

Kiinteistön lämpötilojen pysyvyyksien esittäminen rakennusautomaatiojär- jestelmässä

Ville Karhu

Opinnäytetyö

Marraskuu 2021

Tekniikan ala

Insinööri (AMK), sähkö- ja automaatiotekniikka

Tekijä(t) Karhu, Ville	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä lokakuu 2021
	Sivumäärä 25	Julkaisun kieli Suomi
		Verkkojulkaisulupa myönnetty: X
Työn nimi Kiinteistön lämpötilojen pysyvyyksien esittäminen rakennusautomaatiojärjestelmässä		
Tutkinto-ohjelma Insinööri (AMK), sähkö- ja automaatiotekniikka		
Työn ohjaaja(t) Ström Markku, Flyktman Teppo		
Toimeksiantaja(t) Integrio Oy		
Tiivistelmä Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Integrio Oy. Yritys on erikoistunut kiinteistönhallintajärjestelmien sekä rakennusautomaation asiantuntijatehtäviin. Yritys rakentaa automaatiojärjestelmiä uudisrakennuksiin sekä tekee saneerauksia olemassa oleviin automaatiojärjestelmiin. Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda käyttöliittymä, missä asiakas, esimerkiksi kiinteistön omistaja tai huoltoyhtiö, näkee kiinteistön eri asuntojen lämpötilatiedot yhdellä silmäyksellä. Tällaisia tietoja olivat esimerkiksi asunnon tämänhetkinen lämpötila sekä edellisten kuukausien lämpötilojen pysyvyys. Lämpötilan pysyvyyttä seurataan annettavilla lämpötilan ylä- ja alaraja-arvoilla. Asiakkaan toiveena oli, että raja-arvoja voisi muokata kuukausikohtaisesti. Opinnäytetyö toteutettiin Schneider Electric EcoStruxure -ohjelmistolla. Ohjelmiston grafiikkaeditorilla luotiin käyttöliittymä. Käyttöliittymässä tarvittava laskenta ja ohjelmaloogiikka, sekä muuttujien linkittäminen käyttöliittymän komponentteihin, toteutettiin Plain English -koodikielellä. Käyttöliittymästä tuli asiakkaan toiveiden mukainen. Asiakas pystyy nopeasti selaamaan kiinteistönsä asuntojen lämpötilat ja niiden pysyvyyden sekä reagoimaan nopeasti mahdollisiin ongelmakohtiin. Nopealla reagoimisella asiakas voi potentiaalisesti säästää rahaa. Toimeksiantajayritys pystyy hyödyntämään tätä opinnäytetyötä valmiina pohjana heidän tulevilla projekteillaan. Tämä nopeuttaa projektin valmistumista sekä toimii tulevaisuudessa hyvänä myyntivalttina.		
Avainsanat (asiasanat)		
Kiinteistöautomaatio, Schneider Electric EcoStruxure, lämpötilanpysyvyys		
Muut tiedot (Salassa pidettävät liitteet)		
MALLI: Liitteet 1,4 ja 7 ovat salassa pidettäviä, ja ne on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon perusteena on viranomaisten toiminnan julkisuudesta annetun lain (621/1999) 24 §:n kohta 17: yrityksen liike- tai ammatillisaisuus. Salassapitoaika on viisi (5) vuotta. Salassapito päättyy 30.9.2024.		

Author(s) Karhu, Ville	Type of publication Bachelor's thesis	Date October 2021
		Language of publication: Finnish
	Number of pages 25	Permission for web publication: X
Title of publication Title Presentation of property temperature constants in a building automation system		
Degree programme Electric and Automation Engineering		
Supervisor(s) Ström, Markku & Flyktman, Teppo		
Assigned by Integrio Oy		
Abstract Acting principal for the thesis was Integrio Oy. A company that provides expert services for property management and building automation systems. They build automation systems for new constructions and redesign existing automation systems of old buildings. Objective for the thesis was to build a user interface that customer, e.g. real estate owner or maintenance company, can use to see temperature of each department at a glance. Such information was e.g. current temperature of the department and temperature stability during the previous months. Temperature stability was measured by comparing the temperature to the predefined temperature upper and lower limits. It was customer's request that these limits could be modified for each month. Thesis was done by using Schneider Electric EcoStruxure software. User interface was created by using EcoStruxure graphic editor. Calculations, program logic and needed links between user interface and program variables were implemented using Plain English -programming language. The result of the user interface was according to the customer's demands. Customer can easily browse the temperatures and their stability of each department in his/her real estate and quickly react to any potential problem. By reacting rapidly customer can eventually save money. Integrio Oy, the acting principal for the thesis, can utilize this thesis as a ready-made template for their future projects. It speeds up the completion of the projects and works as a good selling point in the future		
Keywords/tags (subjects) Building automation, Schneider Electric EcoStruxure, temperature stability		
Miscellaneous (Confidential information)		

Sisältö

Sanasto	3
1 Johdanto	4
2 Tietoperusta	5
2.1 Schneider Electric	5
2.2 Schneider Electric EcoStruxure.....	6
2.2.1 EcoStruxure Building:	7
2.3 Lämpötilan mittaus.....	8
2.3.1 Lämpötilojen säädökset.....	8
2.3.2 Produal Proxima® WBU	8
2.3.3 Produal Proxima® WTR.....	9
2.3.4 Produal Proxima® MESH -verkko.....	10
2.3.5 NTC Termistori.....	12
2.4 Paint.net	13
3 Toteutus.....	14
3.1 Suunnittelu	14
3.2 Toteutus.....	15
3.3 Testaus.....	17
3.4 Jatkokehitys	17
4 Tulokset	19
5 Pohdinta.....	20
Lähteet	21
Liitteet	23

Kuviot

Kuvio 1 Schneider EcoStruxuren arkkitehtuuri. (Discover EcoStruxure™. N.d.)7

Kuvio 2 Havainnekuva Produal Proxima® MESH-verkosta (Produal Proxima® WBU – langaton tukiasema. 07.02.2020).....	9
Kuvio 3 Laitteiden välinen yhteys (Langaton Produal Proxima® MESH 2,4 GHz. 07.06.2021.).....	11
Kuvio 4 Kantavuuden heikentyminen eri elementeillä. (Langaton Produal Proxima® MESH 2,4 GHz. 07.06.2021.).....	12
Kuvio 5 NTC:n periaate osoitetuna käyränä. (How to Measure Temperature with an NTC Thermistor, N.d.)	13
Kuvio 6 Raja-arvojen asetukset	16
Kuvio 7 Parenneltu versio alkuperäisestä	
Kuvio 8 Asuntojen lämpötilojen esittäminen grafiikkakuvassa	19

Kuvaotsikkoluettelon hakusanoja ei löytynyt.

Sanasto

EcoStruxure = Schneider Electricin yleinen tuoteperhe, joka kattaa sähkönjakelua, automaatiota, rakennusautomaatiota ja muita osa-alueita.

EcoStruxure Building = Schneider Electricin tuoteperhe rakennusautomaatioliiketoiminnassa. Se sisältää laitteita, ohjelmistoja sekä näihin liittyvää dokumentaatiota.

Produal Proxima® WBU = Produal Oy:n kehittämä langaton tukiasema.

Produal Proxima® WTR = Produal Oy:n kehittämä langaton huoneanturi.

Produal Proxima® MESH = Produal Oy:n kehittämä langaton MESH verkko.

MESH = Verkkotopologia, jonka langattomat laitteet luovat keskenään. Langattomat tukiasemat vastaanottavat sekä lähettävät signaalia. Tukiasemat ovat toisiinsa yhteyksissä ja luovat kattavan verkon. Mikäli joku tukiasema poistuu verkosta, niin toinen tukiasema tulee tilalle.

NTC Termistori = Negative temperature curve. Lämpötila-anturin mittaustekniikka, jossa termistorin vastus pienenee lämpötilan kasvaessa.

Paint.net = Kuvankäsittelyohjelma

1 Johdanto

Integrio Oy on rakennusautomaatioon sekä kiinteistönhallintajärjestelmiin erikoistunut yritys. Integrio Oy perustettiin vuonna 2016. Integrio on Schneider Electric Oy:n virallinen yhteistyökumppani. Tämän myötä yritys käyttää automaatiojärjestelmänä Schneider Electricin luomaa EcoStruxurea. Nykyään yhtiö työllistää 10 henkilöä. Integriolla on kolme toimipistettä, jotka sijaitsevat Tampereella, Vantaalla sekä Oulussa. Pääkonttori sijaitsee Tampereella. Yrityksen toimitusjohtajana toimii Tomi Sammalniemi. (Integrio Oy yritysesittely. N.d.).

Toimeksiantaja oli huomannut, että lämpötila vaihtelee paljon kiinteistön eri osissa. Suurissa kiinteistöissä lämpötilan vaihtelevuus on iso ongelma ja aiheuttaa hankaluuksia kiinteistön asukkaille. Osalla asukkaista saattaa olla sopiva lämpötila, mutta toisilla saattaa olla liian kylmä tai kuuma. Kun kiinteistön lämpötilan pysyvyys on huono, se aiheuttaa turhaa energian kulutusta, joka on suoraan verrannollinen kustannuksien lisääntymiseen. Vastaavasti mikäli kiinteistössä lämpötilan pysyvyys on hyvä, se säästää energiaa ja tätä kautta kustannukset pienevät. Toimeksiantaja oli myös huomannut, ettei kukaan ole aiemmin laskenut kiinteistön lämpötilan pysyvyyksiä automaatiojärjestelmiä hyödyntämällä.

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä lämpötilan pysyvyyksiä laskeva järjestelmä, josta asiakas voi nähdä kiinteistönsä lämpötilojen pysyvyydet annettujen raja-arvojen sisällä. Asiakas pystyisi halutessaan muokkaamaan näitä raja-arvoja ja antamaan tarvittaessa eri raja-arvot eri kuukausille. Toimeksiantaja halusi myös, että kiinteistön lämpötilahistoria voisi näkyä grafiikkakuvassa esimerkiksi edellisen kuukauden tai vuoden osalta. Toiveena oli, että järjestelmä olisi monikäyttöinen ja sitä voitaisiin käyttää monissa eri kiinteistöissä, tehdasrakennuksista kerrostaloihin.

Henkilökohtaisena tavoitteenani oli kehittää osaamistani Schneider Electric EcoStruxure -järjestelmässä, joka on Schneider Electricin uusin automaatioalusta. (Schneider

Electric lanseeraa EcoStruxure Building – ratkaisun – kiinteistön IoT-Teknologia- ja palvelualustan. 23.05.2018.) Tämän järjestelmän oppiminen on tärkeää tulevaisuuden kannalta. Motivaatiota kasvatti paljon myös se, että pääsin tekemään aivan uutta järjestelmää, jota kukaan ei aiemmin ollut tehnyt. Lämpötilojen pysyvyyksiä on mitattu aieminkin, mutta automaatiojärjestelmään sisäänrakennettua käyttöliittymää ei yleisesti ole käytetty. Mielenkiintoisena haasteena koin myös sen, kuinka osaisin muodostaa algoritmin lämpötilojen pysyvyyden laskemiseksi.

2 Tietoperusta

Tässä opinnäytetyön aiheessa on tärkeää ymmärtää, kuinka rakennusautomaatio yleisesti toimii. Se auttaa ymmärtämään kuinka olen toteuttanut lämpötilojen pysyvyyksien laskennan sekä mittaukset. Se auttaa myös luomaan yleiskuvan siitä mitä rakennusautomaatio on ja mihin sitä voi hyödyntää.

2.1 Schneider Electric

Schneider & Cie perustettiin vuonna 1836, kun Schneiderin veljekset ostivat valimon. Aluksi Schneider oli erikoistunut sotatarvikkeiden valmistukseen. 1891 yhtiö alkoi siirtää intressiään sähkömarkkinoille, jotka olivat koko ajan kasvamassa. 1975 yhtiö osti yhden merkittävimmistä sähköteollisuuden tuotteita valmistavista yrityksistä, Merlin Gernin. Tämän jälkeen yhtiö erkaantui täysin teräs- ja laivateollisuudesta ja keskittyi valmistamaan sähköteollisuuden tuotteita. Yritys muutti lopulta nimensä nykyiseen Schneider Electric SE:hen 1999. Nykyään Schneider on yksi maailman suurimpia sähkötuotteita valmistavista yrityksistä (Schneider Electric: 180+ years of history. N.d.)

Schneider Electric on todella merkittävä yhtiö maailmassa. Sen liikevaihto vuonna 2019 oli 27.2 miljardia euroa ja sen liikevoitto oli 2.4 miljardia euroa. Yrityksessä

työskentelee nykyään noin 135 000 henkilöä ympäri maailmaa. (Summary of 2019 Financial and Sustainable Development Report. N.d.)

2.2 Schneider Electric EcoStruxure

EcoStruxure on Schneider Electricin kehittämä uusi arkkitehtuuri, joka tarjoaa ratkaisuja kuudelle eri osa-alueelle: energiantuotanto, tietokonesalit, rakennukset, laitteet, tehtaات ja sähköverkot. EcoStruxurea käytetään neljässä päämarkkina-alueessa: rakennusteollisuus, konesalit, teollisuus ja infrastruktuuri. Heidän uusimmat arkkitehtuurinsa ovat IoT-yhteensopivia, joten eri osa-alueet voivat kommunikoida toistensa kanssa sekä mahdollistaa integroitumisen. (Discover EcoStruxure™. N.d.)

EcoStruxure alustan vastaavat moduulit ovat: EcoStruxure Power, EcoStruxure IT, EcoStruxure Building, EcoStruxure Plant and Machine ja EcoStruxure Grid (Discover EcoStruxure™. N.d.)

EcoStruxure on suunniteltu toimimaan yhdessä Schneider Electricin muiden ohjelmistojen kanssa. Se on skaalautuva, laite- ja järjestelmäriippumaton ympäristö, jota voidaan kasvattaa modulaarisesti. Ohjelmistoon voi hankkia joko omat lisenssit, sen voi tilata vuosittain (Subscribe), tai sen voi hankkia SaaS (Software as a Service) palveluna. Ohjelmiston voi asentaa joko omaan laiteympäristöön tai käyttää sitä pilvipalveluna. (Schneider Electric Rolls Out a Series of EcoStruxure Platforms. 27.09.2017)



Kuvio 1 Schneider EcoStruxuren arkkitehtuuri. (Discover EcoStruxure™. N.d.)

2.2.1 EcoStruxure Building:

EcoStruxure Building on älytaloille suunniteltu avoin järjestelmä, joka voidaan helposti kytkeä osaksi rakennuksen IoT (Internet of Things) verkkoa. Sillä saadaan liitettyä kiinteistönhallintaohjelma ja rakennuksen eri tiedonkeruu- ja ohjauskomponentit yhteen. Käyttäjät pääsevät helposti käsiksi rakennuksesta kerätyyn tietoon ja voivat sen avulla ohjata mm. rakennuksen valaistuksen, LVI:n, palo- ja turvalaitteiden toimintaa. EcoStruxure building on tarkoitettu erityisesti rakennusten omistajien, suunnittelijoiden ja asukkaiden sekä kiinteistönhuoltoyritysten käyttöön. EcoStruxure building sisältää seitsemän eri ohjelmistoa: EcoStruxure Building Operation on rakennusten tapahtumien seurantaan, ohjaukseen sekä optimointiin. EcoStruxure Building Operation – Energy Expert on energiankulutuksen seurantaan ja laskutukseen. EcoStruxure Security Expert on kulunvalvontaan ja murtohälytyksiin. EcoStruxure Fire Expert palohälytyksiin. EcoStruxure Building Advisor on rakennuksen toimintojen seurantaan ja diagnosointiin oleva työkalu. EcoStruxure Workplace Advisor on rakennuksen tilojen käyttöasteen analysointiin. EcoStruxure Apps Studio on ohjelmistokehitysympäristö. (Schneider Electric Rolls Out a Series of EcoStruxure Platforms. 27.09.2017)

2.3 Lämpötilan mittaus

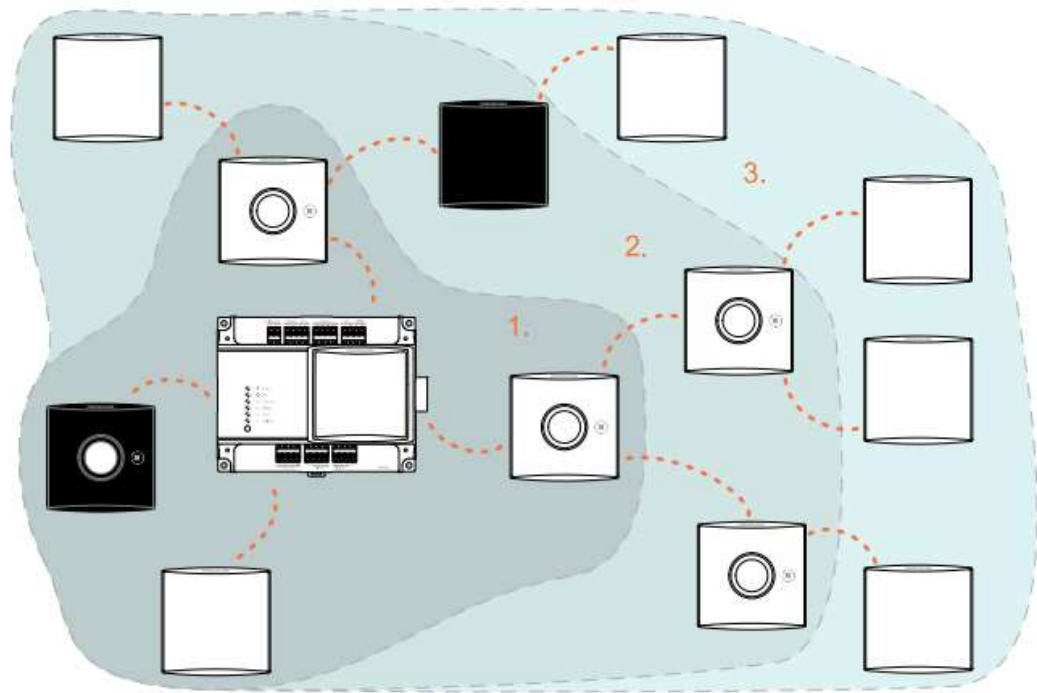
2.3.1 Lämpötilojen säädökset

Vuoden 2018 alussa tuli muutos valtakunnallisiin sisäilmaa ja ilmanvaihtoa koskeviin säädöksiin. Siinä määriteltiin uudet raja-arvot asunnon lämpötilalle. Uusien asuntojen osalta huonelämpötilat saavat vaihdella lämmityskauden aikana 20°C ja 25°C välillä. Lämmityskauden ulkopuolella asuntojen lämpötilat saavat vaihdella 20°C - 27°C välillä. Mikäli asuntojen lämpötila poikkeaa jatkuvasti annetuista raja-arvoista, niin toimenpiteet tämän hillitsemiseksi on aloitettava. (545/2015. 23.04.2015)

Tämä uudistettu säädös tiukensi asuntojen lämpötilojen vaihteluväliä vastaamaan aikaisemmassa säädöksessä jo olleita tiukempia vaatimuksia vanhainkodeille, päiväkodeille sekä oppilaitoksille. (Rakentamisen säädökset muuttuvat. N.d.)

2.3.2 Produal Proxima® WBU

Produal Proxima® WBU on suomalaisen Produal Oy:n kehittämä langattoman verkon tukiasema. Tukiasema luo MESH verkon lähettimille sekä tulomoduuleille. Anturit, jotka tukevat tätä Produalin Proxima®-verkkoa lähettävät sekä vastaanottavat tukiaseman kyselyjä. Tukiasema on kykenevä tukemaan jopa sataa langatonta lähetintä. Vain lähettimet, jotka tukevat Produal Proxima® MESH verkkoa, voidaan liittää langattomasti tukiasemaan. Tukiasemassa on myös muutama liitinpaikka kaapelin avulla kytkettäville antureille. Produal Proxima® WBU pystyy luomaan noin sadan metrin kantaman sisätiloissa ja tuplaamaan sen jopa pariin sataan metriin avoimissa tiloissa. Tukiasema käyttää Produalin kehittämää Produal PUMP alustaa. PUMP tarkoittaa Produal Unified and Modular Platform. Alusta on helposti liitettävissä esimerkiksi Schneiderin automaatiojärjestelmään ModBus RTU:n tai TCP:n avulla. Produal Proxima® WBU käyttää 2,4 GHz verkkotaajuutta. WBU konfiguroidaan Produalin kehittämällä Produal Mytool® sovelluksella. (Produal Proxima® WBU – langaton tukiasema. 07.02.2020)



Kuvio 2 Havainnekuva Proximal Proxima® MESH-verkosta (Proximal Proxima® WBU – langaton tukiasema. 07.02.2020).

2.3.3 Proximal Proxima® WTR

Proximal Proxima® WTR on Proximal Oy:n kehittämä paristokäyttöinen langaton huoneanturi. Tämä huoneanturi tukee Proximal Proxima MESH-verkkoa. Huoneanturit muodostavat MESH-verkon, jossa lähettimet toimivat toistimina sekä lähettiminä toisille huoneantureille. Proximal Proxima® WBU tukiasemaa lähinnä olevat anturit toimivat MESH verkon yhdyskäytävänä. Proximal Proxima® WTR:n signaalin kantama voi vapaassa tilassa olla jopa 100 metriä. Kuitenkin rakennuksien sisätiloissa tyypillisesti kantama on 10–20 m. Huoneanturi toimii 3,6V paristolla ja 2.4 GHz verkkotaajuu-
della. Huoneanturin lämpötilan mittausalue ulottuu 0°C – 50°C. Huoneanturiin on mahdollista lisätä myös kosteus- tai CO₂ -anturi. Se kuinka useasti Proximal Proxima® WTR lähettää lämpötilatiedon voidaan asettaa 30 ja 180 sekunnin välille. Mitä useammin tieto lähetetään, sitä nopeammin paristo kuluu. Proximal Proxima® WTR:n käyttöönotto tehdään Proximalin kehittälemällä Proximal Mytool® sovelluksella. Yhteys

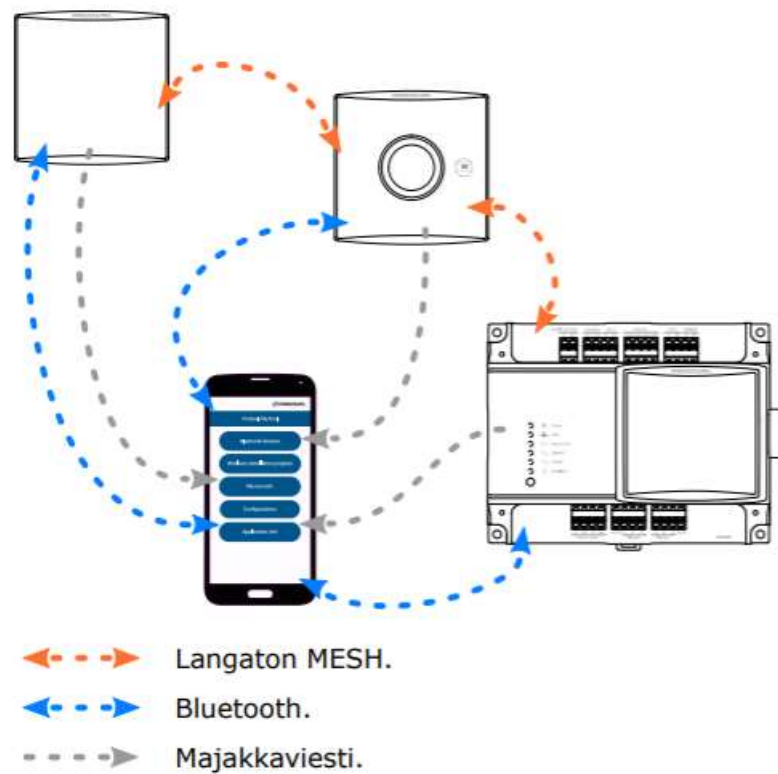
Mytool sovelluksesta huoneanturiin muodostetaan Bluetooth-yhteyden avulla. (Produal Proxima® WTR - langaton huonelähetin. 11.05.2021.)

2.3.4 Produal Proxima® MESH -verkko

Produal Proxima® MESH-verkko on rakennettu Lumenradio MIRA-alustalle. Se tarjoaa itsekorjautuvan MESH-verkon, joka toimii lisenssivapaalla 2,4 GHz ISM -taajuusalueella. ISM taajuusalue on varattu kansainvälisesti teollisuus, tiede ja lääketieteen tarkoituksiin (Industrial, Scientific and Medical). Samalla taajuusalueella toimii myös monia muita laitteita, joten laitteiden pitää pystyä toimimaan häiriintymättä muista laitteista, tai häiritsemästä itse muita laitteita. Tämä mahdollistetaan patentoidun Future-Proof Coexistence Connectivity (FPCC) – tekniikalla. (Langaton Produal Proxima® MESH 2,4 GHz. 07.06.2021.)

Lähettimien ja tukiaseman välisessä kommunikoinnissa käytetään MIRA-teknologiaa. Laitteet tukevat myös Bluetoothia, jota käytetään yhdessä Produal Mytool® sovelluksen kanssa. Tämä Bluetooth-yhteys voi olla käytössä vain yhteen laitteeseen kerrallaan ja vastaavasti laitteen yhteys MIRA-verkkoon katkaistaan Bluetooth-yhteyden ajaksi. (Langaton Produal Proxima® MESH 2,4 GHz. 07.06.2021.)

Langattomat laitteet tukevat myös Bluetoothin avulla kyselysignaaleja. Näitä kutsutaan majakkaviesteiksi. Nämä viestit ovat lähettimien tai tukiaseman lähettämiä yksisuuntaisia viestejä Produal MyTool® -sovellukselle. Bluetooth-majakkaviestejä käytetään tiedon siirtoon sovellukselle sekä verkon seurantaan ja vianetsintään. Majakkaviestejä voidaan myös käyttää silloin, kun laite on MIRA-verkossa. (Langaton Produal Proxima® MESH 2,4 GHz. 07.06.2021.)



Kuvio 3 Laitteiden välinen yhteys (Langaton Proximal Proxima® MESH 2,4 GHz. 07.06.2021.).

Verkkoa suunniteltaessa tukiasema olisi hyvä sijoittaa keskelle MESH-verkkoa, jotta se olisi mahdollisimman monen Proximal Proxima® WTR:n kantaman päässä. Tällä varmistetaan yhdyskäytävien muodostuminen tukiasemalle siinäkin tapauksessa, mikäli jokin lähettimestä rikkoutuisi. Lähimmät lähettimet suositellaan asennettavaksi kiinteällä virransyötöllä, jottei niistä lopu paristot. Myös laitteiden sijoitteluun huoneetilaan on syytä kiinnittää huomiota. Radiosignaali läpäisevät seiniä, mutta heikkenevät verrattuna esteettömälle etenemiselle. Eri materiaalit heikentävät signaaleja eri tavalla. (Langaton Proximal Proxima® MESH 2,4 GHz. 07.06.2021.)

Materiaali	Kantaman pieneneminen esteettömään etenemistiehen verrattuna
Puu, kipsilevy, pinnoittamaton lasi	0...10 %
Tiili, lastulevy	5...35 %
Betoni, teräsbetoni	10...90 %
Metalli, alumiinipinnoite	90...100 %

Kuvio 4 Kantavuuden heikentyminen eri elementeillä. (Langaton Proximal Proxima® MESH 2,4 GHz. 07.06.2021.)

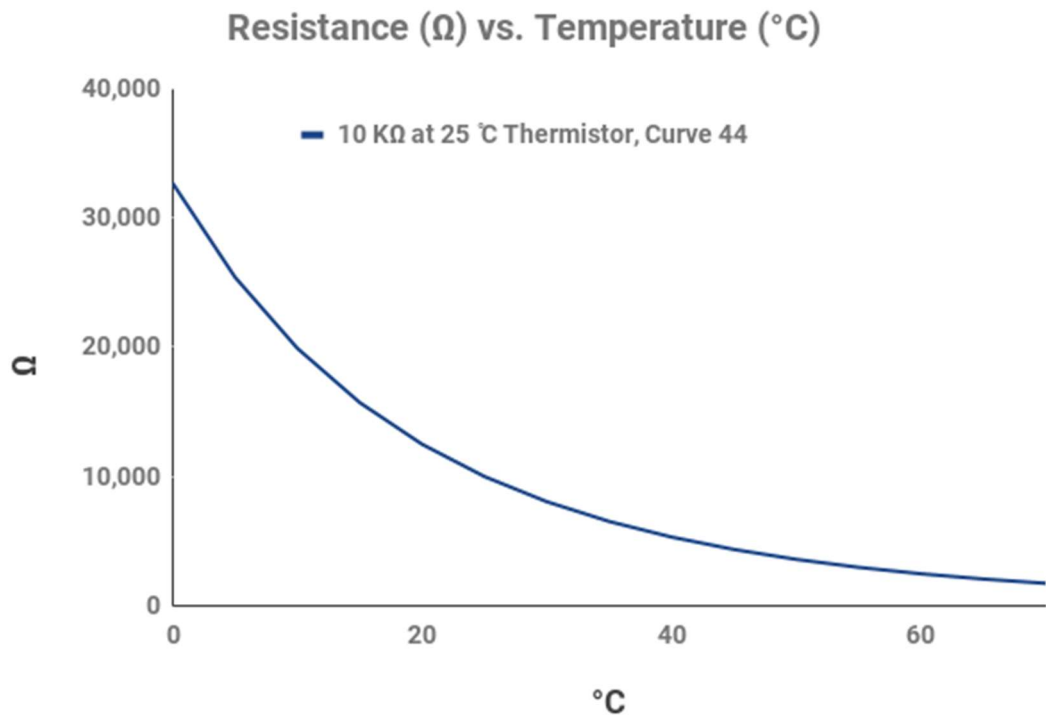
Kuten taulukosta näkee, metalliset osat läpäisevät radiosignaaleja huonosti ja niiden taakse voi muodostua katvealueita. Radiosignaalit saavuttavat kuitenkin kohteensa heijastumalla metallisista osista ja läpäisemällä ei-metallisen osan, mutta samalla radiosignaalin kantama lyhenee. (Langaton Proximal Proxima® MESH 2,4 GHz. 07.06.2021.)

2.3.5 NTC Termistori

NTC (Negative temperature coefficient) tarkoittaa negatiivista lämpötilakerrointa. NTC termistorin toimintaperiaate on samankaltainen kuin sähkövastuksen. Termistorin läpi syötetään jännite ja mitataan vastuksen arvo. Lämpötilan ollessa matala, vastuksen resistanssi kasvaa. Lämpötilan ollessa korkea, jännite pääsee helpommin vastuksen lävitse ja vastuksen resistanssi on pienempi. Tämän havainnollistava käyrä näkyy kuviosta 5. (How to Measure Temperature with an NTC Thermistor. N.d.)

Näiden termistoreiden toiminta-alue on noin -55°C asteesta aina + 150°C. Antureita käytetään kuluttajatarvikkeista jopa lääketieteellisuuteen, missä mittaustarkkuus on todella säänneltyä. NTC termistoreiden lämpötila-resistanssi-käyrät vaihtelevat toisistaan. Tämä käyrä määräytyy sen mukaan, kuinka suuri resistanssi termistorilla on. Yleisesti NTC käyrästä puhutaan resistanssi jaettuna lämpötilalla. Lyhenne tälle on R/T , resistance / temperature. Tämä osoittaa paljonko vastuksen arvo muuttuu lämpötilan muuttuessa. Yleisesti NTC käyrä muuttuu noin miinus kolmesta prosentista

miinus kuuteen prosenttiin per aste. Yleisin NTC lämpötilakäyrä on 44. Tässä käyrässä NTC:n arvo on $-4.4\text{ }^\circ\text{C}$. Tämä tarkoittaa, että käyrän suhdeluku on -4.4% kahdenkymmenen viiden asteen kohdalla. (About NTC Thermistors, N.d.)



Kuvio 5 NTC:n periaate osoitetuna käyränä. (How to Measure Temperature with an NTC Thermistor, N.d.)

2.4 Paint.net

Paint.net on tehokas ja yksinkertainen kuvien ja valokuvien muokkausohjelma Windows käyttöjärjestelmälle. Sen kehitys alkoi vuonna 2004 korkeakoulutyönä Washington State University:ssä. Työn tarkoituksena oli kehittää korvaava tuote Windowsin mukana tulevalle Paint-ohjelmistolle. Työtä tehtiin yhteistyössä Microsoftin kanssa. Nykyään työtä jakaa DotPDN LLC, jonka omistaja Rick Brewster oli aikanaan

yksi korkeakoulutyön jäsenistä. Ohjelmiston oli alusta asti tarkoitus olla kaikille ilmainen ja sitä se on vieläkin. Kehitystyötä rahoitetaan lahjoituksin. Myöhemmin ohjelmistosta julkistettiin myös maksullinen versio, jolla varoja kehitystyöhön kerätään. (paint.net. N.d.)

Muita vastaavia ohjelmistoja ovat Adobe Photoshop, Paint Shop Pro, Microsoft Photo Editor ja The GIMP.

Paint.net on ohjelmoitu pääasiassa C#:lla. Sen tiedostomuoto on .PDN, jossa kuva on tallennettu kerroksittain. Tämä mahdollistaa kuvan muokkaamisen useissa eri ta-soissa myös myöhemmin. Ohjelma tukee myös muita tiedostoformaatteja kuten PNG, JPGE, GIF, TGA, DDS ja TIFF, mutta näissä formaateissa kuva ei ole tallennettu kerroksittain. (Rick Brewster's blog. 18.01.2005.)

3 Toteutus

3.1 Suunnittelu

Opinnäytetyö aloitettiin perehtymällä siihen, mitä lämpötilojen pysyvyydellä oikein halutaan ilmaista. Opinnäytetyön toimeksiantaja oli havainnut, ettei markkinoilla ole kunnollista sovellusta, josta näkisi asunnon tai tilan lämpötilan pysyvyyden. Markkinoilla on monia erilaisia Excel-pohjaisia taulukoita, joissa on tilastoitu lämpötilojen pysyvyyksiä, mutta niistä on vaikea huomata yksittäisen tilan lämpötilan pysyvyys. Taulukoissa on listattuna tapahtumia eri asunnoista eri ajankohtina, mutta kokonaiskuvan saaminen koko kiinteistöstä ja sen eri asunnoista on työlästä. Samoin yhteen-veto koko kiinteistöstä, esim. diagrammikaavio, ei anna tarvittavaa kuvaa kiinteistön eri asuntojen tilanteesta mittausajanjaksolla. Lämpötilojen pysyvyyden laskeminen ja esittäminen koko kiinteistön osalta olikin yksi lopputyön suurimmista haasteista.

Lämpötilojen pysyvyydet lasketaan vertailemalla lämpötilamittausta annettuihin raja-arvoihin. Mikäli mittaus pysyy raja-arvojen sisällä tai on raja-arvoissa, niin ohjelma tallentaa mittauksen olevan kunnossa. Mikäli mittaus on raja-arvojen ulkopuolella,

niin ohjelma tallentaa ja tilastoi poikkeaman. Itse lämpötilojen pysyvyys lasketaan prosentteina. Raja-arvojen sisällä pysyneiden mittausten määrä jaetaan mittausten kokonaismäärällä ja osamäärä kerrotaan sadalla. Täten saadaan tulokseksi lämpötilan pysyvyys prosentteja.

$$X = \frac{y}{z} * 100$$

X = Lämpötilanpysyvyys %

y = Raja-arvojen sisällä olleet mittaukset

z = Kaikki mittaukset

Tätä laskentakaavaa hyödynnetään sekä asunto- että kiinteistökohtaisesti. Koko kiinteistöä laskettaessa jaetaan kaikkien asuntojen raja-arvojen sisällä pysyneet mittaukset kiinteistön kaikilla mittauksilla ja osamäärä kerrotaan sadalla.

3.2 Toteutus

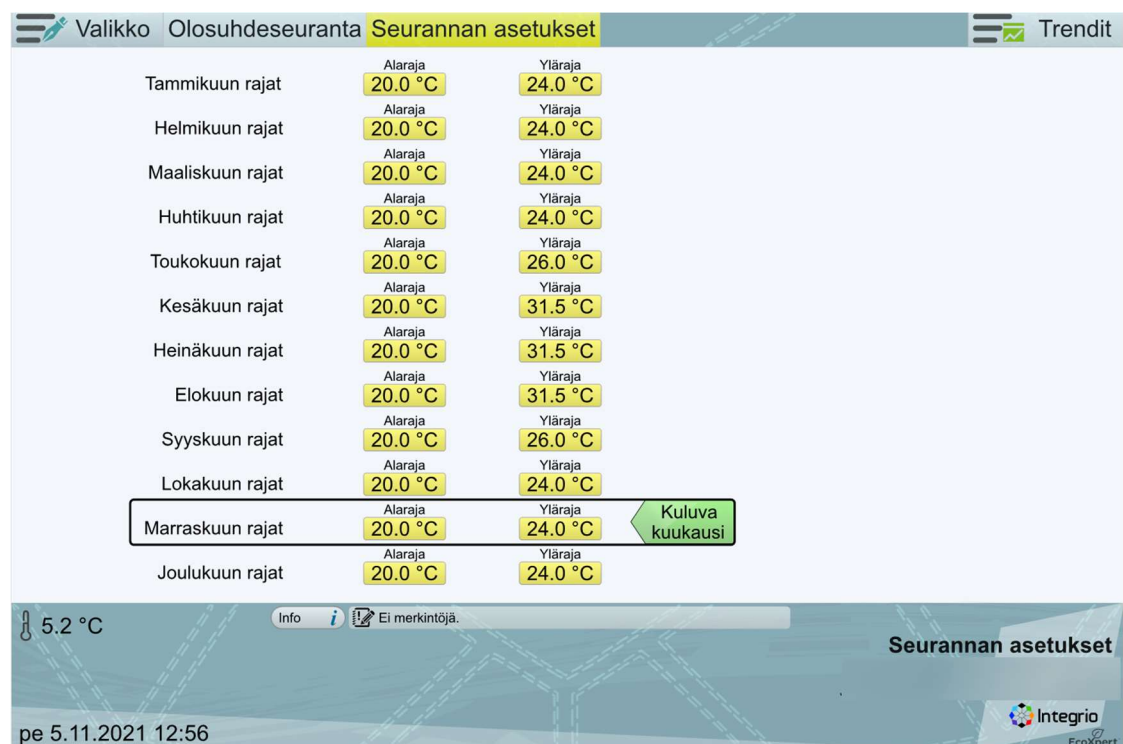
Opinnäytetyö aloitettiin ohjaajan kanssa suunnittelemalla, mitä käyttöliittymässä haluttaisiin tuoda käyttäjälle esille. Käyttöliittymään haluttiin grafiikka, josta ensisilmäyksellä näkisi koko kiinteistön tilanteen. Mielestämme kiinteistön tilanne hahmotuisi parhaiten värien sekä selkeiden numerotietojen avulla.

Toinen kysymys oli, miten lämpötilan pysyvyys tarkalleen ottaen laskettaisiin. Tällaista laskentaa ei yrityksessä ollut aiemmin tarvittu, joten materiaalia siihen liittyen ei ollut saatavilla. Tämä kysymys olikin opinnäytetyön suurin haaste. Kun tämä saataisiin ratkaistua, itse ohjelmointi sekä grafiikan teko ei olisi niin vaikeaa.

Opinnäytetyön alkuvaiheessa sovimme palaverin asiakkaan kanssa, jolle tämä järjestelmä tulisi. Kysyimme heiltä, mitkä tarkalleen ottaen ovat ne tiedot, jotka he käyttö-

liittymässä haluaisivat nähdä. Heidän toiveensa oli, että koko kiinteistön tilanne voitaisiin esittää aloitusnäkymässä. Aloitusnäkymässä voisi olla eriteltynä lämpötilojen pysyvyys eri kuukausina, sekä vertailukohteena edellisen vuoden vastaava tilanne. He halusivat myös tarkemman kerros- sekä asuntokohtaisen näkymän. Mikäli asukas valittaisi kylmyydestä tai kuumuudesta, he voisivat katsoa asunnon mittaushistoriasta sen todelliset lukemat ja mahdolliset poikkeamat. Sen avulla he myös voisivat nähdä, mikäli joissakin asunnoissa on ollut toistuvasti liian kylmä tai kuuma. Asiakkaan toiveena oli myös, että he voisivat itse säätää raportoinnissa käytettäviä lämpötilojen raja-arvoja, sekä ylä- että alarajoja, eikä niitä olisi kovakoodattu ohjelmaan. Mikäli asunnon lämpötila poikkeaisi näistä raja-arvoista, niin ohjelma merkitsisi tämän poikkeuksen historiatietoihin.

Palaverin jälkeen aloin tutkimaan, kuinka lämpötilan pysyvyyksiä voisi laskea sekä mikä olisi paras esitysmuoto lasketuille arvoille. Tämä tiedon etsiminen oli yllättävän vaikeaa, koska tämän kaltaisia seurantajärjestelmiä ei aikaisemmin ollut tehty.



Kuvio 6 Raja-arvojen asetukset

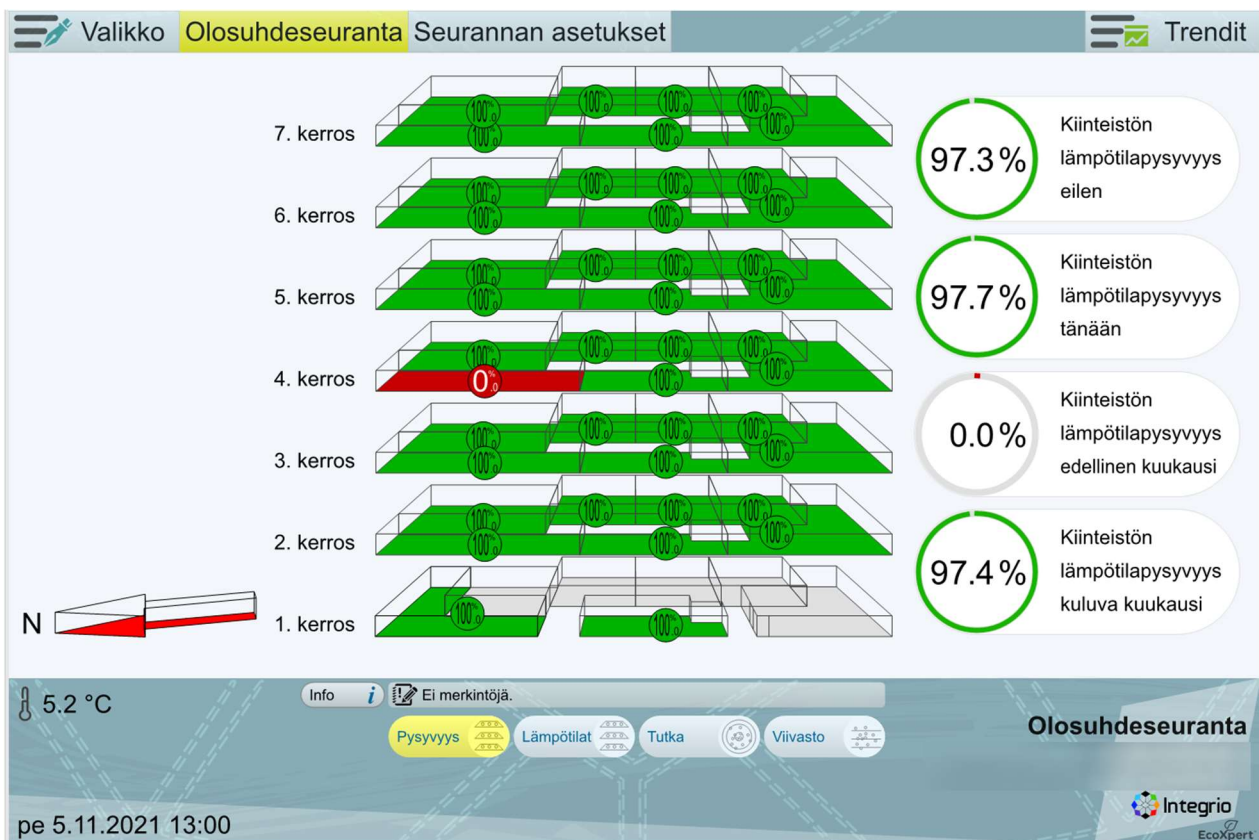
3.3 Testaus

Järjestelmän testaus oli melko manuaalista sekä hidasta. Testaus tapahtui vertaamalla asunnosta saatuja mittaustuloksia ohjelman laskemiin tuloksiin. Tämä vertailu täytyi tehdä rivi kerrallaan, koska ohjelmaan ja sen antamiin tuloksiin ei aluksi voinut luottaa. Ohjelmassa aluksi olleiden virheiden takia testaus piti aina aloittaa uudelleen ja sitä varten vanha virheellinen tieto piti ensin poistaa. Tällainen prosessi vei aikaa, koska uutta testattavaa aineistoa piti odottaa aina seuraavaan päivään, jotta materiaalia olisi riittävästi testausta varten. Aikaa kului myös tutkittaessa missä kohdassa ohjelma laskee väärin tai tekee virheellisen päätelmän. Koska kohteena oli asuttu kerrostalo, niin mittauksiin vaikuttivat myös asukkaiden elintavat ja rutiinit. Esimerkkinä asunnon tuulettaminen ikkuna auki. Tuuletus kylmällä ilmalla saa asunnon lämpötilan laskemaan alle raja-arvon, ja sen seurauksena tilastoihin tulee poikkeama vaikkei itse lämmönjakelussa olisikaan ongelmia. Tällaiset tapahtumat ovat vaikeita rajata pois mittaushistoriasta. Tilannetta voisi yrittää parantaa mittausväliä muuttamalla, mutta kokonaan ongelmasta ei pääse eroon.

3.4 Jatkokehitys

Tätä järjestelmää jatkokehitettiin mallintamalla kiinteistö ja sen eri kerrosten asunnot 3D malliksi. Siinä käyttöliittymässä käyttäjä pystyy kursoria liikuttamalla siirtymään kiinteistön asunnosta toiseen. Samalla paranneltiin käyttöliittymän informatiivisuutta mm värejä lisäämällä. Uusi 3D käyttöliittymä hyödyntää alkuperäistä lämpötilojen pysyvyyden laskentakaavaa. Yksi uusi jatkokehityskohde voisi olla tieto siitä missä asunnossa lämpötila-anturi on rikki, tai tietoa ei muuten pystytty asunnosta lukemaan. Tämä tieto olisi helppo havaita ja lisätä esimerkiksi luettelona käyttöliittymän sivuun.

Tätä järjestelmää voitaisiin hyödyntää lämmitys- tai jäähdytyssäädöissä. Mikäli asunnoissa on toistuvasti liian kylmä, niin lämmitysverkoston voitaisiin pumpata kuumempaa vettä. Sama toimisi myös päinvastoin, kunhan kylmäputket eivät alkaisi kondensoitumaan. Tulevaisuudessa tätä järjestelmää voidaan muokata toimimaan myös muissakin kiinteistöissä kuin kerrostaloissa. Tämä on myös arvokasta tietoa kiinteistön omistajalle. Kun he tulevaisuudessa suunnittelevat kiinteistönsä saneeraamista, voivat he hyödyntää mitattua tietoa ja korjata ne ongelma-alueet, joissa lämpötilat ovat jatkuvasti ylittäneet tai alittaneet raja-arvot. Samaa mittaustietoa pystyy mahdollisesti hyödyntämään myös vastaavissa uudiskohteissa.



Kuvio 7 Parenneltu versio alkuperäisestä

4 Tulokset

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä toimiva automaatiojärjestelmä, josta käyttäjä voisi seurata kiinteistönsä lämpötilojen pysyvyyksiä sekä saisi tietoja kiinteistönsä lämmitysjärjestelmän kunnosta. Tavoitteena oli myös ratkaista lämpötilojen pysyvyyksien laskentakaava sekä tehdä ohjelma, joka hyödyntäisi tätä kaavaa.

Opinnäytetyön tuloksena tuli toimiva järjestelmä, josta asiakas, esimerkiksi isännöitsijä tai kiinteistön omistaja voi nähdä kiinteistönsä lämmönjakelun toimivuuden. Aloitusnäkyman grafiikkakuvasta näkee heti koko kiinteistön lämpötilojen tilanteen, kuten asiakas oli toivonut. Aloitusnäkymästä asiakas pystyy myös navigoimaan sekä kerros- että huoneistokohtaiseen näkymään. Grafiikkakuvan sivulla olevat kortit kertovat halutut tiedot siitä, kuinka kiinteistössä asuntojen lämpötilat ovat pysyneet raja-arvojen sisällä (ks. kuvio 6). Näkymästä tuli selkeä ja havainnollinen ja se kertoo kaiken tarvittavan tiedon käyttäjälle.



Kuvio 8 Asuntojen lämpötilojen esittäminen grafiikkakuvassa

5 Pohdinta

Opinnäytetyön ideana oli syventyä Schneider Electricin EcoStruxure -automaatiojärjestelmään sekä ymmärtää mitä lämpötilojen pysyvyyksillä halutaan ilmaista ja miten niitä voidaan sekä laskea että esittää graafisesti. Lämpötilojen pysyvyyksiin kiinteistössä ei yleensä kiinnitetä tarpeeksi huomiota. Puhutaan vain, että asunnossa on kuuma tai kylmä, muttei mietitä asiaa suurempana kokonaisuutena. Tämä keskustelu pohjautuu myös usein asukkaan subjektiiviseen näkemykseen siitä mikä on kuuma ja mikä kylmä. Hänen omakohtaiseen kokemukseensa lämpötilasta, ei niinkään mitattuun, osoitettavissa olevaan todelliseen lämpötilaan. Vastaavasti kiinteistön omistajalla tai huoltoliikkeellä ei ole osoittaa mitattua tietoa siitä mitä asunnon lämpötila on todellisuudessa ollut ja miten tasaisena se on pysynyt. Kiinteistön omistajille sekä huoltoliikkeille tämä järjestelmä on todella hyödyllinen. Sillä voidaan tarvittaessa käydä asukkaan kanssa läpi mittaushistoria ja todeta todelliseen tietoon perustuen mikä asunnon lämpötila on ollut eri ajankohtina. Vastaavasti tämä väline auttaa kiinteistön omistajaa paikantamaan kiinteistön mahdolliset lämmönjakelun ongelmakohdat. Se auttaa myös suunnittelemaan tulevia kiinteistön saneerauksia sekä mahdollisesti myös vastaavien uusien kohteiden suunnittelussa.

Lähteet

545/2015. 23.04.2015. Säädos Sosiaali- ja terveysministeriön päätöksestä Finlexissä. Viitattu 04.10.2021 <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150545>

About NTC Thermistors. N.d. Viitattu 7.10.2021 <https://www.northstarsensors.com/about-ntc-thermistors>

Craig Resnick. 27.09.2017. Schneider Electric Rolls Out a Series of EcoStruxure Platforms. Uutinen Arcweb sivustolta. Viitattu 18.10.2021 <https://www.arcweb.com/blog/schneider-electric-rolls-out-series-ecostruxure-platforms>

Discover EcoStruxure™. N.d. Schneiderin EcoStruxure-esittely sivusto. Viitattu 31.10.2021 <https://www.se.com/in/en/work/campaign/innovation/overview.jsp>

How to Measure Temperature with an NTC Thermistor, All About Circuits. N.d. Viitattu 7.10.2021 <https://www.digikey.fi/en/maker/projects/how-to-measure-temperature-with-an-ntc-thermistor/4a4b326095f144029df7f2eca589ca54>

Integrio Oy yritysesittely. N.d. Sisäinen PowerPoint-materiaali. Viitattu 3.9.2020
Jani Kemppainen. N.d. Rakentamisen säädökset muuttuvat. PowerPoint esitys rakennusteollisuuden nettisivuilla. Viitattu 04.10.2021 <https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/koulutus--ja-esitysaineistot/2017/kiertue/rakmk-uusiminen.pdf>

Langaton Proximal Proxima® MESH 2,4 GHz. 07.06.2021. Proximalin käyttöohje MESH-verkon käyttöönotto ja ylläpitoon. Viitattu 12.10.2021 https://www.proximal.com/fi/shop/web_wireless_proxima_mesh/sku-54013W0000#userGuide

Paint.net. N.d. Artikkel Paint.netin historiasta dotpdn-sivustolla. Viitattu 14.09.2021 <https://www.dotpdn.com/downloads/pdn.html>

Produal Proxima® WBU – langaton tukiasema. 07.02.2020. Tekninen esite Produalin sivustolta https://www.produal.com/fi/shop/web_wireless_proxima_mesh/sku-54011W0000#dataSheet

Produal Proxima® WTR - langaton huonelähetin. 11.05.2021. Tekninen esite Produalin sivustolla. Viitattu 10.10.2021. https://www.produal.com/fi/shop/web_wireless_proxima_mesh/sku-54013W0000#dataSheet

Rick Brewster's blog. 18.01.2005. Rick Brewsterin blogi web.archive sivustolla. Viitattu 08.09.2021 <https://web.archive.org/web/20080102165718/http://blogs.msdn.com/rickbrew/archive/2005/01/18/355571.aspx>

Schneider Electric lanseeraa EcoStruxure Building – ratkaisun – kiinteistön IoT-Teknologia- ja palvelualustan. 23.05.2018. Viitattu 3.9.2020 <https://www.mynewsdesk.com/fi/schneider-electric-finland/pressreleases/schneider-electric-lanseeraa-ecostruxure-building-ratkaisun-kiinteistoen-iot-teknologia-ja-palvelualustan-2515836>
Schneider Electric: 180+ years of history. N.d. Viitattu 5.9.2020 <https://www.se.com/fi/fi/about-us/company-profile/history/schneider-electric-history.jsp>

Summary of 2019 Financial and Sustainable Development Report. N.d. Esittely Schneiderin sivustolla. Viitattu 5.9.2020 <https://annualreport.se.com/#welcome>

Liitteet