



# **VANHAN RAUMAN SULANAPITOJÄRJESTELMÄN KEHITTÄMINEN**

Mika Koskinen

Opinnäytetyö  
Huhtikuu 2014  
Talotekniikka  
Sähköinen talotekniikka

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Tampere University of Applied Sciences

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Talotekniikan koulutusohjelma  
Sähköinen talotekniikka

KOSKINEN, MIKA:

Vanhan Rauman sulanapitojärjestelmän kehittäminen

Opinnäytetyö 35 sivua, joista liitteitä 4 sivua  
Huhtikuu 2014

---

Opinnäytetyössä tutustuttiin Vanhan Rauman hieman yli kymmenen vuotta käytössä olleeseen katujen sulanapitojärjestelmään sekä sen käytössä tällä hetkellä ilmeneviin ongelmiin. Järjestelmää ohjataan käsin tai aikaohjelmalla, mikä on tällä hetkellä sen suurin ongelma. Lisäksi ongelmana nähtiin sulanapitoputkistossa kiertävän liuoksen vakiolämpötila sekä hieman vanhentuneet ja epäluotettaviksi muuttuneet katujen lämpötila- ja kosteusanturit.

Työn tarkoituksena oli selvittää edellä mainituille ongelmille ratkaisut sekä niiden mahdolliset toteutustavat. Ratkaisujen tavoitteena oli saada järjestelmästä energiatehokkaampi sen luotettavuuden kuitenkin säilyessä.

Työn keskeisin osa oli selvittää, miten sääennusteita pystytään hyödyntämään eri automaatiojärjestelmissä ja säätämään prosessia niitä hyödyntäen. Tämä toteutettiin pääosin haastattelemalla eri automaatiojärjestelmien valmistajia. Työssä selvitettiin myös, miten sulanapitoputkiston liuoksen lämpötilan säätö olisi mahdollista toteuttaa. Lisäksi käytiin läpi vaihtoehtoja uusiksi katuantureiksi.

Lopputuloksena saatiin selvitys, jonka pohjalta esitetyt muutokset on niin päätettäessä helppoa toteuttaa ja jonka ansiosta järjestelmästä saadaan energiatehokkaampi. Näistä keskeisin ehdotus oli automaatiojärjestelmän vaihto sekä säädön muuttaminen sääennustuksia mukailevaksi. Tämän avulla järjestelmästä saataisiin oikeasti automaattinen, eikä sitä tarvitsisi enää ohjata käsin tai aikaohjelman avulla. Tämän lisäksi järkeväksi muutokseksi nähtiin sulanapitoputkistossa kiertävän liuoksen lämpötilan muuttaminen ohjatuksi ulkolämpötilaa mukailevalla säätökäyrällä, jolla saataisiin energiankulutusta pienennettyä. Järjestelmää olisi mahdollista kehittää vielä tästäkin eteenpäin, mutta siihen ei kannata lähteä ennen tässä työssä esitettyjen muutosten toteuttamista.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Building Services Engineering  
Electrical Building Services

**KOSKINEN, MIKA:**

Development of the Frost Protection System Used in Old Rauma

Bachelor's thesis 35 pages, appendices 4 pages

April 2014

---

The purpose of this thesis was to get familiar with the slightly more than ten-year-old frost protection system used in Old Rauma and to develop improvements to the problems found in it.

The purpose was to find improvements to solve the problems found and the ways to put them into practice if wanted. The purpose of the development improvements was to make the system more energy-efficient but, at the same time, maintain its reliability.

The key part of this thesis was to resolve how to use weather forecasts in different automation systems. The thesis also dealt with the changes needed for making the temperature of the liquid used in the frost protection piping adjustable. Alternatives for the street temperature and moisture sensors were also looked for.

This thesis provided the needed information for the development improvements to be put into practice if wanted and to make the system more energy-efficient. The system could also be further developed, but that would require that the solutions found in this thesis would be put into practice first.

---

Key words: building automation, frost protection system, energy efficiency, weather forecast

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
1.1	Taustatiedot.....	6
1.2	Työn tavoite ja rajaukset.....	6
2	VANHAN RAUMAN SULANAPITOJÄRJESTELMÄ.....	7
2.1	Järjestelmän rakenne.....	8
2.2	Järjestelmän toiminta.....	8
2.2.1	Lumensulatuskäyttö.....	9
2.3	Nykyisen järjestelmän ongelmat.....	9
3	JÄRJESTELMÄN KEHITTÄMINEN.....	10
3.1	Ennustava säätö.....	10
3.1.1	Sääennusteiden luotettavuus.....	10
3.1.2	Lumi sääilmiönä.....	11
3.1.3	Muutokset nykyiseen säätöön.....	11
3.2	Katuanturiparien uusiminen.....	13
3.2.1	Vaihtoehtoiset anturiparit.....	13
3.3	Verkoston liuksen lämpötilan säätö.....	15
3.3.1	Muutokset nykyiseen säätöön.....	15
4	SÄÄENNUSTEET ERI AUTOMAATIOJÄRJESTELMISSÄ.....	17
4.1	Fidelix.....	17
4.2	Schneider Electric TAC Xenta -sarja.....	19
4.3	Siemensin modulaarinen Desigo PXC -sarja.....	20
4.4	Lemminkäinen Wisepro.....	22
4.5	Ilmatieteen laitoksen avoimen datan palvelu.....	22
5	TOTEUTUSEHDOTUS.....	24
5.1	Automaatiojärjestelmän vaihto.....	24
5.2	Vanhojen katuanturiparien uusiminen.....	25
5.3	Sulanapitoputkiston liuksen lämpötilan säädön muuttaminen.....	25
6	JÄRJESTELMÄN ENERGIATEHOKKUUS.....	26
6.1	Arvio kehitysehdotusten tuomasta energiatehokkuuden parannuksesta.....	27
7	POHDINTA.....	29
	LÄHTEET.....	30
	LIITTEET.....	32
	Liite 1. Sulanapidon aluekartta, Rauman kaupunki.....	32
	Liite 2. Säätökaavio ja toimintaselostus, Rauman kaupunki.....	33

**ERITYISSANASTO**

NTC	Termistori
I/O	Tulo/lähtö
Modbus	Sarjaliikenneprotokolla
Lonworks	Tiedonsiirtoväylä
TCP/IP	Tietoverkkoprotokollien yhdistelmä
BACnet	Tiedonsiirtoprotokolla
URL	Verkkosivun osoite
XML	Merkintäkieli

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Taustatiedot

Minulle oli alusta asti selvää, että haluan tehdä opinnäytetyökseni jonkin tutkimuspohjaisen työn aiheesta, josta ei tietoa välttämättä vielä niin hyvin löydy. Vietin kesän 2013 työharjoittelussa LVI-Säätölaittepalvelu Mäkinen Oy:ssä, joten se tuntui luontevimmalta yritykseltä jolle opinnäytetyö tehdä. Muutaman eri vaihtoehdon kautta päädyttiin tämän aiheen valitsemiseen.

Suurin kiinnostuksen kohde valitun aiheen sisällä oli ehdottomasti automatiikan sääennustepohjainen säätö. Sääennustepohjainen säätö kun on juuri sellainen aihe, josta ei vielä tietoa löydy. Siitä on kyllä paljon puhuttu, mutta mistään ei oikein löytynyt konkreettista tietoa sellaisen teknisestä toteuttamisesta. Tämä antoi työlle oman haasteensa, mutta loppujen lopuksi siitäkin selvittiin.

## 1.2 Työn tavoite ja rajaukset

Työn tarkoituksena oli tutustua Vanhassa Raumassa noin kymmenen vuotta käytössä olleeseen katujen sulanapitojärjestelmään sekä siinä tällä hetkellä ilmeneviin ongelmiin. Työssä selvitettiin työn tilaajan kanssa pohdittujen mahdollisten kehitysideoiden käytännön toteuttamista. Kaikissa esitetyissä kehitysideoissa lähdettiin liikkeelle järjestelmän energiatehokkuuden parantamisesta sen luotettavuuden kuitenkin säilyessä. Työssä ei ollut tarkoituksena tehdä suunnitelmia näiden kehitysideoiden toteutuksen suhteen. Tarkoituksena oli selvittää miten ne olisi tarvittaessa mahdollista toteuttaa, mikäli Rauman kaupunki näistä ehdotuksista kiinnostuu.

## 2 VANHAN RAUMAN SULANAPITOJÄRJESTELMÄ

Vanhassa Raumassa käytössä olevaa sulanapitojärjestelmää alettiin rakentaa Anundilan aukiolle vuoden 2001 keväällä osana Rauman keskustan kehittämissuunnitelmaa. Sulanapitojärjestelmän avulla katupinta saadaan talvella pysymään sulana lumesta ja jäästä. Katupinnan hiekoittaminen jää tarpeettomaksi eikä jalkineissa kulkeudu likaa alueen ympärillä oleviin liikehuoneistoihin (Rauman keskustan kehittäminen 2001). Reilun kymmenen vuoden aikana järjestelmää on laajennettu muutamaan kertaan alkuperäisestä ja tällä hetkellä lämmitettävää katupinta-alaa löytyy noin hehtaarin verran (Rantanen 2009).

Keskeisimmät sulanapidettävät alueet ovat Vanhan Rauman länsilaidalla sijaitseva Anundilan aukio sekä sen laidoilta itään torille vievät tiet Kauppakatu ja Kuninkaankatu (kuva 1). Näille kaduille sulanapitojärjestelmä on asennettu Anundilan aukiolta torin länsilaidalle, jonka jälkeen lämmitys jatkuu näillä kaduilla niiden vieressä kulkevien jalkakäytävien osalta torin itälaidalle. Näiden lisäksi sulanapitojärjestelmää on asennettu myös lyhyisiin osiin Kuninkaankatua ja Kauppakatua risteävien katujen jalkakäytävistä. Lämmitettyjä alueita ovat lisäksi Kauppakeskus Potkurin Kauppakadun puoleinen kevyen liikenteen väylä sekä Savilankadun varrella sijaitsevien linja-autopysäkkien alueet. Tarkempi kartta sulanapidettävistä alueista löytyy liitteestä 1.



KUVA 1. Sulanapitoputkiston asennusta Kuninkaankadulla keväällä 2004 (Rauman kaupungin tekninen virasto 2004)

## 2.1 Järjestelmän rakenne

Tässä työssä käsiteltävä lumensulatusjärjestelmän osa koostuu kahdesta lämmönsiirtimestä, joiden ensiöpuolet ovat liitettyinä aiemmin rakennettuun Anundilan aukion järjestelmään. Lämmönsiirtimien toisiopuoleen on kytketty kahteen linjaan jaettu runkoputkisto, johon on maan alle asennettujen jakotukkien kautta kytketty sulanapitoputkistot alueittain. Järjestelmä pitää sisällään 20 lämmitettävää aluetta.

Järjestelmässä on seitsemän katuanturiparia, jotka mittaavat kadun pinnan lämpötilan sekä kosteuden eri alueilta. Lämmönsiirtimien toisiopuoleen kytketyn runkoputkiston paluuputkissa on kaksi taajuusmuuttajaohjattua pumppua, joilla ohjataan sulanapitoputkiston liuoksen virtausta. Lämmönsiirtimen ensiöpuolella on moottoriventtiili, jonka avulla säädetään ensiöpuolen virtausta. Järjestelmän säätökaavio sekä toimintaselostus löytyvät liitteestä 2.

## 2.2 Järjestelmän toiminta

Kesäaikaan tai ulkoilman kolmen vuorokauden keskilämpötilan ylittäessä  $+5\text{ °C}$  on lämmitysjärjestelmä pois käytöstä. Sulanapitoputkiston taajuusmuuttajaohjatut pumput eivät tällöin käy jatkuvasti, vaan ne käynnistetään kerran viikossa kymmenen minuutin ajaksi.

Talviaikaan tai ulkoilman kolmen vuorokauden keskilämpötilan alittaessa  $+7\text{ °C}$  on lämmitysjärjestelmä käytössä. Tällöin taajuusmuuttajaohjatut pumput käyvät jatkuvasti. Talviaikana järjestelmällä on kolme eri toimintatilaa: valmiustila, minimienergiatila sekä lumensulatuskäyttö.

Valmiustila on käytössä, kun minimienergiatila tai lumensulatuskäyttö eivät ole päällä. Valmiustilassa katuanturiparien mittaaman lämpötilan keskiarvo pidetään ulkoilman lämpötilaan verrattuna  $+5\text{ °C}$  suurempana, kuitenkin niin, että liuoksen lämpötila on  $+6\text{ °C}$  ja  $+35\text{ °C}$  välillä. Minimiennergiatilaan siirrytään, jos ulkolämpötilan neljän tunnin keskiarvo on alle  $-15\text{ °C}$ . Järjestelmän teho ei tällöin ole riittävä lumen sulatukseen. Minimiennergiatilassa paluuliuoksen lämpötilan ei sallita alittavan arvoa  $+2\text{ °C}$ .

### 2.2.1 Lumensulatuskäyttö

Toimintaselostuksen mukaan lumensulatuksen (kuva 2) on määrä käynnistyä, kun ulkolämpötila on  $-15\text{ °C}$  ja  $+5\text{ °C}$  välillä ja katuanturiparit havaitsevat kosteutta. Lumisateen indikointiin käytetään tällöin kosteusantureiden tunnistamaa kosteutta. Lumensulatuskäyttö päättyy, kun kosteutta ei enää havaita. Tällöin lumen oletetaan sulaneen. Lumensulatuskäytön päättyttyä järjestelmä siirtyy valmiustilaan.



KUVA 2. Lumensulatuskäyttö päällä joulukuussa 2013

### 2.3 Nykyisen järjestelmän ongelmat

Järjestelmän suurin ongelma on se, ettei sen kosteusantureihin voida luottaa, jolloin tietoa mahdollisesta lumisateesta ei saada. Tämä tarkoittaa sitä, että järjestelmä toimii tällä hetkellä lumensulatuskäyttöön siirtymisen osalta manuaalisesti. Lumensulatustarve ennakoidaan sääennusteiden mukaan ja käynnistetään lumensulatuskäyttö, joko käsin tai aikaohjelman avulla. (Mäkinen 2014) Tämän takia järjestelmä tuhlaa aika-ajoin energiaa, jos esimerkiksi lumensulatuskäyttö on asetettu aikaohjelmalle eikä lunta sadakkaan. Koska kukaan ei valvo järjestelmää sekä mahdollisia lumisateita ympäri vuorokauden, on vaikea sanoa kuinka paljon lumensulatuskäyttö on turhaan päällä.

Toinen energiaa hukkaava tekijä on, että lumensulatuskäytöllä sulanapitoputkistoon ohjattavan liuoksen lämpötila pyritään pitämään vakiona ( $+35\text{ °C}$ ). Vaikka tämä ei ensimmäisenä mainittuun ongelmaan nähden ole suuri, saataisiin liuoksen lämpötilaa säätämällä varmasti myös hieman parannettua järjestelmän energiatehokkuutta.

### 3 JÄRJESTELMÄN KEHITTÄMINEN

#### 3.1 Ennustava säätö

Sääennusteiden haku ulkopuolisesta sääennustedataa toimittavasta palvelusta on kiinnostava säätietojen hyödyntämisen sovellus LVIS-ohjauksessa. Uusimmissa ohjelmistoissa on mahdollista ottaa sääennusteet huomioon järjestelmää ohjaavana elementtinä. Sääennusteesta on hyötyä silloin, kun esimerkiksi rakennuksen tai tämän työn tapauksessa kadun pinnan terminen hitaus on suuri. (Härkönen ym. 2012, 111)

Ennustavan säädön avulla järjestelmän lumensulatuskäyttö saadaan käynnistettyä esimerkiksi kaksi tuntia ennen sääennusteen ennustamaa lumisadetta, jolloin lumisateen alkaessa kadun pinta on jo lämmin. Tämän ansiosta lumi sulaa nopeammin eikä jää ensin sohjoksi kadun pinnalle ennen sulamista.

##### 3.1.1 Sääennusteiden luotettavuus

Vaikka järjestelmää lähdetään kehittämään energiatehokkuuden parannuksen suhteen, on järjestelmän luotettavuuden silti säilyttävä. Ylimeteorologi Sari Hartosen (2008) mukaan sateisiin liittyvät havainnot ja niiden tarkat reitit voidaan ennustaa kahden vuorokauden päähän. Joissain tilanteissa sateiden olomuotoennusteen pystyy tekemään vain tuntia paria ennen. Yksittäistä sade- tai ukkoskuuroa sen sijaan ei voi ennustaa lainkaan, ennustaa voi ainoastaan sen liikettä ja kuolemaa. (Hartonen 2008, 196)

Tällä hetkellä ilmatieteen laitoksen tekemän yhden vuorokauden lämpötilaennusteen osuvuus lähestyy 90 prosenttia. Samaa luokkaa, tai jopa parempia, ovat yhden ja kahden vuorokauden sade-ennusteet. (Hartonen 2008, 194) Tämä luo haasteen järjestelmän toteutuksen suhteen, sillä lumensulatuskäytön tulee käynnistyä siinäkin tapauksessa, että sataa lunta vaikka ennuste ei sitä lupaakaan. Tässä tapauksessa lumi muuttuu ensin sohjoksi ennen sulamistaan, koska lumensulatuskäyttö saadaan liian myöhään päälle. Tärkeintä on kuitenkin, että lumi saadaan pois kadulta. Sama pätee myös toisin päin, eli järjestelmän tulee osata lopettaa lumensulatuskäyttö ja siirtyä valmiustilaan, mikäli lunta ei sada vaikka sääennuste niin olisikin luvannut.

### 3.1.2 Lumi sääilmionä

Kaikissa sääennustetta tarjoavissa automaatiojärjestelmissä ei välttämättä ole erillistä parametritietoa sille, onko ennustettava sade vesi- vai lumisadetta. Lisäksi vaikka parametri löytyisikin, voi sääennuste olla väärässä ja lunta sataa vaikka luvataan poutaa. Tällaisessa tapauksessa kosteusanturi indikoi kosteutta, muttei tiedetä onko kyseessä vesi- vai lumisadetta. Tällöin tulee ottaa huomioon myös lämpötila samalle ajanhetkelle, joko ennusteen tai mitatun ulkolämpötilan perusteella. Lämpötilan perusteella voidaan arvioida sateen muoto.

Suomessa havaittava sade syntyy tihkusadetta lukuunottamatta lumikiteinä. Lumikiteet takertuvat toisiinsa muodostaen lumihiutaleen. Putoavan lumihiutaleen ohittaessa nollasteen lämpötilan alkaa se sulaa pinnaltaan. Sulamisen jatkuessa pienet hiutaleet sulavat kokonaan ja isot muuttuvat lumen ja veden sekoitukseksi eli rännäksi. Jos maanpinnan läheiset ilmakerrokset ovat kuivia, voi sateen haihtuminen jäädyttää hiutaleita ympäröivää ilmaa niin tehokkaasti, että lumikuuroja voidaan havaita jopa 5-7 celsiusasteessa. (Kerttunen ym. 2008, 222)

Tämän perusteella esimerkiksi jos talviaikaan ennustetaan sadetta ja samalle ajanhetkelle +5 °C lämpötilaa, voidaan sateen olettaa tulevan maahan lumena. Jo järjestelmän nykyinen toiminta on perustunut siihen, että lämpötilan ollessa alle +5 °C ja kosteusantureiden indikoidessa kosteutta käynnistetään lumensulatus. Tästä voidaan päätellä, että +5 °C voidaan pitää ainakin tässä järjestelmässä tarpeeksi luotettavana raja-arvona sateen muodon määrittämiselle.

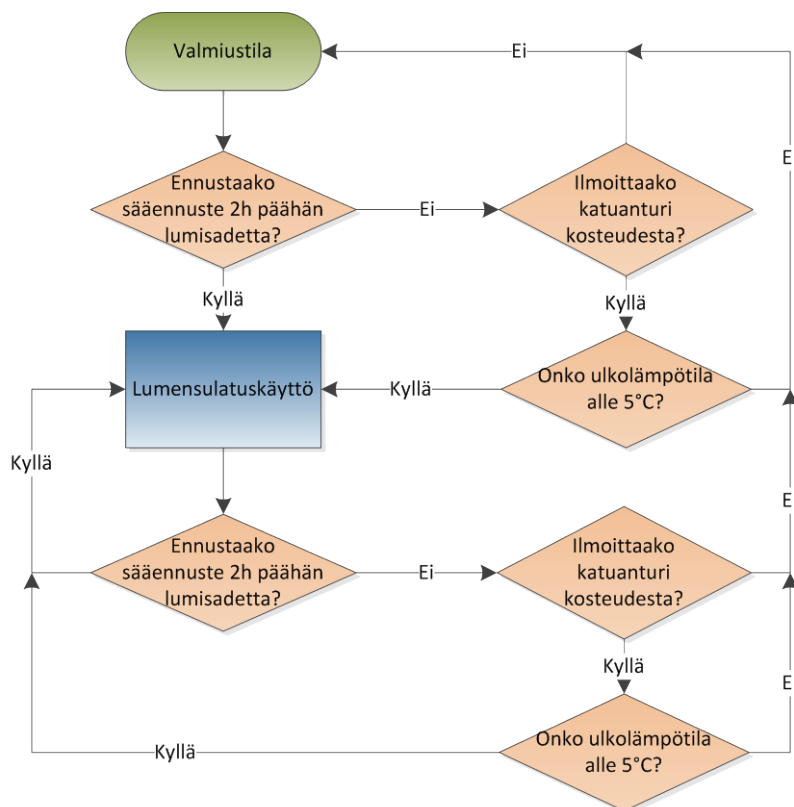
### 3.1.3 Muutokset nykyiseen säätöön

Muutokset sulanapitojärjestelmän nykyisen toimintaselostuksen mukaiseen toimintaan ovat pieniä, kun sääennustetiedot saadaan käyttöön automaatiojärjestelmään. Muutokset kohdistuvat ainoastaan talviaikaiseen käyttöön ja siihen, milloin järjestelmä siirtyy valmiustilasta lumensulatuskäyttöön ja siitä takaisin valmiustilaan. Järjestelmän luotettavuuden kannalta kannattaa pitää myös vanha kosteusantureihin sekä lämpötilaan perustuva ohjaus käytössä. Tällöin lumensulatus käynnistyy, vaikka sääennusteet olisivat väärässä. Tässä tapauksessa lunta ei kuitenkaan saada sulatettua riittävän

nopeasti pois koska katu on vielä kylmä lumisateen alkaessa, jolloin lumi muuttuu ensin loskaksi ja vasta sen jälkeen sulaa pois (Mäkinen 2014). Lumesta on kuitenkin joka tapauksessa päästävä eroon.

Valmiustilasta lumensulatuskäyttöön siirtyminen tapahtuu sääennusteita hyödyntäessä sen perusteella, ennustetaanko kahden tunnin päähän lumisadetta. Jos ennuste lupaa lunta, siirrytään suoraan lumensulatuskäyttöön. Mikäli ennuste ei lupaa lunta, tarkistetaan kuitenkin ilmoittavatko katuanturit kosteudesta. Jos kosteutta löytyy ja ulkolämpötila on alle 5 °C, siirrytään lumensulatuskäyttöön. Muussa tapauksessa järjestelmä menee takaisin valmiustilaan.

Lumensulatuskäytön käynnistyttyä tarkkaillaan edelleen sääennusteita ja jos lunta ennustetaan yhä kahden tunnin päähän, pidetään lumensulatuskäyttö päällä. Kun lunta ei enää ennusteta, tarkistetaan ilmoittavatko katuanturit kosteudesta. Jos katuanturit indikoivat kosteudesta, on kadulla vielä lunta. Tällöin jatketaan lumensulatuskäyttöä, mikäli ulkolämpötila on alle 5 °C. Muussa tapauksessa järjestelmä siirtyy takaisin valmiustilaan. Järjestelmän uusi, sääennustepohjainen toiminta on esitetty yksinkertaisesti lohkokaaviona kuviossa 1.



KUVIO 1. Sulanapitojärjestelmän sääennustepohjainen toiminta

### 3.2 Katuanturiparien uusiminen

Sulanapitojärjestelmän katuanturipareina on tällä hetkellä käytössä tanskalaisen OJ Electronicsin valmistamat ETOG-55 -mallin anturiparit (kuva 3). ETOG-55 sisältää lämpötila-anturin, kosteusanturin sekä lämmitysvastuksen, jolla anturipari saadaan kuivattua. Anturissa on kiinteä 10 metriä pitkä kuusijohtiminen kaapeli, jota on mahdollista jatkaa tarvittaessa. Lämpötila-anturina toimii 12 K $\Omega$  NTC-vastus, joka ilmaisee resistanssin arvon 25 °C lämpötilassa. Anturiparin kosteusanturi toimii niin, että resistanssin ollessa yli 1M $\Omega$  indikoidaan kuivaa ja resistanssin ollessa alle 100 K $\Omega$  indikoidaan kosteutta. (OJ Electronics 2013)



KUVA 3. ETOG-55 -anturipari (OJ Electronics)

Ongelmana nykyisissä antureissa on, että ulkoisen rasituksen seurauksena niiden liitännät ovat todennäköisesti alkaneet osasta antureista jo irtoilemaan. Lisäksi vanhimmissa anturipareissa niiden yli 10 vuoden ikä alkaa jo painaa. (Mäkinen 2014) Työn tilaajan toiveesta näille anturipareille selvitettiin vastaavin ominaisuuksin varustettuja mahdollisia korvaavia vaihtoehtoja.

#### 3.2.1 Vaihtoehtoiset anturiparit

Erillisiä lämpötila- ja kosteusantureita ei nähty järkeväksi vaihtoehdoksi, sillä se vaatisi turhan paljon rakenteellisia muutoksia asennuspaikkojen suhteen. Lisäksi huomioon otettiin nykyisten anturiparien kaapeleiden vaatima johdinmäärä, jota ei haluttu ylittää, sillä kaapeloinnin vaihto olisi liian työlästä. Tämän vuoksi uusien anturien etsintä

rajoitettiin vastaaviin anturipareihin kuin järjestelmässä on nyt käytössä. Haasteen etsimiselle asetti se, että vastaavia anturipareja kyllä löytyi, muttei niistä ollut helposti saatavilla teknisiä tietoja. Nykyisetkin käytössä olevat anturit on tarkoitettu alun perin käytettäväksi saman valmistajan oman sulanapitoyksikön kanssa, jolloin asiakkaan ei välttämättä tarvitse tietää tarkkaan anturien mittaamia vastusalueita. Tämän työn tapauksessa anturit on kuitenkin tarkoitus liittää osaksi omavalintaiseen automaatiojärjestelmään, jolloin anturien mitta-alueet on pakko tietää.

Ainoa vaihtoehtoinen anturipari josta oli lisäksi saatavilla tarvittavat tekniset tiedot löydettiin kanadalaisen Tekmar Controlsin valikoimasta. Anturiparin mallinimi on Snow/Ice Sensor 094 (kuva 4), joka sekin on tarkoitettu käytettäväksi Tekmar Controlsin oman lumensulatusyksikön kanssa. Anturiparista löytyi kuitenkin tarvittavat kytkentäkuvat sekä vastusalueet, jotka tietämällä se on mahdollista kytkeä myös kolmannen osapuolen järjestelmään.

Kyseessä on viisijohtimisella kaapelilla varustettu anturipari, josta löytyy samat ominaisuudet kuin nykyisin käytössä olevasta mallista, eli lämpötila-anturi, kosteusanturi ja lämmitysvastus. Näiden lisäksi siitä löytyy vielä oma lämpötila-anturi lämmitysvastuksen lämpötilan mittaukselle. ETOG-55:sta poiketen lämpötila-anturit ovat 10 K $\Omega$  NTC-vastuksia. Myös kosteusanturi eroaa resistanssi-arvoiltaan, sillä resistanssin ollessa 2 M $\Omega$  indikoidaan kuivaa ja resistanssin ollessa 10 K $\Omega$  ja 300K $\Omega$  välillä indikoidaan kosteutta.



KUVA 4. Tekmar Controlsin Snow/Ice Sensor 094 (Tekmar Controls)

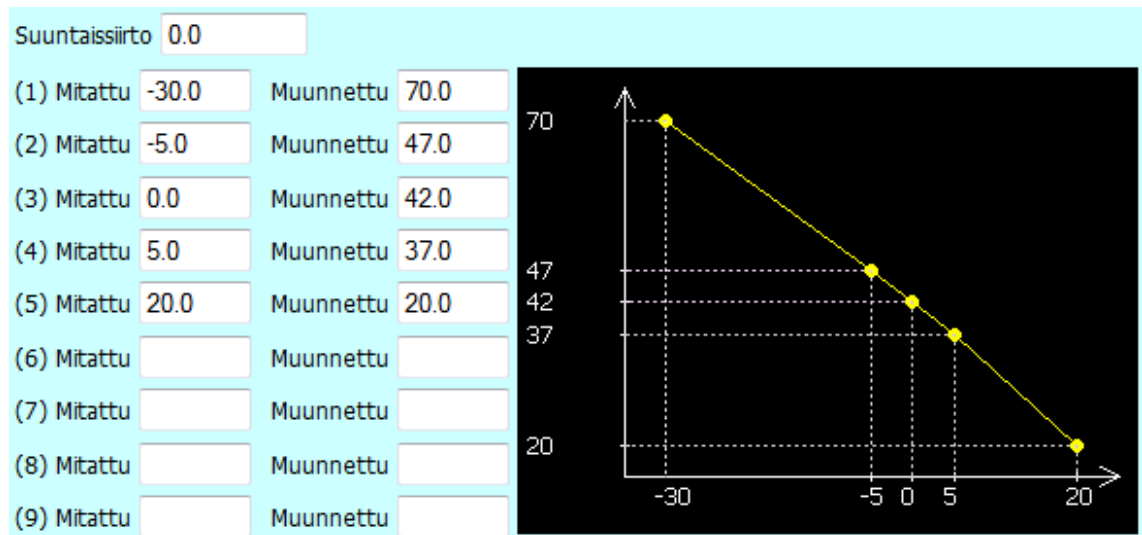
### 3.3 Verkoston liuoksen lämpötilan säätö

Tällä hetkellä järjestelmän ollessa lumensulatuskäytöllä pyritään verkostossa kiertävä liuos pitämään 35 °C lämpötilassa riippumatta ulkolämpötilasta. Kun sääennusteet saadaan käyttöön automaatiojärjestelmään ja lumensulatus käynnistettyä kaksi tuntia ennen varsinaisen lumisateen alkua, voidaan liuoksen lämpötilaa säätää ulkolämpötilan perusteella. Kadun pinta ehtii tämän kahden tunnin aikana lämmetä, jolloin järjestelmän käyttö täydellä teholla kaikissa tilanteissa ei ole tarpeen. Tässäkin kohtaa on kuitenkin muistettava sääennusteiden mahdollinen virheellisyys. Tämän vuoksi mikäli valmiustilasta siirrytään lumensulatuskäyttöön katuantureiden indikoiman kosteuden perusteella, tulee liuos pitää 35 °C lämpötilassa. Tällöin lumisade on jo alkanut, jolloin kadun pinta on saatava mahdollisimman nopeasti lämpimäksi.

#### 3.3.1 Muutokset nykyiseen säätöön

Jotta sulanapitoputkiston liuoksen lämpötila saadaan säädetyksi ulkolämpötilan perusteella, täytyy lämpötilan asetusarvo muuttua ohjattavaksi säätökäyrän perusteella. Joissain tapauksissa säätökäyrästä käytetään myös nimitystä muunnostaulukko. Säätökäyrää käytetään yleensä ohjaamaan rakennuksen patteriverkostoon menevän veden lämpötilaa, mutta sitä voidaan hyödyntää myös tässä tapauksessa.

Säätökäyrä määrittelee patteriverkostoon menevän veden lämpötilan asetusarvon ulkolämpötilan mukaan. Kuvassa 5 on esimerkki tyypillisestä patteriverkostossa käytettävästä säätökäyrästä. Mitatut arvot kuvaavat ulkolämpötilaa ja muunnetut patteriverkostoon menevän veden asetusarvoa ulkolämpötilan vastatessa mitattua arvoa. Kuvan tapauksessa ulkolämpötilan ollessa -30 °C on patteriverkoston menoveden asetusarvo 70 °C ja niin edelleen. Näiden eri pisteiden perusteella saadaan piirrettyä itse säätökäyrä, jossa ilmoitetaan menoveden lämpötila ulkolämpötilan suhteen.



KUVA 5. Esimerkki Fidelixin automaatiojärjestelmässä käytettävästä säätökäyrästä

Sulanapitojärjestelmän tapauksessa toiseen ääripäähän asetetaan mitatuksi arvoksi  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , koska tämä on kylmin lämpötila jossa lumensulatuskäyttö on vielä toiminnassa. Mitatun ulkolämpötilan ollessa kylmimmillään täytyy vastavuoroisesti liuoksen lämpötila asettaa maksimiarvoonsa. Tällöin muunnetuksi arvoksi asetetaan  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Vastaavasti toiseen ääripäähän asetetaan mitatuksi arvoksi lämpimin lämpötila, jossa lumensulatuskäyttö voi vielä olla käytössä, eli  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Muunnettua arvoa tälle on kuitenkin mahdotonta sanoa, koska järjestelmän mitoitusaste tai maaperän rakenne ei ole tiedossa. Säätökäyriä on yleensäkin lähes mahdotonta saada kerralla oikein, vaan ne vaativat eri arvojen kokeilua ennen kuin käyrän oikea malli löytyy.

Mitatulle  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  lämpötilalle kannattaa aluksi asettaa muunnetuksi arvoksi muutamaa celsiusastetta pienempi arvo kuin mitatun  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ :n muunnetulle arvolle. Tämän jälkeen seurataan järjestelmän toimintaa lumensulatuskäytöllä. Mikäli järjestelmä toimii ja lumi sulaa halutusti ulkolämpötilan ollessa plussan puolella, voidaan muunnettua arvoa laskea. Tämän jälkeen seurataan taas toimintaa ja lasketaan muunnettua arvoa niin kauan, kunnes lämpöisessä ulkolämpötilassa liuoksen lämpötila ei riitä lumen sulattamiseen. Oikea käyrän muoto on tällöin löytynyt ja muunnetuksi arvoksi palautetaan edellinen arvo, joka vielä riitti lumen sulattamiseen.

## 4 SÄÄENNUSTEET ERI AUTOMAATIOJÄRJESTELMISSÄ

Sääennusteiden hyödyntämiseksi tarvitaan automaatiojärjestelmä johon ennusteet on mahdollista tuoda. Työn tilaajan toiveesta selvitettiin mahdollisuudet sääennusteiden tuomiseksi sen useimmin käyttämiin taloautomaatiojärjestelmiin, jotka löytyvät Fidelixiltä, Schneider Electriciltä sekä Siemensiltä. Näiden lisäksi selvitettiin pelkkien sääennustepalveluiden tarjoajia.

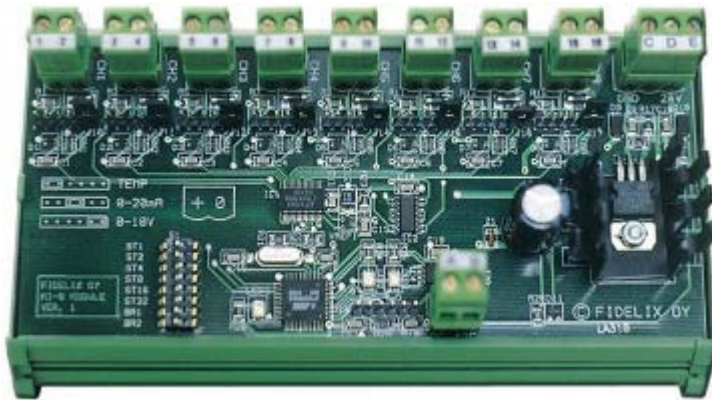
### 4.1 Fidelix

Fidelix yhdistää rakennusautomaatiojärjestelmän mittarit, anturit, toimilaitteet sekä säätimet yhdeksi kokonaisuudeksi. Automaattisen toiminnan lisäksi sitä voidaan hallita paikallisten käyttöliittymien tai etäyhteyden avulla. Fidelix-automaatiojärjestelmä on modulaarinen, joten se on mahdollista muokata oikean kokoiseksi asennuskohteen vaatimusten mukaisesti. (Fidelix Oy yleisesite 2012, 2)

Fidelixin automaatiojärjestelmä koostuu erillisestä ala-asemasta (esim. FX-2030A, kuva 6) sekä I/O-moduuleista (kuva 7), jotka liitetään ala-asemaan Modbus-väylän avulla (Fidelix Oy FX-2030A esite 2014, 1). Lisäksi yrityksen valikoimasta löytyy myös FX-Spider -niminen ala-asema, johon on valmiiksi integroitu 40 I/O -liitäntää.



KUVA 6. Fidelix FX-2030A -ala-asema (Fidelix Oy)



KUVA 7. AI-8 -moduuli, jossa kahdeksan analogista sisääntuloa (Fidelix Oy)

FX-2030A -ala-aseman käyttöjärjestelmänä on Windows CE Professional ja se on koteloitu kestäväan teollisuus-PC -koteloon. Ala-aseman ohjelmointi tapahtuu käyttäen avointa IEC 61131-3 -standardia ja sen avulla voidaan hallita kaikkia projektissa tarvittavia I/O -pisteitä. Kommunikointi keskusyksikön ja I/O-moduuleiden kanssa tapahtuu Modbus RTU -protokollalla, jonka avulla myös muiden laitteiden liittäminen automaatiojärjestelmään onnistuu helposti. Ala-asema sisältää 10,4" kosketusnäytön jonka avulla sitä on mahdollista hallita. (Fidelix Oy FX-2030A esite 2014, 1)

Ala-aseman versiossa 10.45 mukaan on tullut mahdollisuus hyödyntää sääennustetta sen toiminnassa. Ennuste on kuukausimaksullinen palvelu ja se tulee aktivoida ennen käyttöä. Tällä hetkellä järjestelmän tarjoamista sääennustekohteista ei löydy Raumaa, mutta se on mahdollista lisätä joko kaupunkikohtaisesti tai GPS-koordinaattien avulla lisähinnasta (Palmu 2014). Sääennusteen arvoja on mahdollista hyödyntää järjestelmän IEC-ohjelmassa ala-aseman toimintojen ohjaamiseen. (Fidelix Oy ohjelmointimanuaali 2013)

IEC-ohjelman funktioblokilla GetForecastDataFB voidaan hakea arvot eri sääsuureille 1-48 tunnin päähän, jotka tallennetaan funktioblokin sisäisiin muuttujiin. Käyttökelpoisia parametreja tämän työn kannalta ovat esimerkiksi lämpötila (Temperature), sademäärä (Rainfall), sateen todennäköisyys (RainProbability) sekä sateen tyyppi (RainTypeValue). (Fidelix Oy ohjelmointimanuaali 2013) Taulukkoon 1 on listattu parametrien palauttavat arvot halutulle ajanhetkelle mahdollisine yksikköineen.

TAULUKKO 1. Eri parametrien palauttavat arvot (Palmu 2014)

Parametri	Parametrin palauttava arvo
Temperature	Lämpötila, °C
Rainfall	Sademäärä, mm/h
RainProbability	Sateen todennäköisyys, 0-100%
RainTypeValue	Sateen tyyppi: 0.0 = sadetta, 1.0 = loskaa ja 2.0 = lunta

#### 4.2 Schneider Electric TAC Xenta -sarja

TAC Xenta -sarja koostuu LonMark-sertifioiduista ohjelmoitavista säätimistä, jotka soveltuvat erikokoisiin järjestelmiin sekä käyttötarkoituksiin. TAC Xenta-sarjan säätimet on suunniteltu käytettäväksi avoimissa järjestelmissä ja niitä on mahdollista yhdistää LonWorks-kenttäväylän välityksellä. Xenta-sarja tarjoaa avoimen sekä edistyneen järjestelmäarkkitehtuurin. Lisäksi standardoitua tietoverkkotekniikkaa käyttämällä saadaan luotua joustava valvontajärjestelmä, johon on mahdollista kytkeä myös muiden valmistajien komponentteja. (Schneider Electric TAC Vista tuoteluettelo 2008, 40)

Xenta-tuoteperhe käsittää monta eri tuoteryhmää, joista löytyy erilaisia säätimiä kohteen käyttötarkoituksen ja tarpeiden mukaan. Lisäksi tuoteperheestä löytyy erilaisia yhdyskäytäviä (kuva 8), joiden avulla on mahdollista esimerkiksi kommunikoida LonWorks-verkkoon TCP/IP-protokollan välityksellä. (Schneider Electric TAC Vista tuoteluettelo 2008, 40)



KUVA 8. TAC Xenta 911, Lonworks - TCP/IP -yhdyskäytävä (Schneider Electric)

TAC Xenta -sarjan säätimet ovat vapaasti ohjelmoitavissa ja ne voidaan asentaa standardikokoiseen koteloon tai laitekaappiin. Säätimiä voidaan käyttää itsenäisesti tai ohjaamaan laajempaa järjestelmää. Säätimet voidaan myös yhdistää TAC Vistaan, jolloin syntyy Windows-ympäristössä toimiva hallintajärjestelmä. (Schneider Electric TAC Vista tuoteluettelo 2008, 40)

TAC Xenta -sarjan säätimet voidaan vaivattomasti sovittaa toimimaan erityyppisten valvontasovellusten kanssa graafisen TAC Menta -ohjelmointityökalun avulla. TAC Menta sisältää kaikki tarvittavat toiminnot TAC Xenta -säätimien ohjelmointia ja käyttöä varten. (Schneider Electric TAC Vista tuoteluettelo 2008, 40)

Schneider Electric tarjoaa automaatiojärjestelmiinsä eValvomo-palvelua, jossa rakennusautomaatiojärjestelmä voidaan liittää internetin välityksellä Schneider Electricin palvelimelle. Tämän avulla automaatiojärjestelmää on mahdollisuus etäkäyttää tavallisen internetselaimen välityksellä. (Schneider Electric kiinteistöautomaatio ylläpitosopimukset)

TAC Vista on ohjelmisto, jonka avulla voidaan tehokkaasti hallita, valvoa ja analysoida ohjattavan järjestelmän päivittäistä toimintaa ja kustannustehokkuutta (Schneider Electric TAC Vista tuoteluettelo 2008, 13). TAC Vistan avulla on mahdollista hakea sääennustedataa, jonka perusteella on mahdollista ohjata TAC Xenta -sarjan säätimiä (Eloranta 2014). Tarkempaa tietoa tämän toiminnallisuuden ohjelmallisesta toteutuksesta ei kuitenkaan saatu. Mikäli käytössä ei ole TAC Vistaa vaan järjestelmä koostuu pelkästään TAC Xenta -säätimistä, on sääennusteet mahdollista tuoda järjestelmään käyttämällä ulkopuolista sääennustejärjestelmää, esimerkiksi Wiseprota.

### **4.3 Siemensin modulaarinen Desigo PXC -sarja**

Siemensin modulaarinen Desigo PXC -sarja koostuu standardikokoiseen DIN-kiskoon asennettavista vapaasti ohjelmoitavista automaatioyksiköistä (kuva 9) sekä niihin liitettävistä lisämoduuleista. Näitä ovat esimerkiksi erilaiset I/O-moduulit sekä niihin vaadittavat virtalähteet. Automaatioyksikön mallista riippuen kommunikointi laitteeseen tapahtuu käyttäen joko BACnet/LonTalk tai BACnet/IP -protokollaa. (Siemens Building Technologies Inc 2008, 1)



KUVA 9. PXC100-E.D, automaatioyksikkö (Siemens AG)

Desigo PXC -järjestelmää on mahdollista hallita esimerkiksi paikallisen operointipaneelin avulla (kuva 10). Järjestelmään on myös mahdollista lisätä web-palvelinmoduuli, jonka avulla järjestelmää voidaan hallita verkosta etänä tavallisella internet-selaimella. (Siemens Building Technologies, Inc) Lisäksi järjestelmä voidaan liittää Desigo Insight -valvomoon, jonka avulla paikallisesta valvomosta on mahdollista hallita järjestelmää sekä esimerkiksi laatia erilaisia raportteja järjestelmän toiminnasta (Siemens AG).



KUVA 10. PXM20-E, paikallinen operointipaneeli (Siemens AG)

Siemensin Desigo PXC -sarjaan ei ole mahdollisuutta tuoda sääennustuksia laitteista itsestään löytyvien ominaisuuksien avulla. Tämä on kuitenkin mahdollista toteuttaa käyttämällä ulkopuolista sääennustejärjestelmää, esimerkiksi Wiseprota.

#### **4.4 Lemminkäinen Wisepro**

Lemminkäinen Wisepro on energianhallintajärjestelmä, jota hyödynnetään eri järjestelmien aiempaa kustannustehokkaammassa säädössä. Wisepron avulla voidaan toteuttaa muuttuvia sääolosuhteita ennakoiva ja todellisen tarpeen mukainen automaattinen säätö. (Lemminkäinen Talotekniikka Oy 2013)

Wisepron kehittämä säätöjärjestelmä yhdistää tiedot ohjattavan järjestelmän ajankohtaisista olosuhteista sääennustuksiin ja säätää näiden tietojen pohjalta automaatiojärjestelmää vastaamaan tulevia säätilan muutoksia. Ennakoivan automaation avulla saavutetaan kiinteistökäytössä 5-20 prosentin säästö energiankulutuksen kokonaiskustannuksissa. (Lättilä 2012)

Wisepron tuottamaa sääennustetietoa voidaan käyttää automaatiojärjestelmissä laitemerkkiriippumattomasti. Tieto voidaan toimittaa automaatiojärjestelmään paikallisen Wisepro-alakeskuksen avulla tai pilvipalveluna. Pilvipalveluna toteutettaessa sääennusteet haetaan internetin välityksellä, josta ne saadaan automaatiojärjestelmän Modbus-väylään Modbus RTU/TCP -yhdyskäytävällä. Paikallisen Wisepro-alakeskuksen kanssa sääennustetieto on mahdollista tuoda suoraan käytettävään automaatiojärjestelmään analogiaviestein. (Känsäkoski 2014)

#### **4.5 Ilmatieteen laitoksen avoimen datan palvelu**

Ilmatieteen laitoksen avoimen datan palvelu on nimensä mukaisesti kaikille avoin palvelu, josta on mahdollista hakea Ilmatieteen laitoksen tietoaaineistoja maksutta julkiseen käyttöön. Datan käyttö vaatii rekisteröinnin avoimen datan verkkopalveluun. (Ilmatieteen laitos 2014)

Tämän työn kannalta oleellinen palvelusta löytyvä tietoaaineisto on sieltä saatava sääennustedata. Sääennustedataa voidaan hakea palvelusta erilaisten URL-osoitteiden avulla, jossa eri parametrein määritellään esimerkiksi mihin kaupunkiin ennuste halutaan hakea ja mitkä sääsuureet ennusteesta halutaan selvittää. (Ilmatieteen laitos 2014)

Esimerkiksi seuraavanlaisella URL-osoitteella on mahdollista hakea lämpötila piste-ennusteena Vanhaan Raumaan:

```
http://data.fmi.fi/fmi-apikey/9b0a2e31-9d80-45e0-9a04-140787b66638/wfs?request=getFeature&storedquery_id=fmi::forecast::hirlam::surface::point::timevaluepair&geoid=6696911&parameters=Temperature
```

Kyseinen haku antaa vastauksena XML-dokumentin, josta löytyy lämpötila-ennuste seuraavan 48 tunnin ajalle tunneittain (kuva 11). Hakuun on mahdollista lisätä useampia ennusteparametreja. Tässä työssä käsiteltävän järjestelmän kannalta lämpötilan (Temperature) lisäksi käyttökelpoisia parametreja ovat esimerkiksi sademäärä (Precipitation1h) sekä lumisade-ennuste (Snow1h).

```
- <wml2:point>
  - <wml2:MeasurementTVP>
    <wml2:time>2014-04-04T12:00:00+03:00</wml2:time>
    <wml2:value>3.49</wml2:value>
  </wml2:MeasurementTVP>
</wml2:point>
- <wml2:point>
  - <wml2:MeasurementTVP>
    <wml2:time>2014-04-04T13:00:00+03:00</wml2:time>
    <wml2:value>3.61</wml2:value>
  </wml2:MeasurementTVP>
</wml2:point>
- <wml2:point>
  - <wml2:MeasurementTVP>
    <wml2:time>2014-04-04T14:00:00+03:00</wml2:time>
    <wml2:value>3.57</wml2:value>
  </wml2:MeasurementTVP>
</wml2:point>
```

KUVA 11. Kuvakaappaus palvelun palauttamasta XML-dokumentista

## 5 TOTEUTUSEHDOTUS

Tässä kappaleessa on esitetty edellisissä kappaleissa tehdyn selvitystyön perusteella toteutusehdotus, jonka perusteella järjestelmää kannattaisi lähteä kehittämään eteenpäin. Ainakin automaatiojärjestelmän vaihto ja katuanturiparien uusiminen kannattaa toteuttaa heti. Sulanapitoputkiston liuoksen lämpötilan säädön muuttamisen suhteen kannattaa katsoa ensin yhden talven verran järjestelmän toimintaa uudella automaatiojärjestelmällä ja sääennustepohjaisella lumensulatuksella. Mikäli nämä toimivat hyvin, kannattaa liuoksen lämpötilan säädön muutos toteuttaa.

### 5.1 Automaatiojärjestelmän vaihto

Automaatiojärjestelmä vaihdetaan nykyisestä Schneider Electricin Xenta-järjestelmästä Fidelixiin. Fidelixiin päädyttiin sen takia, että se tarjoaa itsessään ominaisuuden sääennusteiden käytölle, jolloin ulkopuolisia laitteita tai järjestelmiä ei tarvita. Lisäksi valintaan johti se, että Fidelixin ohjelmointimanageri sisältää hyvin yksityiskohtaisesti ohjeistuksen siitä, miten sääennusteita käytännössä käytetään alakeskuksen ohjelmassa. Järjestelmä olisi siis jo nyt kokonaan toteutettavissa nykyisten tietojen kanssa, toisin kuin muiden vaihtoehtojen kohdalla.

Myös Schneider Electricin järjestelmästä löytyy ominaisuus sääennusteille, mutta huonona puolena nähtiin sen etävalvonta, joka toimii keskitetysti Schneider Electricin omien palvelimien kautta. Järjestelmän ohjelmointi ja muutokset jouduttaisiin tällöin hoitamaan heidän kauttaan, kun Fidelixillä tämä onnistuu ilman sitoumuksia. (Mäkinen 2014)

Siemensin PXC-sarjan kanssa olisi jouduttu käyttämään ulkopuolista Wisepron sääpalvelua. Tällaista kahden eri järjestelmän kombinaatiota ei nähty järkeväksi, kun koko automaatiojärjestelmä ollaan vaihtamassa. Mikäli käytössä olisi ollut alun perin Siemensin automaatiojärjestelmä, olisi ratkaisussa todennäköisesti päädytty vain Wisepron lisäämiseen siihen.

Myös ilmatieteen laitoksen avoimen datan palvelu olisi ollut mielenkiintoinen vaihtoehto, sillä sen käyttäminen olisi ollut täysin ilmaista muihin palveluihin verrattuna. Palvelun palauttaman XML-datan sisällön saamiseksi automaatiojärjestelmään vaadittaisiin kuitenkin paikallinen valvomo-PC (Mäkinen 2014), jota ei nähty järkevänä toteuttaa. On kuitenkin mielenkiintosta nähdä, millaisia palveluita avointa dataa hyödyntämällä saadaan tulevaisuudessa toteutettua.

## **5.2 Vanhojen katuanturiparien uusiminen**

Nykyisten katuanturiparien liitokset tarkistetaan ja tarvittaessa anturiparit vaihdetaan uusiin vastaaviin, mikäli viallisia anturipareja löytyy. Katuanturiparien mallia ei nähty järkeväksi vaihtaa, sillä vaihtoehtoisia malleja löytyi ainoastaan yksi ja sekin on toiminnaltaan käytännössä identtinen nykyisin käytössä olevan mallin kanssa. Lisäksi katuanturiparien johdotus on mitoitettu nykyisiä antureita silmällä pitäen, joka ei välttämättä olisi riittävä Tekmar Electronicsin vaihtoehtoiselle anturiparille.

Jatkossa anturiparien kunto sekä toiminta tulisi tarkistaa säännöllisesti, ettei nykyisen kaltaista tilannetta pääse syntymään, jossa osa antureista ei toimi tai antaa virheellisiä mitta-arvoja.

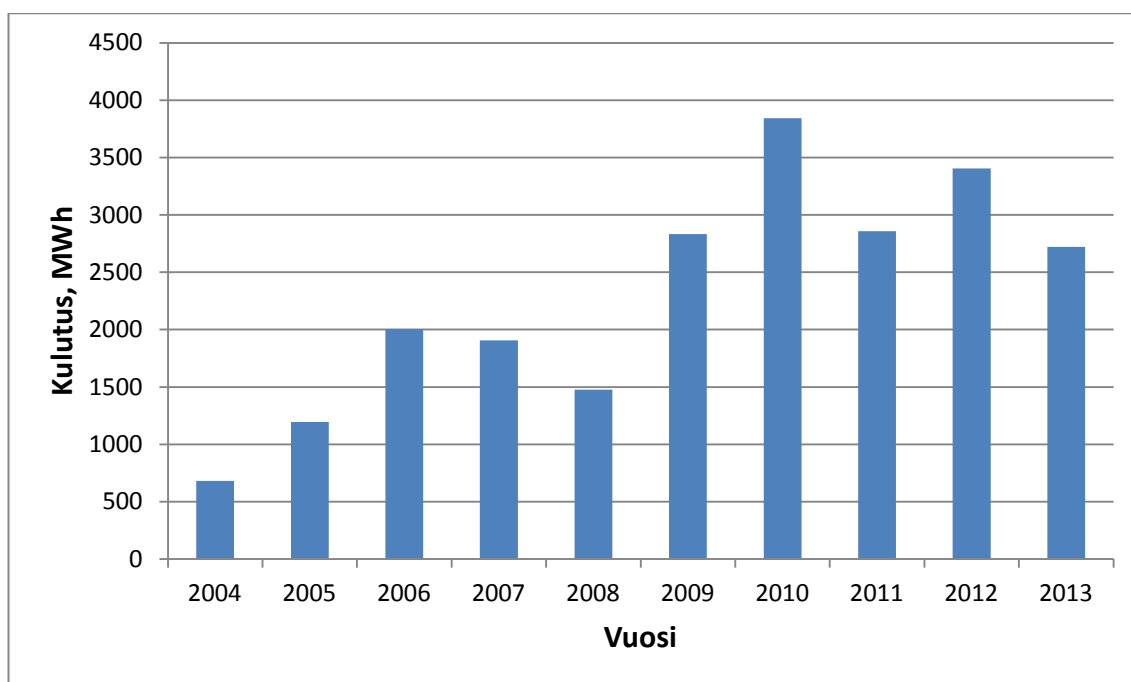
## **5.3 Sulanapitoputkiston liuoksen lämpötilan säädön muuttaminen**

Vaihdetaan sulanapitoputkiston liuoksen lämpötilan asetusarvo kiinteästä arvosta säätökäyrällä ohjattavaksi. Tämä muutos edellyttää, että myös automaatiojärjestelmä vaihdetaan ja sääennustepohjainen lumensulatus otetaan käyttöön. Muutos ei toimi nykyisen järjestelmän kanssa, sillä se ei osaa käynnistää lumensulatusta ennakkoon.

## 6 JÄRJESTELMÄN ENERGIATEHOKKUUS

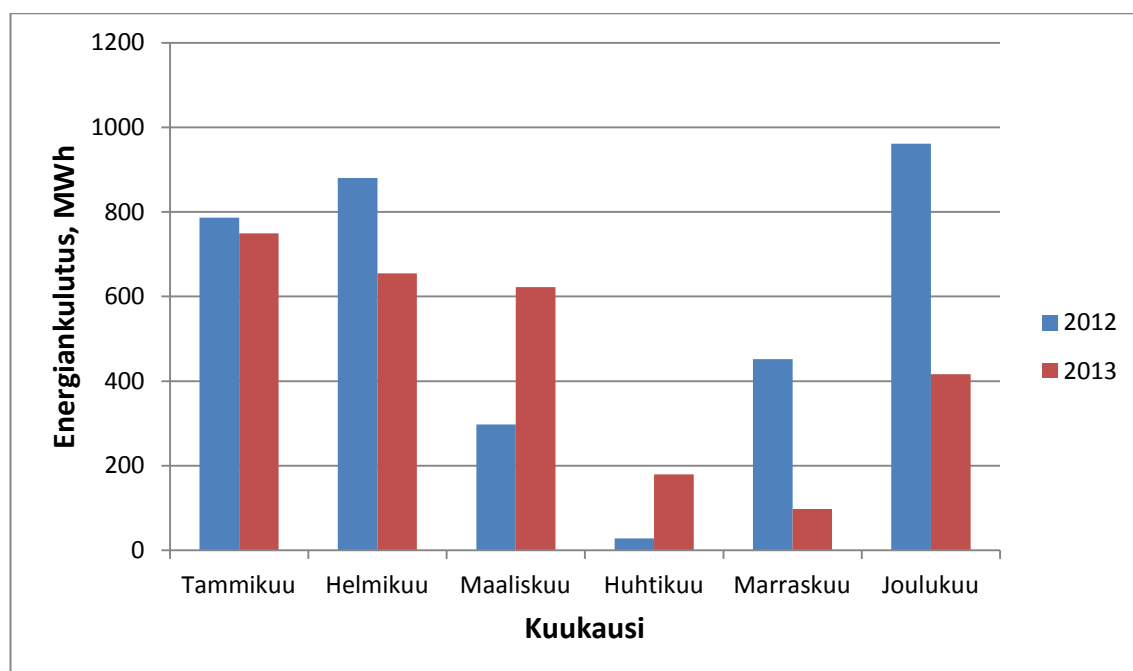
Tällä hetkellä sulanapitojärjestelmä on mitoitusteholtaan 2700 kW (Rauman Energia Oy 2014). Mitoitustehon ollessa näin suuri on järjestelmän käyttöä pidettävä tarkasti silmällä. Lumensulatus ei voi olla turhaan käytössä, sillä siitä aiheutuvat kulut nousevat todella korkeiksi.

Kuviossa 2 on esitetty järjestelmän energiankulutus vuosittain vuodesta 2004 alkaen. Kuvioista näkee hyvin miten järjestelmää on vuosi vuodelta laajennettu, jolloin myös kulutus on kasvanut. Tästä syystä järjestelmän tehonkulutuksista on hankala tehdä minkäänlaisia johtopäätöksiä, koska tarkkaa ajankohtaa eri muutoksille sekä muutosten suuruudelle ei ole tiedossa.



KUVIO 2. Järjestelmän energiankulutus vuosittain (Rauman Energia Oy 2014)

Kuviossa 3 on vertailtu vuoden 2012 ja vuoden 2013 energiankulutuksia kuukausittain. Taulukosta 2 löytyvät näiden vuosien ja kuukausien keskilämpötilat. Kummankin vuoden ensimmäisellä puoliskolla järjestelmä on pysynyt samana, joten energiankulutukset ovat vertailtavissa. Luvuista käy hyvin ilmi, miten esimerkiksi helmikuussa vain 4,6 °C muutos kuun keskilämpötilassa on vaikuttanut noin 200 megawattitunnin verran energiankulutukseen.



KUVIO 3. Vuoden 2012 ja 2013 energiankulutukset kuukausittain (Rauman Energia Oy)

TAULUKKO 2. Vuosien 2012 ja 2013 kuukausien keskilämpötilat (Rauman Energia Oy)

	2012	2013
Tammikuu	-5,2 °C	-4,8 °C
Helmikuu	-6,9 °C	-2,3 °C
Maaliskuu	0,0 °C	-5,7 °C
Huhtikuu	2,9 °C	2,0 °C
Marraskuu	2,4 °C	2,8 °C
Joulukuu	-7,5 °C	0,7 °C

### 6.1 Arvio kehitysehdotusten tuomasta energiatehokkuuden parannuksesta

Koska tarkempia järjestelmän käyttötunteja ei ole tiedossa, on käytännössä mahdotonta arvioida mitenkään luotettavasti kehitysehdotuksilla saavutettavaa energiatehokkuuden parannusta. Jotta tätä voitaisiin arvioida, tulisi tietää vähintään tunnin tarkkuudella milloin järjestelmä on ollut lumensulatuskäytöllä. Tämän lisäksi vaadittaisiin myös tiedot lumisateista vastaavalta ajalta Vanhassa Raumassa. Näiden tietojen perusteella voitaisiin päätellä kuinka monta tuntia lumensulatuskäyttö on mahdollisesti ollut

turhaan päällä ja kuinka paljon sitä olisi ollut ennustepohjaisella säädöllä mahdollista kompensoida.

Järjestelmän energiankulutus on kuitenkin joka tapauksessa niin suurta, että jo pienilläkin energian säästöillä saavutetaan pitkällä aikavälillä merkittäviä kustannuksia. Esimerkiksi Wisepro lupaa kiinteistökäytössä 5-20 prosentin säästöä energiankulutuksen kokonaiskustannuksissa (Lättilä 2012). Nämä lukemat eivät toki ole suoraan verrannollisia tämän järjestelmän säästöistä puhuttaessa, sillä sulanapitojärjestelmä eroaa kiinteistökäytöstä merkittävästi. Jos kuitenkin ajatellaan, että ennustavalla säädöllä säästettäisiin edes mainitut 5 prosenttia järjestelmän energiankulutuksen kokonaiskustannuksista, tekisi se esimerkiksi vuoden 2013 kokonaiskulutuksesta:

$$E_{\text{säästö}} = 0,05 * 2721,9 \text{ MWh} = 136,1 \text{ MWh} \quad (1)$$

Tämä ei heti välttämättä kuulosta paljolta, mutta pidemmällä tähtäimellä asiaa ajatellessa alkavat säästöt vuosien saatossa nousta merkittävästi. Lisäksi tulee muistaa, että kyseessä on ainoastaan puhdas arvio energiansäästöistä. Säästöä voi tulla enemmänkin kuin edellä mainitut 5 prosenttia. Tämä on kuitenkin selvitettävissä ainoastaan laittamalla toteutusehdotukset käytäntöön.

## 7 POHDINTA

Työ onnistui asetettuihin tavoitteisiin nähden hyvin ja tuloksena saatiin selvitys miten käytössä olevaa sulanapitojärjestelmää olisi mahdollista parantaa energiatehokkaammaksi. Tämän ohella saatiin myös kattavasti tietoa siitä, miten sääennusteita on mahdollista käyttää hyväksi eri automaatiojärjestelmissä. Tämä oli saadun selvityksen ohella mielenkiintoista, sillä aiheesta ei ole tarjolla ainakaan julkisesti vastaavaa tietoa. Myöskään vastaavan kokoisista sulanapitojärjestelmistä ei löytynyt dokumentaatiota, joten senkin suhteen lähdettiin käytännössä täysin nollasta.

Työtä tehdessä suurimmaksi ongelmaksi muodostui edellä mainittu mahdollisten lähteiden puute asioiden selvittämiseksi. Tämän ansiosta jouduttiin tekemään paljon taustatutkimusta esimerkiksi eri automaatiojärjestelmien valmistajilta sekä Rauman kaupungilta. Oman haasteensa asetti myös se, että järjestelmää on laajennettu vuosien varrella niin monta kertaa, että osa saadusta dokumentaatiosta oli esimerkiksi ristiriidassa keskenään. Harmillista oli myös huomata, että eräät automaatiojärjestelmävalmistajat antoivat kovin niukasti tietoa järjestelmistään, jonka ansiosta ei niiden toimintaa sääennusteiden käytön suhteen saatu selvitettyä tarpeeksi käytännön osalta.

Tarkoituksena oli myös pohtia järjestelmän energiatehokkuuden parannusta joka esitetyillä kehitysehdotuksilla saataisiin aikaan. Tämän osalta järjestelmän käytöstä ei saatu tarpeeksi dataa tarkempien tulosten selvittämiseksi, joten esitetty pohdinta jäi täysin arvioksi eikä sille kannata antaa kovin suurta painoarvoa järjestelmän mahdollista toteutusta pohdittaessa.

Työssä esille tullut Ilmatieteen laitoksen avoimen datan palvelu nähtiin mielenkiintoisimpana asiana sääennusteiden suhteen. Koska kyseessä on täysin avoin ja maksuton palvelu, voi kuka tahansa ryhtyä kehittämään sen ympärille mitä erilaisimpia omia palveluitaan. On mielenkiintoista nähdä, mihin kaikkeen tätä mahdollisuutta saatetaan tulevaisuudessa hyödyntää. Tämän työn tekijällä on ainakin jo muutama idea mielessä.

## LÄHTEET

Eloranta, H. eValvomo-päällikkö. 2014. Kysymys kiinteistöautomaatiosta. Sähköpostiviesti. hanna.eloranta@schneider-electric.com. Luettu 11.3.2014.

Fidelix Oy. 2014. Fidelix FX-2030A -esite. Luettu 8.4.2014.  
[http://www.fidelix.fi/documents/tuki/FX2030A\\_EN.pdf](http://www.fidelix.fi/documents/tuki/FX2030A_EN.pdf)

Fidelix Oy. 2013. Ohjelmointimanuaali. Saatavissa ainoastaan Fidelix Oy:n työntekijöille sekä jälleenmyyjille.

Fidelix Oy. 2012. Yleisesite. Luettu 8.4.2014.  
[http://www.fidelix.fi/documents/FI/Fidelix\\_yleisesite\\_v4.5\\_12.09.2012\\_FIN\\_WEB.pdf](http://www.fidelix.fi/documents/FI/Fidelix_yleisesite_v4.5_12.09.2012_FIN_WEB.pdf)

Hartonen, S. 2008. Sää ympäri vuoden. Helsinki: Kirjapaja.

Härkönen, P., Mikkola, J., Piikkilä, V., Sahala, A., Sahlstén, T., Sandström, B., Sirviö, A., Spangar, T., Sulku, J. 2012. Rakennusautomaatiojärjestelmät. 3. painos. Espoo: Sähköinfo Oy

Ilmatieteen laitos. 2014. Avoin data. Www-sivu. Luettu 8.4.2014.  
<https://ilmatieteenlaitos.fi/avoin-data>

Karttunen, H., Koistinen, J., Manner, O., Saltikoff, E. 2008. Ilmakehä, sää ja ilmasto. Keuruu: Ursa ry

Känsäkoski, J. 2014. Wisepro-järjestelmä lumensulatusautomaatiikkaan. Sähköpostiviesti. janne.kansakoski@lemminkainen.com. Luettu 8.4.2014.

Lättilä, H. 2012. Lemminkäinen ostaa energiansäästöteknologiaa tuottavan Wisepro. Rakennuslehti. Www-sivu. Luettu 8.4. 2014.  
[www.rakennuslehti.fi/uutiset/talous/28944.html](http://www.rakennuslehti.fi/uutiset/talous/28944.html)

Mäkinen, J. toimitusjohtaja. 2014. Haastattelu 27.2.2014. Haastattelija Koskinen, M. Rauma.

OJ Electronics. 2013. Frequently Asked Questions. Www-sivu. Luettu 10.4.2014.  
<http://www.ojelectronics.com/FAQ-Snowmelting-4040.aspx>

Palmu, S. tuotekehitysinsinööri. 2014. Kysymyksiä sääennustetoiminnosta. Sähköpostiviesti. sami.palmu@fidelix.fi. Luettu 31.3.2014.

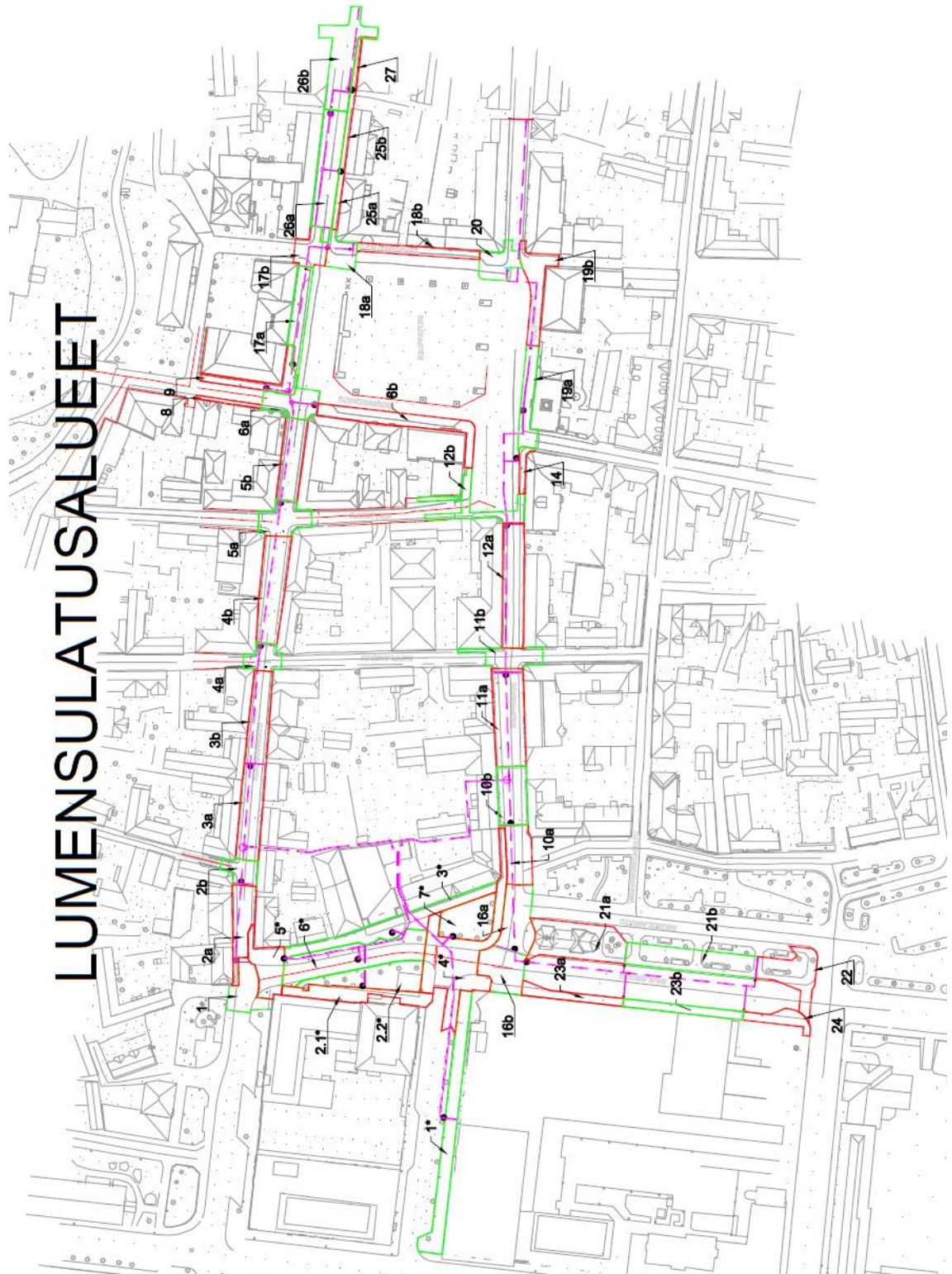
Rantanen, J. 2009. Rauman keskustaa kivetetään ja laatoitetaan vielä vuosia. Turun Sanomat. Www-sivu. Luettu 24.2.2014.  
<http://www.ts.fi/uutiset/kotimaa/1074331904/Rauman+keskustaa+kivetaan+ja+laatoitetaan+viela+vuosia>

Rauman Energia Oy. Lumensulatusdataa. Sähköpostiviesti. jouni.kartano@raumanenergia.fi. Luettu 8.4.2014.

- Schneider Electric. 2008. TAC Vista Tuoteluettelo. Luettu 8.4.2014.  
[http://www.tac.com/fi/data/internal/data/08/71/1255335652546/CAT\\_VISTA\\_A4\\_suomi\\_verkkolaatu.pdf](http://www.tac.com/fi/data/internal/data/08/71/1255335652546/CAT_VISTA_A4_suomi_verkkolaatu.pdf)
- Schneider Electric. Kiinteistöautomaatio ylläpitosopimukset. Luettu 8.4.2014.  
[http://www.schneider-electric.fi/sites/finland/fi/tuotteet-palvelut/palvelut/yllapitosopimukset\\_kiinteistoautomaatio.page](http://www.schneider-electric.fi/sites/finland/fi/tuotteet-palvelut/palvelut/yllapitosopimukset_kiinteistoautomaatio.page)
- Siemens AG. Desigo Insight valvomo. Www-sivu. Luettu 8.4.2014.  
[http://www.siemens.fi/fi/infrastructure\\_and\\_cities/talotekniikka/rakennusautomaatio/saatolaitteet\\_ja\\_jarjestelmat/desigo\\_insight\\_valvomo.htm](http://www.siemens.fi/fi/infrastructure_and_cities/talotekniikka/rakennusautomaatio/saatolaitteet_ja_jarjestelmat/desigo_insight_valvomo.htm)
- Siemens Building Technologies, Inc. 2008. PXC Modular Series for BACnet Networks. Luettu 8.4.2014.  
[http://www.bacnetinternational.net/catalog/manu/siemens/149487\\_PXCModular.pdf](http://www.bacnetinternational.net/catalog/manu/siemens/149487_PXCModular.pdf)
- Tekmar Controls. 2014. Installation & Operation Manual. Luettu 10.4.2014.  
[http://tekmarcontrols.com/images/\\_literature/090\\_dl\\_07.pdf](http://tekmarcontrols.com/images/_literature/090_dl_07.pdf)
- Rauman keskustan kehittäminen. 2001. Anundilanaukio. Www-sivu. Luettu 24.2.2014.  
[http://www.rauma.fi/tevi/Kuntek/Keskustan\\_kehittaminen/anundilanaukio.htm](http://www.rauma.fi/tevi/Kuntek/Keskustan_kehittaminen/anundilanaukio.htm)
- Lemminkäinen Talotekniikka Oy. 2013. Lemminkäinen Wisepro. Www-sivu. Luettu 8.4.2014. <http://www.wisepro.fi/>

# LIITTEET

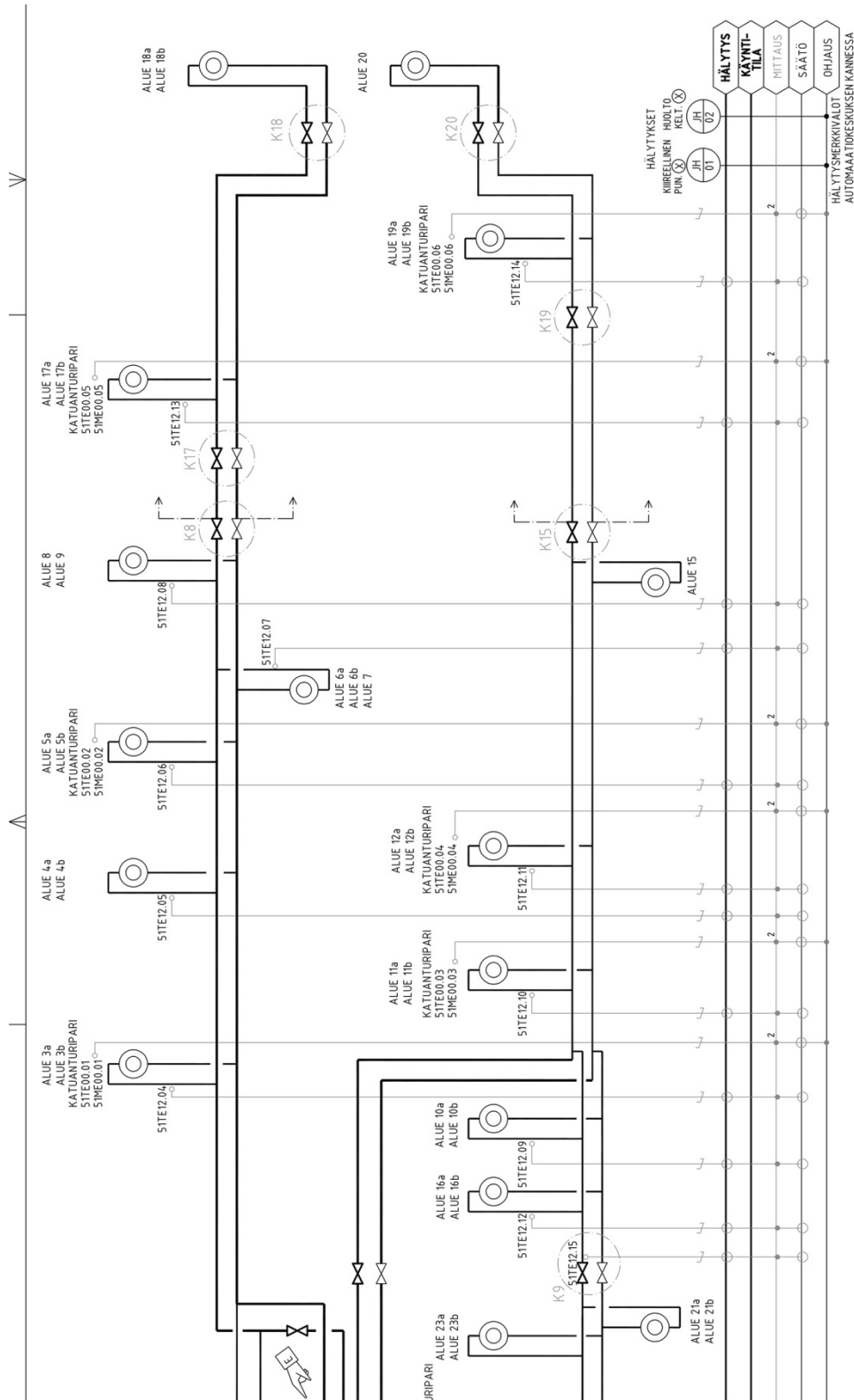
Liite 1. Sulanapidon aluekartta, Rauman kaupunki





Liite 2. Säätoikaavio ja toimintaselustus, Rauman kaupunki

2 (3)



E	18.10.2011
D	31.03.2011
C	20.03.2008
B	21.03.2006
A	19.3.2004
MUUTOS	
	PVM

3 810 - JÄRJESTELMÄSTÄ TAI EBERLE ESPI MITTAVAT KADUN LÄMPÖTILAA JA TUNNISTAVAT KOSTEUDEN.  
 5 PÄÄLTÄ, KUN JÄRJESTELMÄ ON LUMENSULATUKSÄKÄYTÖLLÄ.  
 TEI, JONKA LÄMMITYSVASTUSTA EI KYTTÄTÄ, MITTAA LÄMPÖTILAA.  
 ÖTILAA MITTAAVA OSA ON VESITILASSA SIIRTIMEN SISÄLLÄ.  
 A. NOPEATOMMINEN (63%:n AIKAVARIO ALLE 20s).

