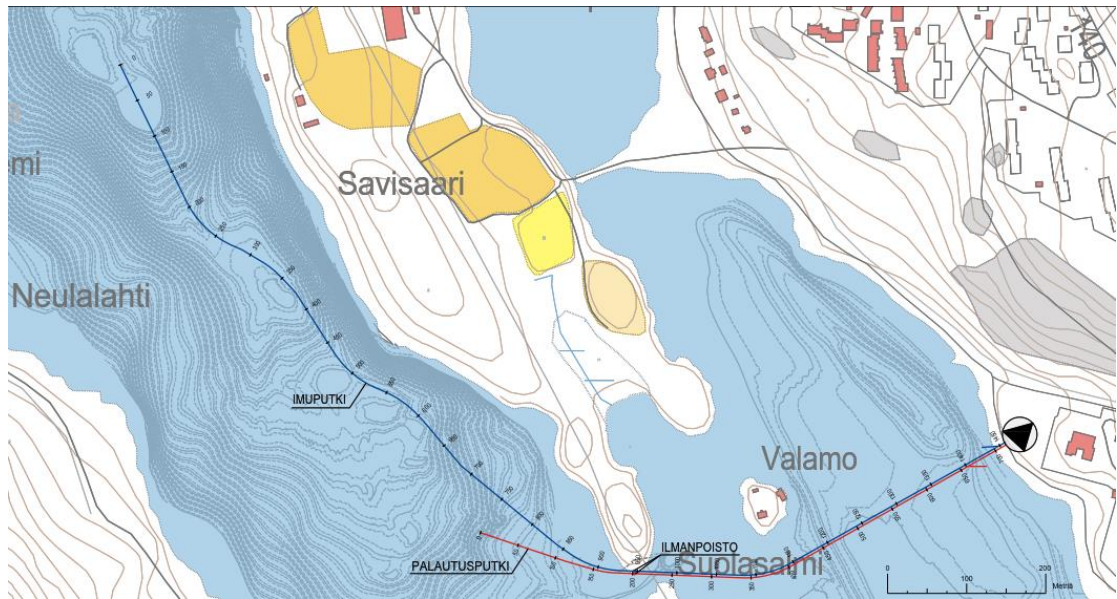
Kuva 5. Vapaajäähdytystilanteen periaatekuva.

Touko-marraskuun aikana kaukojäähdytyksen paluuvettä voidaan esijäähdyttää järvi-vedellä, kun järiveden lämpötila on pienempi kuin kaukojäähdytyksen menolämpötila vähennettynä lämmönsiirtimen asteisuudella. Koneellisella jäähdytyksellä tarvitsee jäähdyttää esijäähdytettyä paluuvettä enää haluttuun menolämpötilaan (kuva 6). (21.)



Kuva 6. Esijäähdytystilanteen periaatekuva.

Kaukojäähdytyskeskuksen ja järvi-vedenpumppaamon tulevat sijaintipaikat on Kuopion kaupunki osoittanut Harjulan sairaalan länsipuolella olevalle viheralueelle. Kaukojäähdytyskeskukselta on KYS Puijon sairaalan tontille matkaa noin 0,5 km. Jäähdytysputkistot tehdään tälle välille maaputkistona. Putkistomateriaalina käytetään hiilliterästä P235GH ja putkikoko on DN600. Putkistot eristetään muovikuoren sisään polyuretaanilla. Toteutustapa on sama kuin kaukolämpöputkistoissa. Järvi-vedenputkiston ottoputken järvi-veden tulo tulee olemaan noin 1,5 km ja purkuputken järvi-veden tulo noin 1 km (kuva 7). Purkuputken pää tulee olemaan noin 7 m:n syvyydessä Naulalahdessa ja purku tapahtuu likimain saman lämpöiseen vesikerrokseen kuin on purkuveden lämpötila. Järvi-vedenputkien materiaalina käytetään polyeteeniä (PE). Ottoputken virtausnopeus ei saa ylittää putken suulla 0,7 m/s. Tällä estetään pohjasedimentin ja muun kevyen aineksen pääsy putkeen. Ottoputken päähän on tehtävä laajennusosa, jotta virtausnopeus saadaan pidettyä riittävän alhaisena. Muilta osin järvi-vedenputken mitoituskriteerinä käytetään painehäviön arvoa 1,0 bar/km. Esiselvityksen mukaan mitoitusvirtaama on 3 740 m³/h. Tällöin putkikooksi tulee DN800-kokoinen PE-putki. (21.)



Kuva 7. Kaukojäähdytysputkiston reitti Harjulan rannasta Neulaniemen syvänteeseen (11).

Alustavassa kaukojäähdytyskeskuksen suunnitelmassa (kuva 9) jäähdytyksen tuotantoyksiköiksi on valittu kuusi kappaletta noin 2 MW:n taajuusmuuttajaohjattua turbo-kompressorijäähdytintä (kuva 8). Järjestelmään ei ole tarkoitus asentaa erillistä akkua. Tästä syystä on valittu useita jäähdytysyksiköitä. Taajuusmuuttajalla voidaan jäähdytysyksikköä ajaa minimissään 10 %:n osateholla. KYS Puijon sairaalan maksimi jäähdytystehontarpeeksi on esiselvityksessä arvioitu 18,7 MW. 85 % samanaikaisuuskertoimella huomioiden tehontarve on täyden jäähdytyksen tilanteessa eli vuonna 2033 on 15,6 MW. Samanaikaisuuskerroin määräytyy jäähdytyskohteiden tehohuippujen eriaikaisuudesta. Kompressorijäähdytyksen tarpeen arvioinnissa on oletettu Neulalahden syvänteen järiveden pysyvän aina alle seitsemänasteisena. Tällöin vapaa/esijäähdytystehoa on tarjolla läpi vuoden, ja kompressorijäähdyttimiä ei tarvitse mitoittaa täydelle huipputeholle. Mikäli Neulalahden syvänteen vesi on lämpimämpää kuin seitsemän astetta, on kompressorijäähdytystehoa kasvatettava. Laskelmat ja varmuuskertoimet tarkennetaan Kuopion Energian toimesta ennen kompressorijäähdytyslaitoksen hankkimista. (21.)

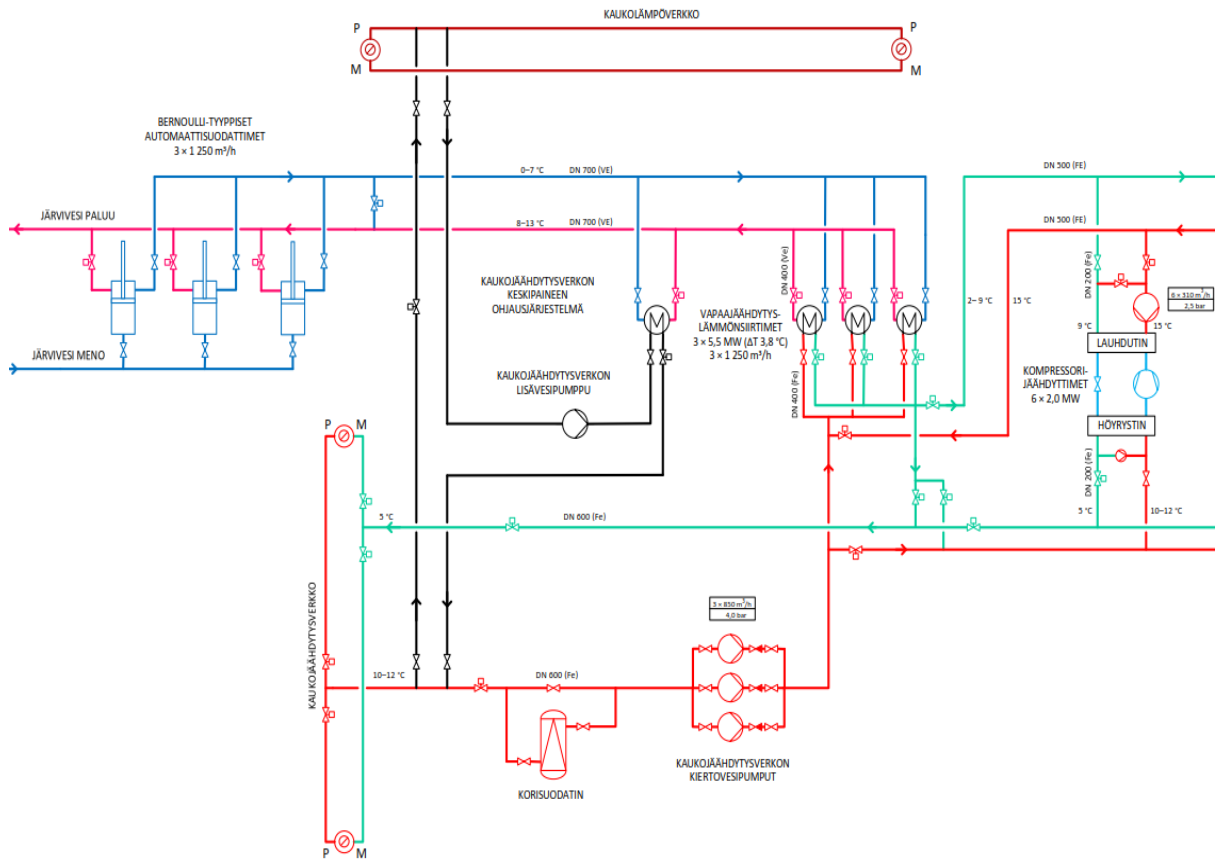


Kuva 8. Turbokompressorin York Model YK (Style G) R-134a (37).

Kompressorijäähdytyksellä, jossa on useita tehoportaita, voidaan koneellinen jäähdytys toteuttaa mahdollisimman taloudellisesti. Taajuusmuuttajakompressoreiden kylmäkerroin eli COP-arvo ei poikkea täyden tehon kylmäkerroimesta. Tällöin yhdellä kompressorisyksiköllä ajetaan 10–100 %:n teholla ja kun tehontarve kasvaa yli 100 %:n, käynnistetään toinen kompressorisyksikkö rinnalle jäähdyttämään. Molemmat jäähdytysyksiköt ajetaan toimimaan samalla osateholla kuin verkon jäähdytyskuorman tarve. Jäähdytysyksiköjä käynnistetään lisää edellä kuvatulla tavalla jäähdytyskuorman kasvun mukaan. (21.)

Kompressorijäähdyttimien lauhdutus toteutetaan epäsuoralla järvivesikytkennällä ja lauhduttimina käytetään putkilämmönsiirtimiä järvivedessä ja levylämmönsiirtimiä kaukojäähdytysvedessä. Lämmönsiirtimien materiaalina voidaan käyttää kuparia, joka on huomattavasti halvempi, kuin suoralla järvivesikytkennällä toteutettaessa tarvittava titaani. Putkilämmönsiirtimissä ei voida käyttää levylämmönsiirtimissä yleisesti käytettyä haponkestävää terästä (AISI 316), koska se ei kestä lämpötilavaihteluiden aiheuttamaa lämpölaajenemista. Putkilämmönsiirrin on parempi vaihtoehto järvivedelle, koska se kestää paremmin epäpuhtauksia, joita järviveden mukana saattaa suodatuksenkin jälkeen esiintyä. Kaukojäähdytyspuolella kiertää puhdas vesi, joten levylämmönsiirtimen käyttö on mahdollista. Vapaajäähdytyksessä ja kompressorijäähdytyksen lauhdutuksessa käytetään samoja järvivesilämmönsiirtimiä. Tällöin hyödytään vapaajäähdy-

tyksen ja lauhdutusluippujen eriaikaisuudesta ja lämmönsiirrinkapasiteetti ja -määrä saadaan minimoitua. Lauhdutuspiirin putkimateriaalina käytetään hiiliterästä ja pääputkikoko on DN500. Järviveden laitosputkistoksi suositellaan tehtäväksi lasikuidulla eli vinyliesterillä (VE). Pääputkikoko tulee olemaan DN700. (21.)



Kuva 9. Kaukojäähdytysjärjestelmän alustava virtauskaavio (21).

Kaukojäähdytyskeskukselle tarvitaan rakentaa laittila, johon sijoitetaan kompressorijäähdyttimet putkistoiheen, tarvikkeineen ja pumppuineen, tarvittavat vapaajäähdytyslaitteistot sekä sähkö- ja automaatiolaitteet. Alustavan laitossuunnittelun pohjalta tilan kokonaismitat on oltava vähintään 26 m x 16 m. Layoutissa on huomioitu laitteiden minimihuoltotilat sekä tulevaisuuden laajennusmahdollisuudet. Huoltotiloja varataan niin paljon, että kompressorijäähdyttimien putkilämmönsiirtimet pystytään purkamaan tarvittaessa. Tarkempi layoutsuunnittelu tulee tehdä valittavien laitteiden mukaan sekä suunnitelmaan on piirrettävä myös pääputkistot venttiileineen. Mikäli järviveden oppopumput sijoitetaan samaan kaukojäähdytyskeskukseen, tulee rakennuksen mittoja kasvattaa 50–100 m²:n verran. (21.)

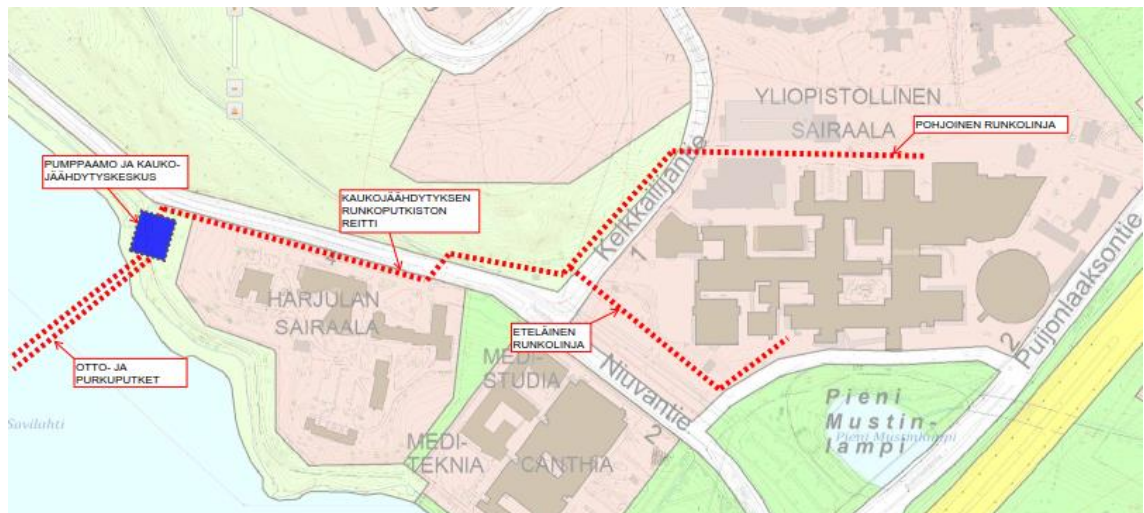
Kaukojäähdytyskeskusta ja sen toimintaa varten tarvitaan myös LVIAS-tekniikkaa. Pelkästään kompressoreiden sähkömoottorien tehontarve on yli 1,1 MW ja koko jäähdytysjärjestelmän sekä kiinteistön sähkötehontarve noin 2,4 MW. Alustavan suunnitelman mukaan kaukojäähdytyskeskuksen prosessisähkön syöttö toteutetaan omalla liittymällä ja 690 V:n järjestelmällä. Vaikka KYS Puijon sairaalasta vapautuu sähkötehoa kiinteistökohtaisten jäähdytysjärjestelmien purkautuessa pois käytöstä, on kaukojäähdytyskeskuksen sähköistys järkevämpi toteuttaa uudella liittymällä ja kaukojäähdytyksen toimittajan kustannuksella. Kaukojäähdytyskeskukselle on suunniteltu 20 kV:n pääkojeisto. Laitteiston häiriöttömän toiminnan takaamiseksi jäähdytyskeskukseen sijoitetaan kaksi 690 V:n kojeistoa. Lisäksi kiinteistösähköä varten varataan yksi 400 V:n kojeisto sekä kaksi 20 kV:n / 690 V:n muuntajaa varmuuden ja käytettävyyden takia. (21.)

Kaukojäähdytysjärjestelmän automaation hoitamiseen tarvitaan valvomo- ja automaatiojärjestelmä kenttälaitteineen. Automaatiojärjestelmä varustetaan kaukokäyttömahdollisuudella. Tarvittavat automaatiojärjestelmän valvonta-alakeskukset (VAK) sijoitetaan kaukojäähdytyskeskuksen yhteydessä olevaan sähkötilaan. Automaatiojärjestelmän tehtävänä on hoitaa prosessiin liittyvät säädöt, ohjaukset, valvonnat, suojaukset sekä raportoinnit tarvittavilta osin. Kompressorijäähdyttimissä on jokaisessa oma ohjauskeskus ja niissä laitteen oman automaation näyttöpaneeli. Ohjauskeskusten tiedot, ohjaukset ja hälytykset kootaan yhteiseen automaatiojärjestelmään. Kaukojäähdytyskeskuksen automaatiojärjestelmää hallitaan kaukokäyttöisesti keskusvalvomosta tai vastaavasta, jossa on jatkuva miehitys läpi vuorokauden. Tästä järjestelystä vastaa kaukojäähdytyksen toimittaja. (21.)

Kaukojäähdytyskeskuksen turvallisen ja oikeanlaisen toiminnan takaamiseksi tarvitaan myös kiinteistölle LVIAS-tekniikkaa. Tila on varustettava lämmityksellä, ilmanvaihdoilla ja tarvittaessa jäähdytyksellä sopivien sisäilmasto-olosuhteiden saavuttamiseksi. Konehuoneessa on oltava vesipiste, viemärointi ja tarvittava kiinteistösähkö valaistuksen ja muun sähkönkäytön takaamiseksi. Kylmäainesäädösten mukaan tila on myös varustettava kylmäainevuotovahdilla kylmäainetäytösmäärän mukaisesti. Kiinteistön LVIS-tekniikan tarvitsema automaatio sisällytetään kaukojäähdytyksen automaatiojärjestelmään. (21; 29.)

6.2 Kaukojäähdytyksen runkolinjasto

Kaukojäähdytyskeskukselta lähtevän jäähdytyksen runkolinjaston asennus kuuluu kaukojäähdytyksen tuottajan eli Kuopion Energian tehtäväksi. Kaukojäähdytysputkistojen urakkaraja tuottajan ja tilaajan välillä sijaitsee rakennuksen sisääntulokohtalla. Rakennusten sisäpuolisten putkien toteutuksesta vastaa tilaaja. Kuopion Energia toimittaa sisäpuolisiin putkistoihin kaukojäähdytyksen mittauskeskukset. Reititys kulutuskohteisiin ohjeistetaan KYS Puijon sairaalan toimesta sairaalan tontin alueella. Alustava putkireititys on esitetty kuvassa 10 sekä liitteessä 2.



Kuva 10. Putkireititys kaukojäähdytyksen tuotantolaitokselta KYS Puijon sairaalalle.

Päärungosta haaroitetaan runkolinjastoja sairaalalle kaksi kappaletta. Lukumäärä voi tarkentua vielä suunnittelun edetessä sekä sairaalan tontin muun tekniikan aiheuttamien haasteiden selvityksessä. Alustavasti sairaalan pohjoisosaa varten tarvitaan runkolinjasto, josta otetaan jäähdytysteho seuraavasti:

- PEKO 1 -vaihe, päivystyksen peruskorjaus ja ISLAB 1,8 MW
- PEKO 2 -vaihe 2 MW
- PEKO 3 -vaihe 1,5 MW
- Kaarisairaala 2,9 MW
- Sädesairaala 1,4 MW
- Sädeparkki ja datacenter 2 MW.

Runkolinjasto mitoitetaan 11,6 MW:n teholle, ja sitä vastaava putkikoko on DN500.

KYS Puijon sairaalan etelä- ja länsipuolen rakennuksille sekä Pääsairaalalle tuodaan oma runkolinjasto. Eteläpuolen liittymän alustava reitti kulkee henkilöstön pysäköinti-alueen kautta pääaulan ja opetusrakennuksen välistä Pääsairaalalle. Etelä- ja länsipuolen rakennusten runkolinjastosta otetaan jäähdytysenergiaa seuraavasti:

- PEKO 4 -vaihe 1,5 MW
- PEKO 5 -vaihe 2 MW
- Rakennus 11 0,5 MW
- Rakennus 12 0,4 MW.

Runkolinjasto mitoitetaan 4,4 MW:n teholle, ja sitä vastaava putkikoko on DN250. Rakennuksen 13 jäähdytys on mahdollista ottaa suoran Kelkkailijan tieltä kulkevasta päärunkolinjasta. Jäähdytystarve rakennuksessa 13 on 0,75 MW. Sitä vastaava putkikoko on DN150.

Kaukojäähdytyksen runkolinjasto rakennetaan hitsattavista teräsputkista P235GH. Putket ovat valmiiksi polyuretaanieristettyjä ja niiden pinnoitteena on PE-muoviputki. Kaukojäähdytysputkien polyuretaanieristykset tehdään maksimissaan eristyssarjan 21 mukaisesti. Runkolinjaston peittosyvyys on 700 mm. (11.)

KYS Puijon sairaalan rakennusosien väliset piha-alueet eivät ole kaukojäähdytyksen runkoputkistojen asentamiselle helppoja paikkoja. Sairaala sijaitsee Puijon välittömässä läheisyydessä, eli kallio on lähellä maanpintaa. Louhintatöitä tarvitaan suurella todennäköisyydellä putkikaalien tekovaiheessa. Räjähdytystyöt aiheuttavat riskejä sairaalan normaalille toiminnalle. Esimerkiksi kuvantamisen laitteet ovat erittäin herkkiä tärinälle. Niiden käyttö ei ole räjäytysten aikana mahdollista, vaan räjäytykset on aikataulutettava ja sovittava tarkasti vaikutusalueen osastojen kanssa. Piha-alueille on asennettu sairaalan rakennustöiden yhteydessä paljon talotekniikkaa: kaukolämpöä, kiinteistö- ja sadevesiviemäroinnit, vesijohtoja sekä sähkö- ja tele- ja tietoliikennekaapelointia. Näiden sijainnit on esitetty asemapiirroksissa. Kaikkia kaivutöitä ennen piha-alueilla on tehtävä kaapelikartoitukset. Mikäli esimerkiksi sairaalan tietoliikennekaapeli kaivetaan poikki, eivät vahingot kohdistu pelkästään Puijon sairaalan tontille, vaan koko sairaanhoitopiirin alueelle. Oman haasteensa piha-alueiden kaivutöille tekee myös sairaalan 24/7 toiminta. Piha-alueilla on aina huomioitava potilasliikenteen sujuvuus sekä kaivutöille vallattujen alueiden korvaavat tilat. Esimerkiksi henkilökuntapysäköintialuetta ei

voida ottaa työn alle kuin pieneltä alueelta kerrallaan, koska sairaalan alueella ei ole väistötiloja pysäköinnille.

6.3 Uusien jäähdytysjärjestelmien toteuttaminen

Uudiskohteita ja peruskorjauksia suunniteltaessa tulee ottaa huomioon kaukojäähdytykselle varattavat tekniset laitetilat. Jos mahdollista, tekninen laitetila sijoitetaan rakennukseen siten, että liityntäputkistot kaukojäähdytysrungosta ovat mahdollisimman lyhyet. Kaukojäähdytyksen tekninen laitetila sijoitetaan samaan paikkaan rakennuksessa kuin muut yhdyskuntateknisten järjestelmien laitetilat (kaukolämpö, sähkö, vesi, tietoliikenne ym.). Tämä mahdollistaa liittymisjohtojen ja -kaapeleiden sijoittamisen suojaetäisyydet huomioiden yhteiseen kaivantoon. KYS Puijon sairaalan osalta edellä mainitut vaateet eivät ole kaikkien rakennusosien osalta helposti toteutettavissa. Piha-alueilla on paljon talotekniikkaa, jotka rajoittavat kaivantojen sijoituksia. Sairaala on rakentunut tiiviisti vuosien saatossa nykyisen Pääsairaalan ympärille. Kaikkien rakennusosien luo ei välttämättä päästä piha-alueilta, vaan kaukojäähdytysputket joudutaan sijoittamaan ympäröivien rakennusosien sisätiloihin. Peruskorjauksien luonteesta riippuen tekniset laitetilat eivät välttämättä muutu nykyisiltä sijainneiltaan, vaan säilyvät esimerkiksi IV-konehuoneiden yhteydessä. Arkkitehtisuunnittelun ohjauksella pyritään vaikuttamaan teknisten laitetilojen sijoitukseen suunnitteluvaiheissa. (30.)

Teknisen laitetilän suositellaan olevan vähintään 20 m²:n suuruinen, mutta tilantarpeet tulee kuitenkin tarkastella tilaan sijoitettavien laitteiden ja niiden vaatimien huoltotilojen mukaisesti. Kaukojäähdytyksen toimittaja tuo laitetilaan mittauskeskuksen, joka sijoitetaan liittymisjohtoon ennen muita asennuksia. Mittauskeskukselle on varattava huoltotilaa etupuolelle 800 mm sen koko pituuden matkalle ja 2 000 mm vapaata korkeutta. Mittauskeskusten pituudet vaihtelevat liittymistehon mukaan 1 800–2 500 mm. Muille laitteistolle on hyvä varata huoltotilaa vähintään 600 mm, ja siirtimet ja pumput tulee sijoittaa siten, että ne ovat helposti vaihdettavissa. Sähköturvallisuusmääräykset määrittelevät sähkölaitteiden tarvitsemat huoltotilat. Laitetilat tulee varustaa tarpeenmukaisella ilmanvaihdolla, lämmityksellä, vesipisteellä, viemäröinnillä, valaistuksella, tiedonsiirrolla ja yleissähköllä. (30.)

Kuopion Energia toimittaa KYS Puijon sairaalan käyttöön +8 °C:n jäähdytysvettä. Kaukojäähdytyksellä toisiopuolen mitoituslämpötiloina käytetään pääsääntöisesti,

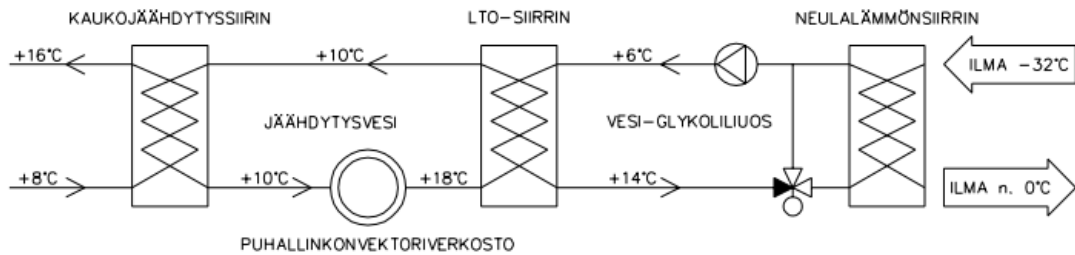
- huonejäähdytysverkostoissa +15°C / +18°C
- laitejäähdytysverkostoissa +10°C / +18°C
- ilmanvaihdon jäähdytysverkostoissa +10°C / +15°C.

Laite- ja ilmanvaihdon jäähdytysverkostoissa on syytä tapauskohtaisesti tarkastella toisiopuolen mitoituslämpötiloja mm. laitevalinnat ja järjestelmät huomioiden. (31.)

Uusien jäähdytysjärjestelmien mitoittaminen tehdään suunnittelutoimistossa KYS Puijon sairaalan ohjeistuksien sekä rakentamismääräyskokoelmien mukaisesti, jotta sairaalan sisäilmastovaatimukset saadaan toteutettua. Rakentamismääräyskokoelmien määräykset ja ohjeet eivät ole kaikilta osin niin vaativia kuin sairaalan ohjeet. Yleisenä linjauksena on, että kaikki potilastilat tullaan jatkossa varustamaan jäähdytyksellä. Kaukojäähdytyksen esiselvitystyön yhteydessä määriteltiin kunkin rakennusosan jäähdytystehontarpeet parhaan mahdollisen arvion mukaisesti. Tällä hetkellä KYS Puijon sairaalassa on käytettävissä vedenjäähdytystehoa yli 11 MW. Syksyllä 2014 tehdyssä esiselvityksessä uudis- ja peruskorjaushankkeiden valmistuttua jäähdytystehontarpeeksi arvioitiin 18,7 MW. Tällä hetkellä jäähdytystehontarpeen arvioidaan olevan 16,75 MW. Muutos selittyy PEKO 1–3 -vaiheiden tehontarpeiden tarkentumisista ja esiselvityksessä tapahtuneista jäähdytyksien päällekkäisyyksistä rakennusosittain. Lopulliset jäähdytystehontarpeet tarkentuvat peruskorjausten vaiheistuksien mukaan hankkeiden ja suunnittelun edetessä. (30.)

KYS Puijon sairaalan rakennuksien jäähdytysverkostot tullaan toteuttamaan useilla pienemmillä jäähdytyspiireillä, jotka on erotettu kaukojäähdytyksen runkolinjastosta lämmönsiirtimillä. Parhaillaan menossa oleva PEKO 1 -vaihe toimii pilottikohteena kaukojäähdytyksen osalta. Jäähdytysjärjestelmät suunnitellaan ja toteutetaan tulevan kaukojäähdytyksen vaatimusten mukaisesti ja siihen soveltuvilla lämpötiloilla. 1,8 MW:n jäähdytysteho jakaantuu kahdeksaan erilliseen jäähdytyspiiriin. Jäähdytyspiirien koot vaihtelevat 35 kW:sta 300 kW:iin. Yksi piireistä palvelee puhallinkonvektoriverkostoa ja loput ilmanvaihdon jäähdytystä. Ilmanvaihdon jäähdytyspiiriin olisi voinut toteuttaa yhtenä suurena järjestelmänä, mutta järjestelmän säädettävyys ja hallittavuus olisi vaikeutunut. PEKO 1 -vaiheen kautta kulkeva runkolinja on mitoitettu 3,8 MW:n jäähdytysteholle, koska samasta rungosta otetaan jäähdytysenergiaa Päivystyksen peruskorjauksen, ISLAB 3A ja PEKO 2 -vaiheen hankkeiden toteutukseen.

PEKO 1 -hankkeessa ympärivuotisesti toimivien jäähdytystilojen, joita ovat höyrykeskus, teletilat ja sähkölaitetilat, hyödynnetään puhallinkonvektoriverkoston jäähdytyksen paluuvettä tuloilman esilämmittämiseen raitisilmakammioissa. Raitisilmakammioihin asennetaan neulalämmönsiirtimet. Lämmöntalteenottojärjestelmä koostuu lämmön- ja neulalämmönsiirtimistä. Ensiöpuolella kiertää jäähdytyksen paluuvesi ja toisiopuolella vesi-glykoliseos jäätymisen estämiseksi (kuva 11).



Kuva 11. Tuloilman esilämmityksen LTO-kytkennän periaatekuva.

Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri on linjannut, ettei kaukojäähdytyksen rinnalle rakenneta erillisiä vedenjäähdytyslaitteita varajäähdytystä varten. Kriittisimmät jäähdytyskohteet PEKO 1 -hankkeessa on varmistettu raakavesijäähdytysjärjestelmällä. Kriittisiksi laitteiksi on määritelty puhallinkonvektoriverkoston kuuluvat leikkaustilojen teletilat sekä kuvantamisen laitejäähdytykset. Päivystyksen peruskorjauksen alueelle tulee tietokonetomografinen kuvantamislaitte. Tämä laite varustetaan raakavesijäähdytyksellä. Ilmastoinnin jäähdytykselle ei rakenneta varajärjestelmiä.

6.4 Nykyisten jäähdytysjärjestelmien korvaaminen kaukojäähdytyksellä

KYS Puijon sairaalan alueella on tällä hetkellä 31 vedenjäähdytintä, joiden jäähdytyspiirit tullaan muuttamaan kaukojäähdytykselle viimeistään laitteiden teknisen käyttöiän tulla loppuun. Samalla kun vedenjäähdytin korvataan yhdellä tai useammalla levylämmönsiirtimellä, tulee tarkastella jäähdytyspiirin putkiston kuntoa ja sen kapasiteettia tarpeenmukaiseen jäähdytysenergian siirtoon. Vedenjäähdyttimien tekninen käyttöikä on noin 20 vuotta ja samaa pätee myös pumppuihin, venttiileihin ja kiinteistöautomaatioon. Vedenjäähdyttimet, jotka sijaitsevat tulevilla peruskorjausalueilla, tullaan korvaamaan kaukojäähdytyksellä peruskorjauksien edetessä, vaikka teknistä käyttöikää olisi vielä jäljellä. Samassa yhteydessä uusitaan jäähdytyspiirit kokonaisuudessaan ja ne suunnitellaan tulevaa tarvetta vastaaviksi. Edellisten kolmen vuoden aikana

on KYS Puijon sairaalan tontille valmistunut viisi uudisrakennusta sekä muutama suurempi uudistushanke, joissa on yhteensä 16 vedenjäähdytintä. Näiden korvaaminen kaukojäähdytyksellä ajoittuu 2030-luvulle, ellei tiloissa tai jäähdytystarpeissa tapahdu mittavia muutostarpeita. Nykyisten vedenjäähdytyskoneiden sijainnit on esitetty liitteessä 3.

Vanhojen vedenjäähdytysjärjestelmien korvaamisessa kaukojäähdytyksellä käytetään samoja toteuttamisperusteita kuin edellisessä luvussa kuvatussa uusien järjestelmien toteuttamisessa. Jäähdytyspiireistä ei tehdä suuria, yhden lämpötilatason järjestelmiä. Jäähdytyspiireille mitoitetaan levylämmönsiirtimet oikeilla lämpötiloilla ja tarpeen mukaisilla jäähdytystehoilla. Lisäksi huomioidaan ensiöpuolelle varaukset tapauskohtaisesti määritettävälle lisäteholle.

Vanhojen järjestelmien uusimisessa tulee huomioida jäähdytysjärjestelmässä olevien jäähdytyslaitteiden soveltuvuus lämpimämmälle vedelle. Nykyiset vedenjäähdyttimet on mitoitettu +7 °C:n vedelle ja kaukojäähdytyksellä on saatavissa +10 °C:n lämpöinen vesi. Jäähdytyksen huipputeho pienenee tällöin noin 25 %.

Rakennusautomaatiojärjestelmiin joudutaan tekemään muutoksia vedenjäähdyttimen korvautuessa kaukojäähdytyslämmönsiirtimellä. Vedenjäähdyttimessä on itsessään säädin, joka ohjaa laitteen toimintaa tarvittavan jäähdytystehon ylläpitämiseksi. Rakennusautomaatioon on vedenjäähdyttimeltä viety ohjaus-, indikointi-, säätö- ja hälytystiedot. Kaukojäähdytyksessä ohjaustieto muuttuu rakennusautomaation taakse. Lisäksi tarvitaan mittaus- ja hälytystiedot sekä säätöventtiileiden ohjaus. Pisteiden lukumäärä säilyy lähes samana ja tarvittavat muutostyöt ovat pieniä. Muutostöiden yhteydessä on kuitenkin syytä tarkastella koko rakennusautomaation päivittämistä. 20 vuotta on teknisesti käyttöikänsä rakennusautomaatiolle ja elektroniikalle suuri järjestelmien ja komponenttien nopeasta kehitymisestä johtuen. (35.)

6.5 Kaukojäähdytykseen liittymisen aikataulu ja vaiheistus rakennusosittain

KYS Puijon sairaalan pitkäaikaissuunnitelman (kuva 12) mukaisesti työt ulottuvat vuoteen 2026 saakka. Tällöin koko sairaala on käynyt läpi merkittävän uudistamisohjelman, ja se on päivitetty vastaamaan tämän päivän vaatimuksia sairaalamailmassa. Mikäli kaukojäähdytykseen liittyvä vesilain mukainen hakemus viileän veden käyttämi-

sestä jäädyttämiseen hyväksytään, alkaa kaukojäähdytyksen suunnittelu, tonttiasiat ja hankintojen kilpailutus syksyllä 2016. Rakennustyöt järvidesipumppaamon, putkistojen ja kylmälaitteiston osalta on tarkoitus aloittaa viimeistään 2017 syksyllä. Rakennustöiden on arvioitu kestävän 1–2 vuotta, eli Kallaveden viileää vettä olisi jäädytykseen käytettävissä alustavasti 2018–2019. (9; 11.)



Kuva 12. KYS Puijon sairaalan pitkäaikaissuunnitelma (9).

Tällä hetkellä on menossa peruskorjauksen ensimmäinen vaihe eli PEKO 1 -hanke, päivystyspoliklinikan peruskorjaus ja ISLAB 3A -hanke. Näiden tarvitsema jäähdysteho sisältäen laajentumisvarauksen sairaalan 1A- ja 1R-alueille on 3,8 MW. Hankkeet valmistuvat alkuvuodesta 2017. Suunnitelmissa on huomioitu kaukojäähdytyksen vaatimukset. Välivaiheessa ennen kaukojäähdytysjärjestelmän valmistumista jäähditys hoidetaan Kuopion Energia Oy:n toimesta paikalle tuotavalla, siirrettävällä jäähdityskoneistolla. Kuopion Energia Oy on aloittamassa koneiston hankinnan ja tarkoitus on saada uusi koneisto KYS Puijon sairaalan tontille jäädyttämään lokakuussa 2016, kun hankkeiden koekäytöt ovat alkamassa. Siirrettävä jäähdityskoneisto tulee olemaan noin 1,5–2 MW:n tehoinen. Tarvittaessa on varauduttu toisen siirrettävän laitteiston hankintaan ja sijoittamiseen tontille välivaiheen ajaksi. Mikäli kaukojäähdytyshanke kariutuu syystä tai toisesta, lunastaa Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri jäähdityskontin itselleen jäädytyksen turvaamiseksi ko. alueelle.

Peruskorjauksen toinen vaihe eli PEKO 2 kattaa rakennusosan 1A itäisen sivun peruskorjaamattomat alueet ja 1B PEKO 1 -vaiheen aikana tekemättä jäävän Sydänvalvon-

taosaston alueet. Rakennusosasta 1A on peruskorjattu aiemmin 2010-luvulla pääaulan ja ISLAB:n näytteenoton alueet. Pitkäaikaissuunnitelmassa näiden alueiden peruskorjaukset ajoittuvat vuosille 2016–2018. 1A:n poliklinikoiden osalta aloitusajankohta tarkentuu, kun väistötila-asiat saadaan ratkaistua. Vielä on epäselvää, peruskorjataanko poliklinikat PEKO 2- vai PEKO 5 -vaiheessa.

Vuonna 2018 aloitetaan peruskorjauksen kolmas vaihe, joka kestää vuoteen 2021 saakka. PEKO 3 aloitetaan 1B:n itäisestä vuodeosastosiivestä, jonka valmistuttua jatketaan läntisestä vuodeosastosiivestä. Rakennusosat on rakennettu 1980-luvulla, ja niissä on kahdeksan kerrosta. Suunnitelmissa on vielä kaksi vaihtoehtoa peruskorjaukselle; säilytetään vanha runko tai puretaan se kokonaan pois ja rakennetaan uudisrakennukset tilalle. Lisäksi peruskorjausalueeseen kuuluu rakennusosa 1P.

PEKO 4 pitää sisällään nykyisen Pääsairaalan eli 1950-luvulla rakennetun alkuperäisen KYS Puijon sairaalan. Pääsairaalan julkisivu on Museoviraston suojelema. Peruskorjaus aloitetaan vuonna 2022, ja se kestää vuoteen 2024 saakka. Kun Pääsairaalan peruskorjaus on tehty, aloitetaan PEKO 5 -vaihe. Se sisältää rakennusosan 1A, Opetusrakennuksen, Auditorion ja rakennusosan 1R korjaamattomien osuuksien peruskorjauksen. Työt on ajoitettu vuosille 2024–2026.

Jäähdytyksien osalta peruskorjauksien vaiheistus tulee huomioida runkolinjojen teko- vaiheessa riittäväillä varaussulkuventtiileillä, jotta jäähdytyslinjoja voidaan helposti jatkaa työmaiden edetessä tuleville jäähdytyskonehuoneille ilman jäähdytyksen katkoksia. Reitityksissä päädyttäneen runkolinjojen osalta kahteen, pohjoiseen ja eteläiseen jäähdytyksen päärunkolinjaan. Vasta tarkemman arkkitehtisuunnittelun jälkeen voidaan ratkaista mistä kautta jäähdytysputkistot kulkevat rakennusosista toiseen. Peruskorjauksen vaiheistuskartta ja runkolinjojen alustavat kulkureitit on esitetty liitteessä 4.

6.6 Investointi-, käyttö- ja kunnossapitokustannukset ja kannattavuuslaskelmat

Greenfield Consultingin laskelmien mukaan keskitetyn jäähdytysjärjestelmän investointikustannukset tulevat olemaan 11,3 miljoonaa euroa. Investointikustannukseen on sisällytetty 20 %:n hankevaraus. Kaukojäähdytyksen tuotantolaitteiston kustannukset perustuvat kompressorijäähdyttimiä valmistavalta Johnson Controlsilta saatuun budjettitarjoukseen sekä aikaisempaan kokemukseen vastaavista hankkeista. Kustannusarvio ei ole tässä vaiheessa täysin tarkka, mutta hintataso on kohdallaan. (21.)

Kiinteistökohtaisen eli nyt käytössä olevan jäähdytyksen kustannukset on mallinnettu Greenfield Consultingin toimesta KYS Puijon sairaalan asiantuntijoiden antamien lähtötietojen pohjalta. Laskelmissa ei ole oletettu, että kaukojäähdytykseen liittyminen toisi taloudellista hyötyä KYS Puijon sairaalalle. Tällaisia hyöty- tai lisäarvoja voisivat olla esimerkiksi kiinteistökohtaisten jäähdytyslaitteiden purkamisesta vapautuneet tilat niin konehuoneissa kuin vesikatollakin. Näiden tilojen hyödyntäminen järkevästi voi kuitenkin olla sairaalarakennuksissa vaikeaa, mutta massiivisten peruskorjausten myötä esimerkiksi ilmanvaihtotarpeen kasvaessa voidaan vapautuneisiin tiloihin sijoittaa ilmanvaihtokoneita tai niihin liittyviä putkistoja ja lämmöntalteenottojärjestelmiä. Vaikka kiinteistökohtainen vedenjäähdytin poistuukin, joudutaan sen tilalle sijoittamaan kaukojäähdytyksen lämmönsiirrin eli vapautuvat tilat ovat pieniä. Kaukojäähdytykseen liittymisen myötä KYS Puijon sairaalan imago ympäristöystävällisempänä yliopistosairaalana todennäköisesti kasvaa, koska kaukojäähdytystä tuotetaan jopa 85 %:n osalta vapaajäähdytyksellä.

Laskelmissa on huomioitu myös kiinteistökohtaisen jäähdytyksen laitteiden korvausinvestoinnit asennusvuosien ja teknisten käyttöikien mukaisesti. Osa laitteista ehditään korvaamaan kaksi kertaa laskelmien 30 vuoden laskenta-aikana, mutta kaukojäähdytyslaitteiston järjestelmät ja laitteet korvataan vain kerran. Esimerkiksi kaukojäähdytysputkistoa ei tarvitse korvata lainkaan pitkän teknisen käyttöiän ansiosta. Laskelmissa nämä on huomioitu määriteltäessä jäännösarvoa. Kaikkiin kustannuksiin on huomioitu 20 %:n hankevaraukset. Kaikille järjestelmille ja laitteille on laskettu jäännösarvot teknisten käyttöikien perusteella olettamalla niiden arvojen laskevan lineaarisesti. Taulukoon 6 on koottu Greenfield Consultingin laskelmat.

Taulukko 6. Kaukojäähdytyksen ja kiinteistökohtaisen jäähdytyksen kokonaisinvestointikustannusten vertailu (21).

Investointikustannukset	Kaukojäähdytys	Kiinteistökohtainen jäähdytys
Kaukojäähdytysverkko	683 000 €	-
Mittauskeskukset	121 000 €	-
Konttijäähdyttimet	589 000 €	-
Tuotantojärjestelmä	10 651 000 €	13 941 000 €
- prosessi ja kone	5 057 000 €	6 672 000 €
- järvivesilinja	1 603 000 €	-
- rakennus	1 185 000 €	573 000 €
- sähköistys	785 000 €	2 949 000 €
- prosessiautomaatio	900 000 €	2 042 000 €
- LVIA	896 000 €	1 441 000 €
- ympäristö, turvallisuus, luvat	121 000 €	128 000 €
- projektin johto	104 000 €	136 000 €
Vältetty kustannus	-	-1 355 000 €
- alajakokeskukset	-	- 862 000 €
- sisäinen jakeluverkosto	-	- 450 000 €
- automaation muutostyöt	-	- 43 000 €
Kaukojäähdytyksen tuoma lisäarvo	-	-
Hankevaraus 20 %	2 409 000 €	2 517 000 €
Jäännösarvo (30 vuotta)	5 847 000 €	6 057 000 €
Yhteensä (ilman jäännösarvoa)	14 453 000 €	15 104 000 €
Yhteensä (vähennettynä jäännösarvo)	8 606 000 €	9 047 000 €

Laskelmien perusteella kaukojäähdytyksen investointikustannukset ovat noin 4,9 % pienemmät koko 30 vuoden laskenta-ajalta huomioiden niin jäännösarvot kuin kiinteistökohtaiset jäähdytyksetkin. (21.)

Käyttö- ja kunnossapitokustannuksia vertaillaessa kaukojäähdytys tulee huomattavasti edullisemmaksi kuin kiinteistökohtainen jäähdytys. Sähköenergian ja sähkön siirron kustannukset ovat yli kuusinkertaiset Greenfield Consultingin laskelmien mukaan kiinteistökohtaisessa jäähdytyksessä kaukojäähdytykseen verrattuna 30 vuoden laskenta-ajalla. Huoltokustannukset ovat hieman edullisemmat kiinteistökohtaisessa jäähdytyksessä, mutta kokonaisuutena kaukojäähdytyksen vuosittaiset käyttö- ja kunnossapitokustannukset ovat 71 % pienemmät. (21.)

Greenfield Consultingin kannattavuuslaskelmien mukaan kaukojäähdytyksellä jäähdytysenergian hinta on 61,1 €/MWh ja kiinteistökohtaisessa jäähdytyksessä 56,9 €/MWh. Kokonaistuotantokustannukset ovat siis noin 7 % kalliimmat kaukojäähdytyksellä. Merkittävimmin tähän vaikuttaa investointikustannusten painottuminen hankkeen ensimmäisiin

mäisille vuosille, mikä nostaa investointikustannusten merkitystä kokonaistuotantokustannuksissa. Verrattaessa kokonaistuotantokustannuksia on investointikustannusten osuus kaukojäähdytyksessä 89 %. Vastaavasti kiinteistökohtaisessa jäähdytyksessä osuus on 62 %. Kiinteiden vuosikustannusten (sähkönsiirto, vuosihuollot) osuus kokonaistuotantokustannuksista on kaukojäähdytyksessä 6 % ja kiinteistökohtaisessa jäähdytyksessä 11 %. Vastaavasti muuttuvien vuosikustannusten (sähköenergia, määräaikaishuollot) osuus kokonaistuotantokustannuksista on kaukojäähdytyksessä 5 % ja kiinteistökohtaisessa jäähdytyksessä 27 %. Kannattavuuslaskelmien mukaan 30 vuoden laskenta-ajalla ja 5 %:n laskentakorolla sekä valituilla myyntihinnoilla kaukojäähdytys voidaan todeta kannattavaksi. Investoinnin nettonykyarvo on 88 000 €, sisäinen korko 5,1 % ja laskennallinen takaisinmaksuaika 29,9 vuotta. (21.)

KYS Puijon sairaalan asiantuntijat laativat omat laskelmat, joissa huomioitiin meneillään olevan PEKO 1 -vaiheen ja jo toteutuneen Kaarisairaalan jäähdytyksien hankintakustannuksia sekä toteutuneita käyttö- ja huoltokustannuksia. Osa lukemista on parhaita mahdollisia arvioita, ja niiden suuruus on pyritty arvioimaan mahdollisimman todelliseksi. Laskelmat on tehty 1,8 MW:n jäähdytysteholla, joka vastaa todellista jäähdytystehontarvetta PEKO 1 -vaiheen työmaalla. Vertailulukuina on käytetty Greenfieldin Consultingin esittämiä, alustavia kaukojäähdytyksen liittymis-, vuosi- ja energiamaksuja. 1,8 MW:n jäähdytyslaitteiston hankintakustannukset ovat laitteistojen, sähköjen, rakennuksen, perustuksien ja kylmäkonehuoneen LVI-tekniikka mukaan lukien 350 000 €. Vastaavantehoisen kaukojäähdytysratkaisun liittymismaksut ovat 432 000 € liittymismaksun ollessa 240 €/kW. Lisäksi tarvitaan lämmönsiirtimet pumppuineen ja putkistoineen sekä tarvittavat sähkö- ja automaatiojärjestelmät. Kokonaiskustannukseksi saatiin 552 000 €. Laskelmien perusteella perinteinen kiinteistökohtainen jäähdytys olisi hankintakustannuksiltaan 36,6 % halvempi kuin kaukojäähdytys.

Kulutuslaskelmissa on koneellisen jäähdytyksen käyttötarpeeksi arvioitu 100 päivää vuodessa ja 10 tuntia vuorokaudessa. Laskelmissa on tarkasteltu ilmanvaihdon tarvitsemää jäähdytystä sekä tilajäähdytyksiä. Vapaajäähdytyksen on arvioitu riittävän 7 kuukauden ajaksi vuodessa. Koneellisen jäähdytysenergian tarpeeksi laskettiin noin 498 MWh ja vapaajäähdytyksen tuotoksi noin 108 MWh vuodessa. Toimiessaan kylmäkertoimella 3 vedenjäähdytyskoneet kuluttavat vuoden aikana sähköenergiaa noin 166 MWh. Huoltoihin arvioitiin kuluvan rahaa 10 000 € vuodessa, mikä on enemmän kuin toteutuneet huoltokustannukset edellisten vuosien aikana. Sähköenergian maksaessa 100 €/MWh, tulee perinteisen jäähdytyksen vuosikustannukseksi 26 600 €. Kau-

kojäähdytyksessä KYS Puijon sairaala joutuu maksamaan kulutetusta jäähdytysenergiasta sekä tehokohtaisesta vuosimaksusta. Jäähdytysenergian hinta on 25 €/MWh ja vuosimaksu on 28 €/kW. Energian hinnaksi tulee 15 165 € ja vuosimaksuksi 50 400 € eli yhteensä 65 565 €. Energian hinta ja vuosimaksu sisältävät huoltokustannukset kaukojäähdytyslaitteistolle, mutta eivät sisäisen verkoston mahdollisesti tarvittavia huoltoja ja korjauksia. Laskelmien perusteella perinteinen kiinteistökohtainen jäähdytys olisi käyttökustannuksiltaan 59,4 % halvempi kuin kaukojäähdytys.

Kaarisairaalassa jäähdytys toteutettiin viidellä vedenjäähdytyskoneella, jotka palvelevat neljää erillistä jäähdytysverkostoa. Vedenjäähdytysjärjestelmien jäähdytystehontarve on 2,9 MW. Verrattaessa toteutuneita kustannuksia kaukojäähdytysvaihtoehtoon päädyttiin laskelmissa 12,1 % halvempaan hankintahintaan. Vedenjäähdytysjärjestelmien hankintakustannukset olivat 805 000 €, kun kaukojäähdytyksellä kustannukseksi muodostuisi liittymismaksu mukaan lukien 916 000 €.

Kulutuslaskelmissa käytettiin vastaavia kriteerejä kuin PEKO 1 -vaiheen laskelmissa. Kaarisairaalan ilmanvaihdon jäähdytysenergian tarpeeksi laskettiin noin 998 MWh ja tilajäähdytyksien 252 MWh. Vapajäähdytyksellä arvioitiin tuotettavan jäähdytysenergiaa noin 361 MWh. Kokonaisenergiantarve Kaarisairaalassa on yhteensä 1 611 MWh. Koneellisesti tuotettua jäähdytysenergiaa tarvitaan vuodessa 1 250 MWh. Kun vedenjäähdyttimien kylmäkerroin on 3, ne kuluttavat sähköenergiaa noin 417 MWh. Sähköenergian maksaessa 100 €/MWh maksaa jäähdytysenergiantuotanto 41 680 €/vuosi. Huoltokustannuksiksi arvioitiin 15 000 € vuodessa, mikä on arvioitu vastaavasti kuin PEKO 1 -vaiheessa. Vuosikustannukset ovat yhteensä 56 680 €. Kaukojäähdytysvaihtoehdossa Kaarisairaalan kustannukset ovat kulutetun energian osalta 40 290 € ja vuosimaksun 81 200 € eli yhteensä 121 490 €. Laskelmien perusteella toteutettu, perinteinen vedenjäähdytysjärjestelmä on yli 53 % edullisempi kuin kaukojäähdytys. Laskelmat on esitetty tarkemmin liitteessä 5.

Verrattaessa Greenfield Consultingin ja KYS Puijon sairaalan omia laskelmia on lopputuloksessa huomattavia eroja. Se, ovatko laskelmat keskenään vertailukelpoiset, vaatisi tarkempaa perehtymistä konsultin laskelmiin ja laskentaperusteisiin. Laskelmissa ei ole huomioitu sitä, että laitteisto joudutaan uusimaan mahdollisesti 20 vuoden käyttöiän jälkeen. Konsultin laskelmat on tehty 30 vuoden ajanjaksolle, jolloin uusimistarpeet on myös huomioitu. KYS:n laskelmat huomioivat kuitenkin samat asiat, joista kaukojäähdytyksessä joudutaan maksamaan. Kun huomioidaan 30 vuoden ajanjaksolla tapahtu-

va vedenjäähdytyslaitteiston uusimistarve, muuttuu kaukojäähdytys hankinta- ja käyttökustannuksiltaan edullisemmaksi kuin perinteinen vedenjäähdytys. Täytyy toki muistaa, että konsultin laskelmat on tehty kaukojäähdytyksen tuottajan näkökulmasta ja että tuottaminen perustuu liiketaloudellisiin faktoihin, kuten tuottavaan liiketoimintaan. Näiden perusteella onkin hyvä olla muita perusteita kaukojäähdytyksen valinnalle kuin taloudellisuus.

7 Yhteenveto

Kaukojäähdytys KYS Puijon sairaalaan tullaan toteuttamaan, mikäli Aluehallintovirasto AVI hyväksyy vesilain mukaisen hakemuksen Kallaveden viileän veden käyttämisestä jäähdytyksen tuotantoon. Perusteita sopimuksen syntymiselle ja kaukojäähdytykseen päättymiselle on useita. Kaukojäähdytys on taloudellisesti lähes tasaveroinen kiinteistökohtaisen jäähdytyksen kanssa, mutta sähkön hinnan noustessa jatkossa kallistuu etu kaukojäähdytykselle suuremman vapaajäähdytyskapasiteetin ansiosta. Lainsäädäntö ja tavoitteet ohjaavat julkista sektoria näyttämään esimerkkiä kohti hiilivapaampaa ja nollaenergiarakentamista. Kaukojäähdytystä pidetään ekologisempänä vaihtoehtona kuin kiinteistökohtaista jäähdytystä mm. sähkön pienemmän kulutuksen ja ilmais- kylmänlähteiden hyödyntämisen ansiosta.

KYS Puijon sairaalalle jäähdytyksen muuttaminen Kuopion Energian ylläpitämäksi tulee näkymään tulevaisuudessa tasalatuksena jäähdytysenergian saatavuutena ja huolettomana, kun toimittaja huolehtii laitteistojen ylläpito- ja huoltokustannuksista. Sairaalan tiloista vähennetään kylmän tuotantoon liittyviä laitteita kaukojäähdytykseen liittyttäessä vaiheittain, jolloin haitallisten kylmäainetäytösten määrät vähenevät. Ennakoiva kunnossapito helpottuu ja luotettavuus parantuu. KYS Puijon sairaalan tiloissa kylmälaiteistoista aiheutuvat äänihaitat pienenevät. Kattopintoja vapautuu kylmälaiteista muuhun, esimerkiksi aurinkopaneeleiden tilantarpeita varten.

Kokemukset ja näkemykset muiden yliopistosairaaloiden kaukojäähdytykseen liittymisestä ja teknisistä ratkaisuista ovat ohjanneet KYS Puijon sairaalan kaukojäähdytyksen toteutuksen suunnittelua. Esimerkiksi Turun yliopistollisessa sairaalassa käytössä olevaa suurta, yhden lämpötilatason verkostoa ei pidetty KYS:ssa toimivana. Jäähdytyspiirejä tehdään rakennusosittain useita jäähdytyksen tarpeiden ja laitteiden mukaisesti. Pienemmät piirit ovat hallittavuudeltaan parempia kuin yksi suuri piiri. Muissa yliopistosairaloissa, jotka ovat liittyneet kaukojäähdytykseen, on vedenjäähdytyskoneet pois-tettu käytöstä vasta teknisen käyttöiän loppuessa. Näin tullaan toimimaan myös KYS:ssa 2010-luvulla uudisrakennusten ja peruskorjausten yhteydessä hankittujen vedenjäähdytyskoneiden osalta. Mikäli kaukojäähdytykseen liittyminen kannattaa tehdä jo aiemmin, esimerkiksi Datacenterin nopeasti kasvavan tehontarpeen osalta, ollaan valmiita toteuttamaan liittyminen nopeammalla aikataululla.

Mikäli vesilain mukainen hakemus ei mene läpi, ei kaukojäähdytystä tulla toteuttamaan KYS Puijon sairaalalle ja yhteistyöhanke Kuopion Energian Oy:n kanssa kariutuu. Tällöin vaihtoehtoiksi jää perinteisen kiinteistökohtaisen jäähdytyksen jatkaminen tai aluejäähdytysratkaisun toteuttaminen ainakin osalle sairaalan alueesta.

Lähteet

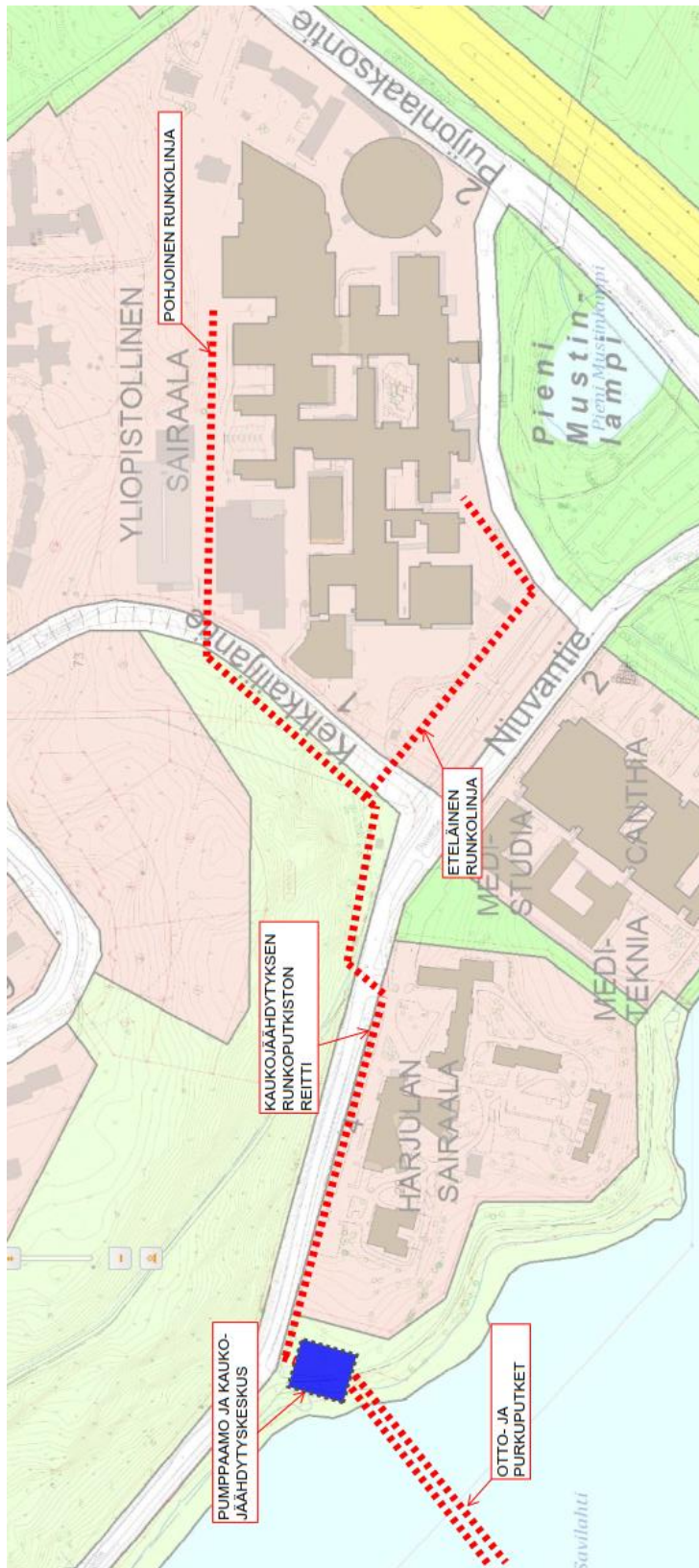
- 1 Kaukolämpö ja kaukojäähdytys. 2015. Verkkodokumentti. Energiateollisuus ry. <<http://energia.fi/energia-ja-ymparisto/kaukolampo-ja-kaukojaahdytys/kaukojaahdytys>>. Luettu 6.11.2015.
- 2 Kaukolämpötilastot. 2015. Verkkodokumentti. Energiateollisuus ry. <<http://energia.fi/tilastot-ja-julkaisut/kaukolampotilastot/kaukojaahdytys>>. Luettu 27.11.2015.
- 3 Energiantuotanto Helsingissä. 2016. Verkkodokumentti. Helsingin Energia Oy. <<https://www.helen.fi/helen-oy/tietoa-yrityksesta/energiantuotanto>>. Luettu 1.2.2016.
- 4 Kaukojäähdytys on ympäristöystävällinen ja taloudellinen tapa jäähdyttää kiinteistöjä. 2016. Verkkodokumentti. Oy Turku Energia - Åbo Energi Ab. <<http://www.turkuenergia.fi/yrityksille/lampo/kaukojaahdytys>>. Luettu 7.1.2016.
- 5 Kaukojäähdytys - luonnollisesti cool. 2016. Verkkodokumentti. Tampereen Sähkölaitos Oy. <https://www.tampereensahkolaitos.fi/kaukolampojaahdytysjamaakaasu/kaukojaahdytys/Sivut/default.aspx#.Vo4uOr_D_t5>. Luettu 7.1.2016.
- 6 Pesonen Timo. 2016. Projektipäällikkö. Tampereen Sähkölaitos Oy. Tutustuminen Tampereen kaukojäähdytykseen 1.2.2016.
- 7 Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri. 2015. Verkkodokumentti. <<https://www.pssh.fi/sairaanhoitopiiri>>. Luettu 23.10.2015.
- 8 Kuopiolainen energiakonserni. 2015. Verkkodokumentti. Kuopion Energia Oy. <<http://www.kuopionenergia.fi/yritys>>. Luettu 12.10.2015.
- 9 Hollmén Mikko. 2016. Kiinteistöjohtaja. Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri. Keskustelut 21.10.2015, 15.2.2016.
- 10 Kaukojäähdytyksen aloittamisen perusselvitys. 2006. Enprima.
- 11 Lassila Reima. 2016. Kaukolämpöjohtaja. Kuopion Energia Oy. Keskustelut 8.10.2015, 22.1.2016, 1.2.2016, 12.2.2016.
- 12 Lähivaara Tero. 2015. Sairaалainsinööri. Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri. Keskustelu 6.11.2015.
- 13 Lankinen Jukka. 2016. KYS kylmälaitesaldot. Excel-dokumentti. Itä-Suomen huoltopalvelut Iky - Servica.
- 14 Aittomäki Antero. 2012. Kylmäteknikka. Luku 13.3. Porvoo. Suomen Kylmäyhdistys ry.

- 15 Käyttöturvallisuustiedote R134a. 2016. Verkkodokumentti. Oy Arctica Wholesale Ltd. <<http://www.arctica.fi/turva/R134A.htm>>. Luettu 1.2.2016.
- 16 Käyttöturvallisuustiedote R407c. 2016. Verkkodokumentti. Oy Arctica Wholesale Ltd. <<http://www.arctica.fi/turva/R407C.htm>>. Luettu 1.2.2016.
- 17 Kylmäaineet. Käyttöturvallisuustiedote R410a. 2016. Verkkodokumentti. Onninen. <http://www.onninen.com/finland/Tuotteet/Kylmatuotteet/Pages/Kylmaaineet_oljyt.aspx>. Luettu 1.2.2016.
- 18 Trane vedenjäähdyttimien esitys. 2009. Powerpoint dokumentti. Chiller Oy.
- 19 Aittomäki Antero. 2012. Kylmätekniikka. Luku 13.4. Porvoo. Suomen Kylmäyhdistys ry.
- 20 Aittomäki Antero. 2012. Kylmätekniikka. Luku 10.1. Porvoo. Suomen Kylmäyhdistys ry.
- 21 Kuopion yliopistollisen sairaalan kaukojäähdytysjärjestelmän toteuttavuusselvitys - Loppuraportti. 2015. Greenfield Consulting.
- 22 Pyydönniemi Antti. 2015. Sairaalainsinööri. Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiiri. Tutustumiskäynti Kirurgisen sairaalan kaukojäähdytykseen. 12.10.2015.
- 23 Saarivirta Erkki. 2015. Sairaalainsinööri. Pirkanmaan sairaanhoitopiiri. Tutustumiskäynti Tampereen yliopistollisen sairaalan kaukojäähdytykseen. 13.10.2015.
- 24 Vuorinen Marko. 2015. Käyttöpäällikkö. Varsinais-Suomen sairaanhoitopiiri. Tutustumiskäynti Turun yliopistolliseen keskussairaalaan. 11.11.2015.
- 25 Kettunen Juhani. 2015. Sairaalainsinööri. Pohjois-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri. Sähköpostikeskustelu. 12.11.2015.
- 26 District Cooling. 2016. Verkkodokumentti. Svensk Fjärrvärme. <<http://www.svenskfjarrvarme.se/In-English/District-Heating-in-Sweden/District-Cooling/>>. Luettu 8.2.2016.
- 27 Energy in Sweden 2015. 2016. Verkkodokumentti. Swedish Energy Agency. <<http://www.energimyndigheten.se/en/search/?query=Energy+in+sweden+2015>>. Luettu 8.2.2016.
- 28 Vakiilmastointikoneet Uniflair Amico. 2016. Tekninen esite. Kojacool Oy. <<http://www.koja.fi/fi/rakennukset/tuotteet-rakennukset/vakiilmastointikoneet/amico>>.
- 29 SFS-käsikirja 65-1. 2011. Helsinki. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- 30 Rakennusten kaukojäähdytys. Yhtenäiset laatuvaatimukset, suositukset ja ohjeet J1/2014. Luonnos 1.7.2014. Kaukojäähdytystyöryhmä. Energiateollisuus ry.

- 31 LVI-suunnitteluohje. 2015. Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri.
- 32 Kirssi Antti. 2009. Kaukojäähdytyksen rakennevaihtoehdot. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto.
- 33 District Heating and Cooling - Statistics. Statistics Overview 2013. 2016. Verkkodokumentti. Euroheat & Power. <<http://euroheat.org/Statistics-69.aspx>>. Luettu 16.2.2016.
- 34 District Cooling. 2016. Verkkodokumentti. Climespace. <<http://www.climespace.fr/en/district-cooling/production-and-storage/>>. Luettu 16.2.2016.
- 35 Järvinen Tero. 2016. Yksikön esimies. Itä-Suomen huoltopalvelut Iky - Servica. Keskustelu 18.2.2016.
- 36 Vuoden 2015 säät. 2016. Verkkodokumentti. Ilmatieteen laitos. <<http://ilmatieteenlaitos.fi/vuosi-2015>>. Luettu 26.2.2016.
- 37 Centrifugal Liquid Chillers. Operations and Maintenance. 2011. York by Johnson Controls.

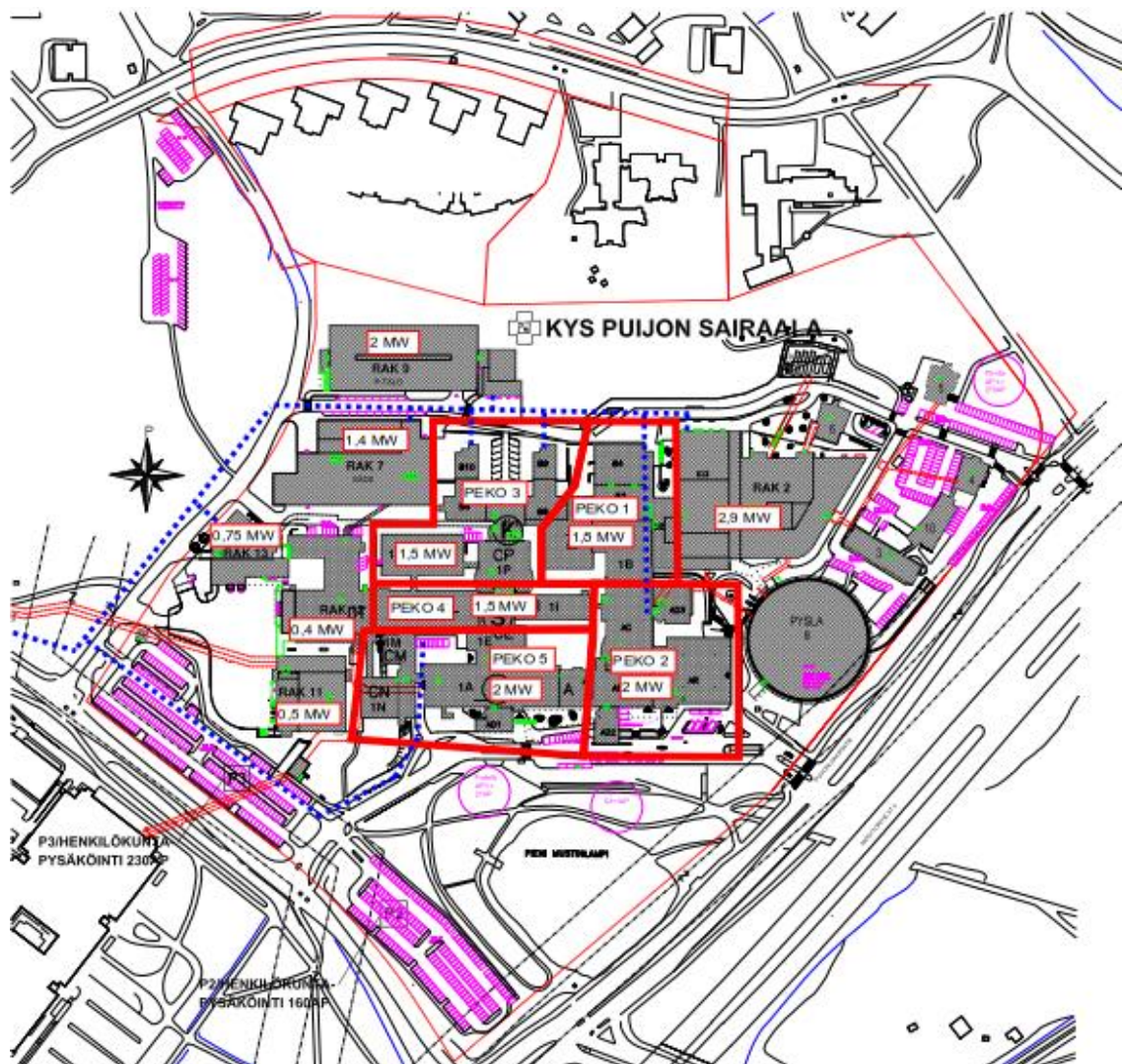
KYS Puijon sairaalan vedenjäähdyttimien tiedot (vain työn tilaajan käyttöön)

Putkireititys kaukojäähdytyksen tuotantolaitokselta KYS Puijon sairaalalle



KYS Puijon sairaalan vedenjäähdyttimien sijaintikartta (vain työn tilaajan käyttöön)

Peruskorjausten vaiheistus ja runkolinjojen reititys KYS Puijon sairaalan tontilla



Kiinteistökohtaisen jäähdytyksen vertailulaskelmat

PEKO 1 -vaihe

Kiinteistökohtaisen jäähdytyksen kustannuslaskelmat

Lähtötiedot:

Jäähdytysteho	1800	kW
Kaukojäähdytyksen liittymismaksu	240	€/kW
Kaukojäähdytyksen vuosimaksu	28	€/kW
Kaukojäähdytyksen energiamaksu	25	€/MWh
Sähkön hinta	100	€/MWh
Vedenjäähdyttimien kylmäkerroin	3	

Hankintakustannukset

VJK

Laitteet	250000	€
VJK+nestejäähdyttimet ym.		
Sähköt	50000	€
Nestejäähdyttimien perustukset	5000	€
Kylmäkonehuone	45000	€
Yhteensä	350000	€

Hankintakustannukset

Kaukojäähdytys

Laitteet	60000	€
Lämmönsiirtimet ym.		
Sähköt	10000	€
Kaukojäähdytysputket ja rakennuskustannukset	50000	€
Liittymismaksut	432000	€
Yhteensä	552000	€
Ero	36,6 %	kaukojäähdytys kalliimpi

Kulutus

IV-jäähdytys

Leikkaussalit	13,2	m ³ /s
Muut tilat	41,1	m ³ /s
Talvella vapaajäähdytys		
Käyttötarve	100	d/a
Käyttöaste	10	h/d
Keskimääräinen jäähdytystehontarve eli entalpiaero patterilla		
Leikkaussalit	8	kJ/kg
Muut tilat	6	kJ/kg
Ilman tiheys	1,2	kg/m ³

Jäähdytystehontarve		
Leikkaussalit	126720	kWh
Muut tilat	295920	kWh
Yhteensä	422640	kWh/a

Kulutus

Huonejäähdytys

Teletilat	26	kW
Sähkötilat	10	kW
Putkipostihuone	3	kW
Lämmönjakuhuone	3	kW
Käyttötarve	150	d/a
Käyttöaste	12	h/d
Vapaajäähdytys	215	d/a
Jäähdytystehontarve		
Koneellinen	75600	kWh
Vapaajäähdytys	108360	kWh
Jäähdytystehontarve yhteensä	606600	kWh
Kylmäkertoimen ollessa 3 => sähköenergiantarve	166080	kWh

Käyttökustannukset

VJK

Energia	16608	€
Huolto	10000	€
Yhteensä	26608	€

Käyttökustannukset

Kaukojäähdytys

Vuosimaksu	50400	€
Energiamaksu	15165	€
Yhteensä	65565	€
Ero	59,4 %	kaukojäähdytys kalliimpi

Koska Greenfield Consultingin laskelmissa on huomioitu 30 vuoden käyttöaika, lisätään VJK laskelmiin 1,5-kertaiset hankintakustannukset vedenjäähdyttimien uusimiseksi ko. aikana.

Hankintakustannukset

VJK

Laitteet	375000	€
VJK+nestejäähdyttimet ym.		
Sähkö	50000	€
Nestejäähdyttimien perustukset	5000	€
Kylmäkonehuone	45000	€
Yhteensä	475000	€

Hankintakustannukset

Kaukojäähdytys

Laitteet	60000	€
Lämmönsiirtimet ym.		
Sähköt	10000	€
Kaukojäähdytysputket ja rakennuskustannukset	50000	€
Liittymismaksut	432000	€
Yhteensä	552000	€
Ero	13,9 %	kaukojäähdytys kalliimpi

Hankinta- ja käyttökustannukset yhteensä

VJK	501608	€
Kaukojäähdytys	617565	€
Ero	18,8 %	kaukojäähdytys kalliimpi

KaarisairaalaKiinteistökohtaisen jäähdytyksen kustannuslaskelmatLähtötiedot:

Jäähdytysteho	2900	kW
Kaukojäähdytyksen liittymismaksu	240	€/kW
Kaukojäähdytyksen vuosimaksu	28	€/kW
Kaukojäähdytyksen energiamaksu	25	€/MWh
Sähkön hinta	100	€/MWh
Vedenjäähdyttimien kylmäkerroin	3	

HankintakustannuksetVJK

Laitteet	650000	€
VJK+nestejäähdyttimet ym.		
Sähkö	80000	€
Nestejäähdyttimien perustukset	10000	€
Kylmäkonehuone	65000	€
Yhteensä	805000	€

HankintakustannuksetKaukojäähdytys

Laitteet	120000	€
Lämmönsiirtimet ym.		
Sähköt	20000	€
Kaukojäähdytysputket ja rakennuskustannukset	80000	€
Liittymismaksut	696000	€
Yhteensä	916000	€
Ero	12,1 %	kaukojäähdytys kalliimpi

KulutusIV-jäähdytys

Leikkaussalit	29	m3/s
Muut tilat	100	m3/s
Talvella vapaajäähdytys		
Käyttötarve	100	d/a
Käyttöaste	10	h/d
Keskimääräinen jäähdytystehontarve eli entalpiaero patterilla		
Leikkaussalit	8	kJ/kg
Muut tilat	6	kJ/kg
Ilman tiheys	1,2	kg/m3
Jäähdytystehontarve		
Leikkaussalit	278400	kWh
Muut tilat	720000	kWh
Yhteensä	998400	kWh/a

Kulutus
Huonejäähdytys

Teletilat	60	kW
Sähkötilat	80	kW
Käyttötarve	150	d/a
Käyttöaste	12	h/d
Vapaajäähdytys	215	d/a
Jäähdytystehontarve		
Koneellinen	252000	kWh
Vapaajäähdytys	361200	kWh
Jäähdytystehontarve yhteensä	1611600	kWh
Kylmäkertoimen ollessa 3 => sähköenergiantarve	416800	kWh

Käyttökustannukset
VJK

Energia	41680	€
Huolto	15000	€
Yhteensä	56680	€

Käyttökustannukset
Kaukojäähdytys

Vuosimaksu	81200	€
Energiamaksu	40290	€
Yhteensä	121490	€
Ero	53,3 %	kaukojäähdytys kalliimpi

Koska Greenfield Consultingin laskelmissa on huomioitu 30 vuoden käyttöaika, lisätään VJK laskelmiin 1,5-kertaiset hankintakustannukset vedenjäähdyttimien uusimiseksi ko. aikana.

Hankintakustannukset
VJK

Laitteet	975000	€
VJK+nestejäähdyttimet ym.		
Sähkö	80000	€
Nestejäähdyttimien perustukset	10000	€
Kylmäkonehuone	65000	€
Yhteensä	1130000	€

HankintakustannuksetKaukojäähdytys

Laitteet	120000	€
Lämmönsiirtimet ym.		
Sähköt	20000	€
Kaukojäähdytysputket ja rakennuskustannukset	80000	€
Liittymismaksut	696000	€
Yhteensä	916000	€
Ero	-23,4 %	kaukojäähdytys halvempi

Hankinta- ja käyttökustannukset yhteensä

VJK	1186680	€
Kaukojäähdytys	1037490	€
Ero	-14,4 %	kaukojäähdytys halvempi

PEKO 1 + Kaarisairaala kustannukset yhteensä

VJK	16882888	€
Kaukojäähdytys	1655055	€
Ero	-2,0 %	kaukojäähdytys halvempi