



LAUREA
AMMATTIKORKEAKOULU

Uuden edellä

WLAN-verkon kartoitus ja kehitys

Nurmi, Jon

2014 Laurea Leppävaara



Laurea-ammattikorkeakoulu
Leppävaara

WLAN-verkon kartoitus ja kehitys

Jon Nurmi
Tietojenkäsittelyn koulutusohjelma
Opinnäytetyö
Lokakuu, 2014

Jon Nurmi

WLAN-verkon kartoitus ja kehitys

Vuosi 2014 Sivumäärä 71

Tämän opinnäytetyön pääasiallisena tavoitteena oli suorittaa langattoman lähiverkon (WLAN, wireless local area network) kattavuuskartoitus Aalto-yliopiston Otaniemen kampuksella sijaitsevassa Sähkötalossa. Kartoituksen avulla oli tarkoitus paikallistaa verkon mahdolliset katvealueet ja parannusta kaipaavat kohdat, jotta kattavuutta voitaisiin parantaa. Tässä työssä suoritettu kattavuuskartoitus ja siihen liittyvät kehitysehdotukset tehtiin osana Aalto-yliopiston WLAN-verkon kehittämishanketta.

Työn teoriaosuudessa perehdyttiin WLAN-verkon standardeihin, topologioihin, tukiasemiin sekä radiosignaalin toimintaan. Kyseisen osuuden tarkoituksena oli syventää tietämystä langattomista lähiverkoista ja niiden toiminnasta. Tämän lisäksi tietoa tarvittiin kattavuuskartoituksen tuloksien tulkitsemista varten.

Kattavuuskartoitus suoritettiin Visiwave Site Survey -ohjelmistolla Aalto-yliopiston Sähkötekniikan korkeakoulun rakennuksessa, Sähkötalossa. Kartoitus sujui tietyistä haasteista huolimatta hyvin ja lopputuloksena oli valmiit kattavuuskartat rakennuksen neljästä kerroksesta. Kattavuuskarttoja tulkitessa löytyi WLAN-verkon kattavuudesta katvealueita ja kohtia, joissa oli heikko signaali.

Kattavuuskarttojen analyysin perusteella esitettiin lopuksi kehitysehdotukset verkon kattavuuden parantamiseksi. Pääasiallisiin kehitysehdotuksiin kuului uusien WLAN-tukiasemien sijoittaminen sekä joidenkin olemassa olevien tukiasemien siirtäminen. Tämän lisäksi kehitysehdotuksissa käsiteltiin päällekkäisiä WLAN-kanavia sekä Cisco CleanAir -teknologiaa.

Tässä opinnäytetyössä suoritettun kattavuuskartoituksen sekä siihen liittyvän tiedon avulla Aalto-yliopiston WLAN-verkkoa voidaan kehittää ja kattavuutta parantaa. Tulevaisuudessa voidaan myös paremmin varautua uusiin kattavuuskartoituksiin työstä kerätyn kokemuksen ja tiedon avulla.

Jon Nurmi

WLAN coverage mapping and development

Year	2014	Pages	71
------	------	-------	----

The main objective of this thesis was to perform a wireless local area network (WLAN) site survey in Aalto University's Sähköotalo building located on Otaniemi campus. The goal of the site survey was to locate dead zones and areas with weak signal, so that the network coverage could be improved. The site survey and the development proposals in this thesis were made as a part of Aalto University's WLAN development project.

The theoretical part of the thesis examines WLAN standards, topologies, access points and radio signals. The goal of this part was to become more familiar with wireless local area networks and how they operate. In addition, the information was needed for analyzing the results of the site survey.

The site survey was carried out with Visiwave Site Survey software in Sähköotalo building, which belongs to Aalto University School of Electrical Engineering. Despite some challenges, the site survey went well and the coverage maps of the building's four floors were created as a result. Dead zones and areas with weak signal were found while analyzing the coverage maps.

Based on the analysis of the coverage maps, development proposals were made to improve network coverage. The main development proposals included placement of new access points and relocation of some existing access points. In addition to the main development proposals, overlapping channels and Cisco's CleanAir technology were also discussed.

With the help of the site survey and the development proposals presented in this thesis, Aalto University's wireless local area network can be developed and coverage can be improved. The information and experience gained from this thesis can also help prepare for new site surveys in the future.

Keywords: Wireless local area network, WLAN, coverage, mapping, Visiwave Site Survey

Sisällys

1	Johdanto.....	6
2	Henkilökohtaiset tavoitteet	7
3	Toimeksiantaja	7
4	Langaton lähiverkko	8
4.1	Standardit	8
4.2	Topologiat	9
4.3	Tukiasemat	10
4.4	Radiosignaali	11
4.5	Aalto-yliopiston langaton verkko	12
5	Kattavuuskartoitus.....	13
5.1	Kohde	14
5.2	Valmistautuminen.....	14
5.2.1	Ohjelmisto	15
5.2.2	Ohjelmiston käyttö.....	16
5.2.3	Laitteisto.....	18
5.3	Mittaus	18
5.4	Kattavuuskarttojen luonti.....	22
6	Tulosten analysointi	23
7	Kehitysehdotukset	27
7.1	Uudet tukiasemat	28
7.2	Siirrettävät tukiasemat.....	30
7.3	Päällekkäiset WLAN-kanavat	30
7.4	Cisco CleanAir.....	31
7.5	Jatkokehitysmahdollisuudet	34
8	Yhteenveto.....	35
	Lähteet	37
	Kuvat.....	39
	Taulukot.....	40
	Liitteet	41

1 Johdanto

Tämä toiminnallinen opinnäytetyö kertoo Aalto-yliopiston Otaniemen kampuksen avoimen langattoman lähiverkon (WLAN, wireless local area network) kattavuuskartoituksesta ja verkon kehittämisestä. Opinnäytetyö sisältää yhden rakennuksen WLAN-verkon kattavuuskartoituksen, sen pohjalta tehdyt kattavuuskartat sekä kehitysehdotukset aiemmin mainitun rakennuksen WLAN-verkkoa varten. Opinnäytetyön aihe saatiin Aalto-yliopiston IT-palveluiden (Aalto IT) tietoliikenneryhmältä. Työn pääasiallisena tavoitteena on WLAN-kattavuuskarttojen luominen Otaniemen kampuksella sijaitsevasta Sähkötekniikan korkeakoulun rakennuksesta (Sähkötalo, Otakaari 5). Tämän lisäksi tavoitteena on esittää mittausten perusteella kehitysehdotuksia WLAN-verkon parantamiseksi. Kehitysehdotuksiin sisältyy esimerkiksi uusien tukiasemien mahdollinen asettelu.

Aalto-yliopiston avoin WLAN-verkko, aalto open, löytyy lähes kaikilta kampuksilta ja se kattaa suuren osan Aalto-yliopistoon kuuluvista rakennuksista. Yliopiston WLAN-verkko on olennainen palvelu henkilökunnalle ja opiskelijoille ja sitä tarvitaan aina. Tarpeet kasvavat jatkuvasti ja tämän vuoksi verkkoa on koko ajan kehitettävä, jotta se palvelee käyttäjiä mahdollisimman tehokkaasti. Verkkoa käyttävät sekä henkilökunta, että opiskelijat ja se on monille välttämättömyys. WLAN-tukiasemat laajentavat langallista verkkoa langattomasti, joka mahdollistaa kaikenlaisten kannettavien päätelaitteiden liittämisen verkkoon. Aalto IT:llä on jo pitkään ollut hanke WLAN-verkon kehittämistä ja hankkeeseen on luonnollisesti kuulunut myös kattavuuden parantaminen. Tukiasemia on lisätty loogisille sijainneille ja sinne, minne käyttäjät ovat niitä huonon kuuluvuuden takia pyytäneet, mutta mitään kunnollista kattavuuskartoitusta ei ole aikaisemmin suoritettu. Tätä opinnäytetyötä varten suoritettava kartoitus on siis ensimmäinen lajiaan. Siinä mielessä se on myös erityisen tärkeä, sillä sen perusteella jatketaan kartoitusta muualla. Tukiasemia on tällä hetkellä noin 620, mutta tarkoituksena on lisätä niitä jatkuvasti. Tukiasemia ei kuitenkaan ole niin paljon, että verkkoa olisi saatavilla joka puolella kampusta. Tavoitteena on kuitenkin se, että kaikissa rakennuksissa olisi täydellinen kattavuus. Myös ulkoalueille on tarkoitus laajentaa WLAN-verkkoa. Jotta puutteita kattavuudessa voidaan selvittää, tarvitaan käyttäjien palautteen lisäksi myös jotain konkreettista. Tästä syystä on päädytty siihen lopputulokseen, että WLAN-verkon kattavuusmittauksia tarvitaan. Tämä opinnäytetyö sisältää yhden rakennuksen kattavuuskartat, mutta jatkossa on tarkoitus mitata muidenkin rakennusten WLAN-verkon kattavuus.

2 Henkilökohtaiset tavoitteet

Omana henkilökohtaisena tavoitteena on oppia kaikkea mahdollista uutta WLAN-verkkoihin liittyen. Yleisesti WLAN-verkkoon perehtyessä, kattavuutta mittaillessa sekä tuloksia tulkittaessa tulee varmasti eteen paljon uutta. Lisäksi tavoitteena on oppia paremmin tuntemaan Aalto-yliopiston ja Otaniemen WLAN-verkko, sillä työskentelen itsekin Aalto IT:ssä ja olen lähes päivittäin tekemisissä verkkoon liittyvien asioiden ja ongelmien kanssa. Tämän työn kautta opitusta uudesta tiedosta on varmasti hyötyä myös työnantajalle, eli asiakkaalle. Näistä syistä opinnäytetyöstäni on hyötyä sekä nykyisessä työssäni, että yleisen osaamiseni kannalta.

3 Toimeksiantaja

Aalto-yliopisto on yksi Suomen suurimmista yliopistoista ja se aloitti toimintansa vuonna 2010, kun Teknillinen korkeakoulu, Taideteollinen korkeakoulu ja Kauppakorkeakoulu yhdistyivät. Aalto-yliopisto koostuu nykyään kuudesta eri korkeakoulusta: Kauppakorkeakoulu, Taiteiden ja suunnittelun korkeakoulu, Perustieteiden korkeakoulu, Insinööritieteiden korkeakoulu, Sähkötekniikan korkeakoulu ja Kemian korkeakoulu. Neljä viimeistä olivat ennen Aalto-aikaa osa Teknillistä korkeakoulua. Aalto-yliopisto on kansainvälisesti tunnettu ja sen tavoitteena on olla maailmanluokan yliopisto vuoteen 2020 mennessä. Tavoitteen perusteena ovat esim. huippuosaajien tekemä yhteistyö sekä useat kehityshankkeet, jotka tähänkin mennessä ovat olleet menestyksekkäitä. Aalto-yliopisto tunnetaan esim. sen laadukkaasta opetuksesta, tieteestä ja tieteellisistä läpimurroista. Aalto-yliopisto on säätiömuotoinen yliopisto, jonka pääomaa varten valtio lahjoitti 500 miljoonaa euroa ja muut lahjoittajat, kuten yritykset, lahjoittivat 200 miljoonaa euroa. Pääoma antaa vakavaraisuutta ja tuottojen avulla yliopiston strategia voidaan toteuttaa. Myös pitkäjänteinen perustutkimus onnistuu paremmin tämän vuoksi. (Aalto-yliopisto 2014)

Tarkempi toimeksiantaja on Aalto-yliopiston IT-palvelut (Aalto IT). IT-palvelut on yksi Aallon palveluyksiköistä, joka tarjoaa palveluita Aallon opiskelijoille, tutkijoille ja muulle henkilökunnalle. IT-palvelut toimii yhteistyössä muiden palveluyksiköiden kanssa ja ne muodostavat kokonaisuuden, joka tarjoaa tukea Aalto-yliopiston sisäisille ja ulkoisille sidosryhmille. Palvelukokonaisuuden tavoite on varmistaa, että opetus, tutkimus sekä akateeminen johtaminen saa laadukkaat ja tehokkaat palvelut. IT-palveluiden tehtävänä on tukea muun yliopiston tehtäviä ratkaisemalla eri yksiköiden ja käyttäjäryhmien tarpeet ja ongelmat liittyen tietojärjestelmiin, tietoverkkoihin sekä IT-laitteisiin. IT-palvelut muodostuu monista pienemmistä ryhmistä, joihin myös asiakas, eli tietoliikenneryhmä, kuuluu. (Aalto-yliopisto 2014)

4 Langaton lähiverkko

Langattomalla lähiverkolla (WLAN, Wireless Local Area Network) tarkoitetaan IEEE:n (Institute of Electrical and Electronics Engineers) 802.11-standardien langatonta verkkoa, jolla voidaan esimerkiksi täydentää yrityksen langallista verkkoa Internetiin pääsyä varten. Yrityksissä langatonta lähiverkkoa käytetään yleensä langalliseen lähiverkkoon kytkettyjen tukiasemien (AP, Access Point) avulla, kun taas kodeissa langaton lähiverkko mahdollistaa Internet-yhteyden esimerkiksi kaapelimodeemin avulla. Yritysten ja kotien langattomien lähiverkkojen lisäksi löytyy myös julkisia WLAN-aktiivipisteitä (hotspot), joiden käyttöä tarjotaan ilmaiseksi esimerkiksi hotellien ja kahviloiden asiakkaille. Myös yliopistojen kampusalueilta löytyy yleensä oma langaton lähiverkko. 802.11-standardien päätelaitteet käyttävät vapaasti käytössä olevia radiotaajuusalueita eikä käyttö lupaa verkolle tarvita. Langatonta lähiverkkoa hyödyntäviä päätelaitteita ovat esimerkiksi kannettavat tietokoneet ja älypuhelimet. (Cisco Systems, Inc 2013)

IEEE:n 802.11-standardien verkot toimivat radioliikenteen (RF, Radio Frequency) avulla vapaasti käytössä olevilla taajuuksilla, joita kutsutaan ISM-taajuuksiksi (Industrial Scientific Medical). Käytettävät taajuudet ovat 2,400-2,485 GHz sekä 5,150-5,825 GHz ja kyseisillä taajuuksilla toimii myös laitteita, jotka eivät käytä langatonta lähiverkkoa. Näihin laitteisiin kuuluu esimerkiksi mikroaaltouuni, jonka käyttötaajuus on 2.4 GHz. Koska useat laitteet käyttävät samoja taajuuksia kuin langaton lähiverkko, voivat kyseiset laitteet aiheuttaa häiriöitä langattoman verkon toimintaan. Langattoman lähiverkon taajuusalue on jaettu 14 kanavaan, joista 1-11 ovat käytössä USA:ssa sekä Kanadassa ja 1-13 Euroopassa. (Granlund 2007, s. 293-294, 298)

4.1 Standardit

IEEE 802.11 on kokoelma suosituksia, joihin langattoman lähiverkon toiminta perustuu. Kokoelmaa kutsutaan nykyään WiFi:ksi (Wireless Fidelity), joka on WiFi Alliance-yhteisön tuotemerkki. Kyseinen yhteisö sertifioi 802.11-standardeihin pohjautuvia lähiverkkotuotteita. Sertifiointilla pidetään huoli siitä, että laitteet ovat yhteensopivia muiden laitteiden kanssa ja täyttävät yhteisön asettamat vaatimukset. 802.11-standardit käyttävät datan siirtämiseen hajasperktritekniikoita. Näitä tekniikoita ovat suorasekvenssi hajasperktri (DSSS, Direct Sequence Spread Spectrum), taajuushyppely (FHSS, Frequency Hopping Spread Spectrum) sekä OFDM (Orthogonal Frequency Division Modulation). Tällaisen tekniikan käyttö tarkoittaa käytännössä sitä, että kaikki käyttäjät levittävät oman lähetteensä taajuusalueajuisesti. DSSS:ssä signaali käyttää laajaa taajuuskaistaa ja tekniikan häiriönsietokyky on hyvä. Hyvä häiriönsietokyky saavutetaan kuitenkin siirtonopeuden kustannuksella, eli jos halutaan parempi siirtonopeus, on tekniikka alttiimpi häiriöille. FHSS-tekniikassa signaali hyppii nimensä

mukaisesti taajuudelta toiselle ja tästä syystä tekniikka sietää hyvin häiriöitä. FHSS-tekniikassa on kuitenkin hitaampi siirtonopeus kuin DSSS:ssä. OFDM-tekniikka on kolmesta käytetystä tekniikasta uusin ja se mahdollistaa nopeimman siirtonopeuden. Käytännössä OFDM yhdistää DSSS:n laajan taajuusalueen käytön sekä FHSS:n taajuushyppelytekniikan. (IEEE Standards Association 2012)

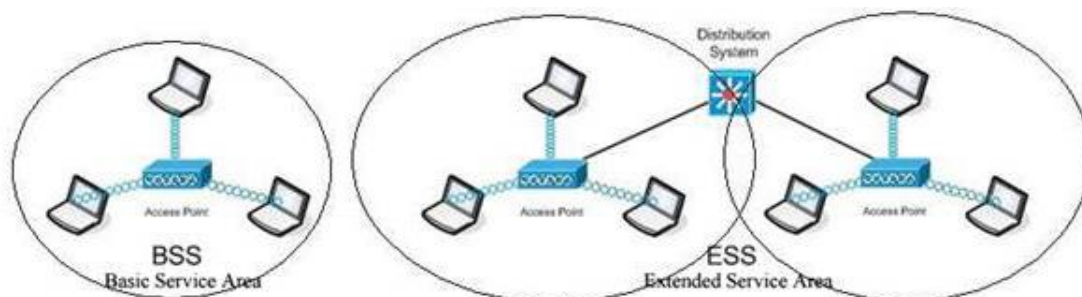
802.11-standardeja on monia, mutta käytetyimmät ovat 802.11b, a, g ja n. Alkuperäinen 802.11-standardi julkaistiin vuonna 1997 ja se käyttää FHSS-tekniikkaa. Kyseisen standardin siirtonopeus on 1-2Mbit/s. Vuonna 1999 julkaistiin seuraava standardi, 802.11b, joka käyttää uudempaa DSSS-tekniikkaa nopeamman siirtonopeuden saavuttamiseksi. Kyseinen standardi käyttää 2,4 GHz:n taajuusalueita ja kykenee 11 Mbit/s siirtonopeuteen. Myöhemmin samana vuonna julkaistiin 802.11a, joka esitteli uuden OFDM-tekniikan. Uuden tekniikan avulla siirtonopeus nousi 54 Mbit/s:ään. Kyseinen standardi käyttää 5 GHz:n taajuusalueita ja koska kyseinen taajuusalue oli monissa maissa varattu, otettiin se käyttöön lähinnä USA:ssa. Vuonna 2003 julkaistiin 802.11g, joka käyttää samaa tekniikkaa kuin 802.11a. Koska 802.11g käyttää 2,4 GHz:n taajuusalueita, voitiin standardi ottaa käyttöön Euroopassa. Kyseinen standardi tarjoaa edeltäjänsä tavoin 54 Mbit/s siirtonopeuden. (IEEE Standards Association 2012)

802.11g:n jälkeen, vuonna 2009, julkaistiin 802.11n. Kyseinen standardi mahdollistaa teorias- sa jopa 600Mbit/s:n siirtonopeuden ja toimii sekä 2,4 GHz:n että 5 GHz:n taajuusalueilla. 802.11n käyttää OFDM-tekniikkaa ja toi tullessaan myös uuden MIMO-tekniikan (Multiple-Input Multiple-Output). Kyseinen tekniikka perustuu siihen, että lähetin ja vastaanotin käyttävät kummatkin useita, samalle kanavalle viritettyjä antennia. MIMO-tekniikka mahdollistaa taajuusalueen tehokkaamman käytön uhraamatta luotettavuutta. (Intel Corporation)

4.2 Topologiat

Langattomassa lähiverkossa käytetään kolmea eri menetelmää laitteiden yhdistämisessä toisiinsa: BSS (Basic Service Set), IBSS (Independent Basic Service Set) sekä ESS (Extended Service Set). BSS on langattoman lähiverkon perusarkkitehtuuri ja se perustuu siihen, että työasemat liitetään langattomasti kiinteään tukiasemaan (AP, Access Point), jolloin työasemat keskustelevat keskenään tukiaseman kautta (Kuva 1). IBSS-topologiasta on kyse, jos verkon laitteet eivät ole yhteydessä kiinteään verkkoon, kuten Ethernetiin. IBSS-verkko ei useimmiten ole pysyvä ratkaisu, vaan sitä käytetään esimerkiksi koulutustilanteissa, missä osanottajilla on omat laitteet mukanaan. Tällöin laitteilla on tarve keskustella langattoman verkon avulla ainoastaan kyseisen tilaisuuden ajan, jonka jälkeen verkkoa ei enää tarvita. IBSS-verkkoa kutsutaan myös Ad-Hoc -verkoksi. BSS-verkkoa voidaan myös laajentaa lisäämällä useampia tukiasemia runkoverkkoon (DS, Distribution System), jolloin on kyse on ESS-ratkaisusta (Kuva 1). Kyseinen ratkaisu on eniten käytetty, sillä sen avulla langattoman lähiverkon kattavuutta saa-

daan laajennettua huomattavasti BSS-ratkaisuun verrattuna. Langaton lähiverkko ei tässä tapauksessa rajoitu ainoastaan esimerkiksi yhteen kerrokseen, vaan ESS:llä voidaan kattaa vaikka koko rakennus. Tukiasemien välisen liikenteen mahdollistaa DS. DS mahdollistaa myös liittymisen kiinteän verkon lähiverkkoon, jolloin langattoman lähiverkon käyttäjä pääsee käsiksi kiinteän lähiverkon palveluihin. (IEEE Standards Association 2012)



Kuva 1: BSS- ja ESS-topologiat. (Ciscokits 2014)

4.3 Tukiasemat

BSS- ja ESS-verkoissa päätelaitteet kytkeytyvät verkkoon tukiasemien kautta. Kun tukiasemia on useampia, syntyy päällekkäisyyksiä tukiasemien kattavuusalueissa. Näissä tapauksissa vierekkäisten tukiasemien tulisi käyttää eri kanavia häiriöiden välttämiseksi. Kanavia on rajallinen määrä, joten kanavien sijoittelua tulisi miettiä. Jotta päätelaitteet tietäisivät tukiaseman ja verkon olemassaolosta, lähettää tukiasema tasaisin väliajoin niin kutsutun majakkasanomman (beacon). Kyseinen sanoma sisältää tietoja, joista päätelaitteelle tärkein on SSID-tunnus (Service Set Identifier). SSID-tunnuksen avulla päätelaitteet pystyvät identifioimaan verkon ja yhdistämään siihen. Kun päätelaite yrittää luoda yhteyttä tukiaseman levittämään langattomaan lähiverkkoon, tunnistaa tukiasema ensin päätelaitteen joko avoimen tai jaetun avaimen avulla. Kun tunnistus on suoritettu onnistuneesti, rekisteröi tukiasema päätelaitteen ja yhteys muodostuu. Langattomaan lähiverkkoon liitetty päätelaite voi vapaasti liikkua tukiaseman kattavuusalueelta toisen tukiaseman kattavuusalueelle ilman, että yhteys katkeaa. Tämä toimii käytännössä siten, että useampi tukiasema tunnistaa päätelaitteen etukäteen, jonka jälkeen päätelaite viestii uuden tukiaseman kanssa siirtymisestä. Lopuksi edellinen tukiasema saa uudelta tukiasemalta tiedon siirtymisestä, jonka jälkeen vanha tukiasema lähettää uudelle mahdolliset, puskurissa olleet tiedot. Uusi tukiasema välittää tämän jälkeen tiedot päätelaitteelle. Jotta tukiasema toimisi, täytyy sille asettaa tietyntyylisiä parametreja, kuten esimerkiksi yksi tai useampi SSID-tunnus ja käytettävät tunnistusmenetelmät. Jos tukiasemaan halutaan luoda turvallinen etähallintayhteys, täytyy edellä mainittujen tietojen lisäksi syöttää lisätietoja, kuten käyttäjätunnukset ja salasanat. Tukiaseman asetukset voi määrittää joko web-selaimella tai tukiaseman omasta konsoliportista. (Puska 2005, s. 131-132)

4.4 Radiosignaali

Langattoman lähiverkon käyttämä radiosignaali ei käytännön tilanteissa pysty etenemään suoraan ja vaimentumatta, vaan kulkuun vaikuttavat erilaiset esteet sekä väliaineet. Ainoastaan tyhjiö mahdollistaisi signaalin suoran ja vaimentumattoman etenemisen. Signaalin teho ja amplitudi pienenevät signaalin matkasta, taajuudesta ja väliaineen ominaisuuksista riippuen. Kun signaali läpäisee väliaineen, esimerkiksi seinän, vaimenee se jonkin verran (Taulukko 1). Radiosignaali vaimenee myös heijastumalla, kun se osuu sopivassa kulmassa väliaineiden pintaan. Väliaineesta ja signaalin tulokulmasta riippuen osa signaalista saattaa taittua väliaineen sisään, jolloin signaali heijastuu vaimentuneena. Signaali saattaa väliaineesta riippuen heijastua myös useaan eri suuntaan ja muuttaa kulmaa. Radiosignaali voi edetä niin sanotulla monitie-etenemisellä, jolloin samalla taajuudella olevat radioaallot saapuvat perille (esimerkiksi kannettavaan tietokoneeseen) eri vaiheessa. Jos aallot ovat lähes samassa vaiheessa, vahvistuu signaali, mutta jos aallot ovat 180 asteen vaihe-erossa, kumoavat aallot toisensa. Jälkimmäistä tapausta kutsutaan lähetyksen häipymiseksi. Langattomien lähiverkkojen tekniikat, kuten hajaspektritekniikat, kompensoivat kuitenkin jonkin verran signaalin häipymistä. (Puska 2005, s. 56-58)

Väliaine	Vaimeneminen (2,4 GHz)
Perusmuuri	-15 dB
Tiili, betoni	-15 dB
Hissi, metallieste	-10 dB
Metalliritilä	-6 dB
Kipsilevy	-3 dB
Väritön lasi-ikkuna tai -ovi	-3 dB
Puuovi	-3 dB
Toimistosermi	-2 dB

Taulukko 1: Radiosignaalin vaimeneminen läpäistessä eri väliaineita. (Coleman, D. Westcott, D. 2009)

Langaton lähiverkko käyttää toimiakseen radioliikennettä ja sen mittaamiseen voidaan käyttää joko desibeleitä (dB) tai desibelimilliwatteja (dBm). Desibeli tarkoittaa kahden signaalin eroa tai suhdetta toisiinsa kun taas desibelimilliwatti tarkoittaa desibelimäärää suhteessa milliwattiin. Desibelimilliwatti ilmaisee signaalin voimakkuuden tai tehon. Nolla desibelimilliwattia vastaa teholtaan yhtä milliwattia, mistä johtuen pienet, alle yhden milliwatin tehoiset signaalit ilmaistaan negatiivisin arvoin. (Cisco Systems, Inc. 2013)

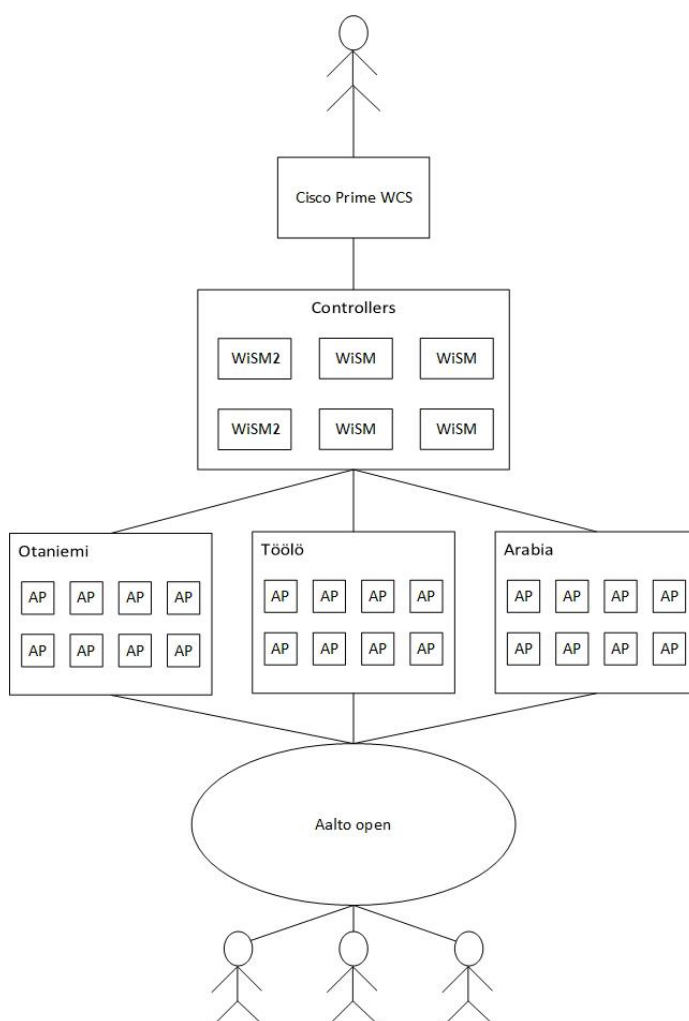
Langatonta lähiverkkoa hyödyntävien laitteiden vastaanottoherkkyys ilmaistaan negatiivisina desibelimilliwatteina ja se vaihtelee laitteesta riippuen. Korkea, mahdollisimman lähellä nol-
laa oleva dBm-arvo tarkoittaa parempaa vastaanottoherkkyttä ja signaalia, kun taas matala
dBm-arvo ilmaisee heikomman signaalin. Laitteen vastaanottoherkkyys eri datansiirtonopeuk-
sille vaihtelee signaalin voimakkuuden mukaan (Taulukko 2). Useimmiten vastaanottoherkkyys
alhaisimmalle nopeudelle, eli 1 Mbps:lle, on -94 dBm - -85 dBm. Jos dBm-arvo laskee sen ar-
von ali, ei laite voi enää vastaanottaa signaalia. (Hutton, Schofield, Teare 2008, s. 654)

Standardi	Siirtonopeus	Herkkyys
802.11b	1 Mbps	-95 dBm
802.11b	2 Mbps	-93 dBm
802.11b	5.5 Mbps	-91 dBm
802.11a/g	11 Mbps	-88 dBm
802.11a/g	6 Mbps	-90 dBm
802.11a/g	9 Mbps	-89 dBm
802.11a/g	12 Mbps	-87 dBm
802.11a/g	18 Mbps	-85 dBm
802.11a/g	24 Mbps	-82 dBm
802.11a/g	36 Mbps	-79 dBm
802.11a/g	48 Mbps	-76 dBm
802.11a/g	54 Mbps	-74 dBm
802.11n	150 Mbps	-69 dBm
802.11n	300 Mbps	-66 dBm

Taulukko 2: Intel Centrino Advanced-N 6205 -verkkokortin vastaanottoherkkyys (Hewlett-
Packard Development Company, L.P. 2013)

4.5 Aalto-yliopiston langaton verkko

Aalto-yliopiston langaton verkko koostuu noin 620:sta WLAN-tukiasemasta ja tukiasemia löy-
tyy lähes kaikilta Aallon kampuksilta. Tukiasemia tarkkaillaan ja ohjataan WLAN-
kontrollereiden avulla, joita Aallolla on käytössä kuusi. 4 kontrollereista ovat Ciscon WiSM-
mallia (Wireless Service Module) ja jokainen kontrolleri tukee asiakkaalta saadun tiedon mu-
kaan 150:tä tukiasemaa. Kyseisistä kontrollereista ollaan kuitenkin luopumassa. Tilalle on
hankittu uusi WiSM2-kontrolleri ja sille varmistava HA-pari. Käytännössä verkko toimii seuraav-
alla tavalla: ylläpitäjät ohjaavat WLAN-kontrollereita ylläpitokäyttöliittymän avulla (Cisco
Prime Wireless Control System), ja kontrollerit taas ovat yhteydessä tukiasemiin, jotka ovat
omissa, kampuskohtaisissa verkoissaan. Tukiasemat puolestaan levittävät aalto open-verkkoa,
johon loppukäyttäjät voivat sitten yhdistää päätelaitteensa (Kuva 2). Aalto open on avoin
verkko, eli yhdistämiseen ei tarvita salasanaa. Verkko käyttää privaattiosoitteita, ja julkiseen
internetiin liikennöitäessä tehdään osoitteenmuutos.



Kuva 2: Aalto-yliopiston WLAN-verkon arkkitehtuuri.

5 Kattavuuskartoitus

Langattoman lähiverkon kattavuuskartoitus on tärkeä toimenpide, jonka avulla voidaan varmistaa verkon haluttu toimivuus. Prosessissa mittaaja tutkii mittauskohdetta esimerkiksi löytääkseen katvealueita WLAN-verkon kattavuudessa sekä paikallistaakseen mahdollisia radioaajuushäiriöitä. Kattavuuskartoituksen avulla pystytään mittaamaan WLAN-signaalin voimakkuutta ja saamaan muita tietoja verkon toimintaan vaikuttavista tekijöistä. Kartoituksen avulla voidaan myös esimerkiksi selvittää kuinka monta tukiasemaa tarvitaan ja mihin ne kannattaisi sijoittaa. (Cisco Systems, Inc. 2008)

WLAN-verkon kattavuuskartoitus voidaan suorittaa esimerkiksi kannettavan tietokoneen avulla siihen tarkoitettulla sovelluksella. Tässä opinnäytetyössä suoritettu kattavuuskartoitus tehtiin HP:n Elitebook 2170p kannettavalla tietokoneella käyttäen VisiWave Site Survey -ohjelmiston versiota 3.0.11.

5.1 Kohde

Kattavuuskartoituksen kohteena oli Sähkötekniikan korkeakoulun rakennus, Sähkötalo. Sähkötalo sijaitsee Espoossa, osoitteessa Otakaari 5. Rakennus koostuu viidestä kerroksesta, joista neljä on aktiivisessa käytössä. Viidennessä kerroksessa on lähinnä ilmastointikoneistoa ja muuta vastaavaa, eikä kyseisessä kerroksessa siis ole tarvetta WLAN-tukiasemille. Tästä syystä 5. kerroksen WLAN-verkon kattavuutta ei myöskään mitattu. Rakennuksessa on paljon erilaisia tiloja, kuten luentosaleja, seminaarisaleja, it-luokkia, henkilökunnan työhuoneita, erilaisia laboratoriotiloja, testihuoneita sekä konehuoneita. Enimmillään yhteen kerrokseen kuuluu 11 siipeä: A, B, C, D, E, F, G, H, I, K ja L -siivet. Siipien koko vaihtelee reilusti eikä ylimmissä kerroksissa ole enää kaikkia siipiä. Mittausta oli siis enemmän alemmissä kerroksissa. Ennen mittauksen aloittamista sain Sähkötalon yleisavaimen rakennuksen vahtimestareilta. Yleisavainta tarvittiin siksi, että kaikkiin tarvittaviin tiloihin pääsisi, sillä useimmat ovat lukittujen ovien takana. Avaimet piti palauttaa lähtiessä, eli ne haettiin aina ennen mittausta vahtimestareilta. Rakennuksen suuren koon ja laitteen kantamisen aiheuttaman rasituksen vuoksi suoritettiin lukuisia mittauksia.

5.2 Valmistautuminen

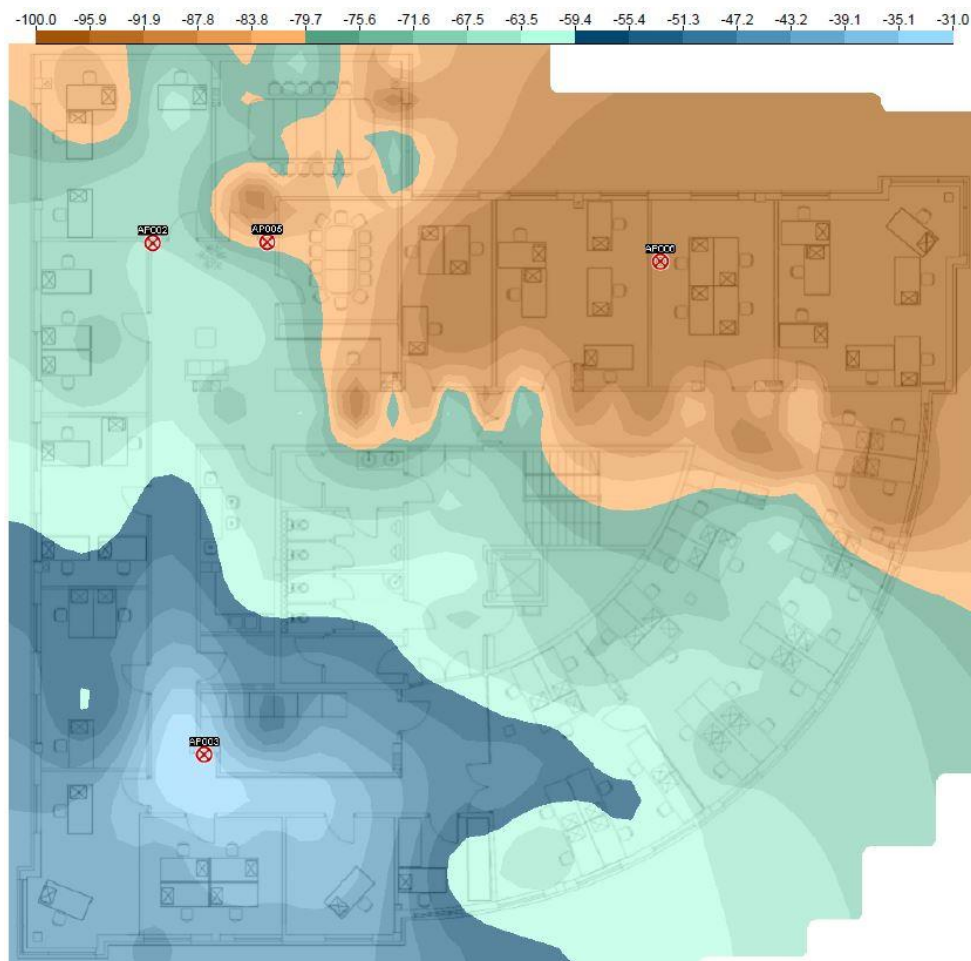
Valmistautuminen itse mittaamiseen alkoi Sähkötalon pohjapiirustusten hankkimisella. Pohjapiirustukset eivät olleet salaisia, joten sain hankittua ne vähällä vaivalla Aallon kampus- ja tilapalveluilta. Pohjapiirustukset olivat alun perin pdf-muodossa, joten jouduin mittaushjelmiston rajoitusten vuoksi muuntamaan ne jpg-muotoon. Kuvanlaadun säilyttäminen konversioidun aikana oli haastavaa, mutta onnistuin lopulta asetuksia säätämällä. Seuraavana vuorossa oli sopivan laitteen ja ohjelman valinta. Mittauslaitteena olisi voinut toimia tabletti, matkapuhelin, kannettava tietokone tai dedikoitu mittauslaite. Valitsin kannettavan tietokoneen kahdesta syystä: dedikoitu mittauslaite olisi tullut liian kalliiksi asiakkaalle ja tämän lisäksi kannettavalla tietokoneella saa mielestäni varmemmin tarkan tuloksen. Tämä johtuu siitä, että tietokoneen osoittimella pystyy valitsemaan sijainnin kartasta erittäin tarkasti, kun taas matkapuhelimella ja tabletilla joutuu käyttämään sormeja. Ohjelmistolle ei asiakkaan puolesta ollut muita kriteereitä kuin se, että huoneennumeroiden tulisi näkyä valmiissa kartoissa. Sain siis toimia suhteellisen vapaasti ohjelman valinnan suhteen. Tärkein kriteeri itselleni oli se, että ohjelma toimisi kannettavassa tietokoneessa. Tämän lisäksi vaatimuksena oli se, että ohjelma tukisi mahdollisimman suuriresoluutioisia pohjapiirustuksia. Tämä oli tärkeä kriteeri siksi, että pohjapiirustukset ovat erittäin suuriresoluutioisia. Kuvia olisi voinut pienentää, mutta tämä olisi aiheuttanut sen, ettei huoneennumeroita olisi enää erottanut. Edellä mainitun kriteerin lisäksi halusin, että ohjelma olisi mahdollisimman selkeä ja helppokäyttöinen.

Asiakas ehdotti ohjelmistoksi Visiwave Sitey Survey:ta, mutta vertailin muutamaa mittausohjelmistoa varmuuden vuoksi. Vertailun voitti kuitenkin Visiwave Site Survey. Syy oli selkeä: kyseinen ohjelmisto toimii kannettavalla tietokoneella ja tukee suurempiresoluutioisia pohjapiirustuksia kuin mikään muu löytämäni ohjelmisto. Tämän lisäksi ohjelmisto on mielestäni helppokäyttöinen ja selkeä. Kun olin valinnut ohjelman, ehdotin hankintaa asiakkaalle. Asiakas hyväksyi hankinnan ja jäin odottelemaan lisenssiä. Saatuaani lisenssin, asensin ohjelmiston valitsemalleni kannettavalle tietokoneelle. Lopuksi jouduin vielä leikkaamaan pohjapiirustukset pienempiin osiin, koska valitsemanikaan sovellus ei tue niin suuriresoluutioisia kuvatiedostoja. Ennen mittauksen aloittamista kävin keskustelemassa asiasta Sähkötalon paikallisten IT-ylläpitäjien kanssa, sillä asiakas ehdotti, että heidän kanssaan voisi tarvittaessa tehdä yhteistyötä. Sovimme paikallisen ylläpidon kanssa, että he antavat minulle listan nykyisistä tukiasemista ja niiden sijainneista. Lisäksi he lupasivat auttaa tarpeen vaatiessa. Paikallinen ylläpito pyysi lisäksi, että heille toimitettaisiin valmiit kattavuuskartat, sillä ylläpito voi niiden perusteella lisätä tukiasemia ja parantaa kattavuutta.

Mittausta varten jaoin pohjapiirustukset pienempiin osiin, jotta ohjelma hyväksyisi kuvatiedostojen resoluution. Ensimmäisen, toisen ja kolmannen kerroksen siivet jaoin seuraavalla tavalla: A+B, C+D, E+F, G+H, I:n ensimmäinen osa, I:n toinen osa, K sekä L. Näistä kerroksista tuli siis yhteensä 8 eri kuvatiedostoa. Neljännen kerroksen jaoin seuraavasti: C+D, E+F, G+H, I:n ensimmäinen osa, I:n toinen osa sekä K. Neljännessä kerroksessa ei enää ole A, B tai L -siipiä. Tästä kerroksesta tuli siitä syystä 6 kuvatiedosta, eli 2 vähemmän kuin edellisistä kerroksista.

5.2.1 Ohjelmisto

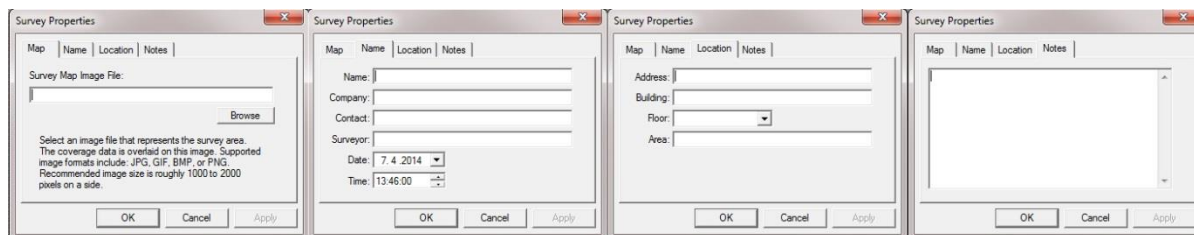
Mittausohjelmistoksi valittiin Visiwave:n tekemä Visiwave Site Survey. Visiwave on ohjelmisto, jolla voi kerätä WLAN:in kattavuuteen liittyvää dataa tavallisella WLAN-adapterilla. Ohjelmisto kerää dataa käyttäjän kävellessä kartoitusalueella ja klikkaillessa pohjapiirustusta nykyisen sijaintinsa mukaan. Tämän lisäksi ohjelmistoa voi käyttää GPS-vastaanottimen kanssa, jolloin pohjapiirustusta ei tarvitse klikkailla. Myös erillistä navigaatiolaitetta voi käyttää. Visiwave-ohjelmisto generoi automaattisesti kattavuusstatistiikkaa, jota voi tutkia joko ohjelmistoon sisältyvän raportointiohjelman tai Google Earthin avulla. Kattavuusstatistiikkaan sisältyy esimerkiksi kattavuuskartta (Kuva 3). Visiwave Site Survey tukee 802.11a/b/g/n/ac WLAN-standardeja sekä pohjapiirustuksia, joiden mitat ovat maksimissaan 2000 pikseliä per sivu. Ohjelmisto soveltuu Visiwave-yrityksen verkkosivujen mukaan hyvin kattavuuden mittaamiseen esimerkiksi sisällä rakennuksissa ja ulkona kampusalueilla. (AZO Technologies, Inc, 2014)



Kuva 3: Esimerkki generoidusta kattavuuskartasta. Kuvassa näkyy vasemmassa alakulmassa olevan tukiaseman (AP003) signaalinvoimakkuus. Sininen väri on voimakkain ja ruskea väri heikoin signaalinvoimakkuus. (AZO Technologies, Inc, 2014)

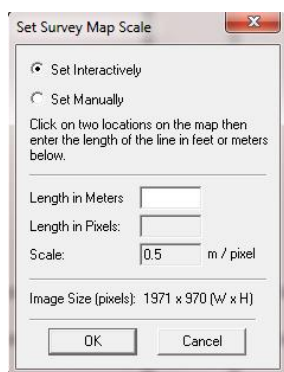
5.2.2 Ohjelmiston käyttö

Ennen mittauksen aloittamista täytyy ohjelmaan valita halutun alueen pohjapiirustus. Tämän lisäksi ohjelmaan voi syöttää esimerkiksi mittauksen suorittajan nimen ja yrityksen, päivämäärän jolloin mittaus on aloitettu, mittauskohteen tiedot sekä tarvittavat lisätiedot (Kuva 4). Ainoa pakollinen tieto on alueen pohjapiirustus, mutta esimerkiksi kerros on hyvä merkitä, sillä sitä ei aina pysty hahmottamaan pelkän pohjapiirustuksen avulla. Tulevaisuutta ajatellen, jos esimerkiksi joku muu henkilö jatkaa mittauksia, on myös hyvä jättää mahdollisimman paljon tietoja mittauskohteesta.



Kuva 4: Ikkuna, johon syötetään tietoja valittua pohjapiirustusta varten. Kuvassa näkyy eri välilehtien sisältö.

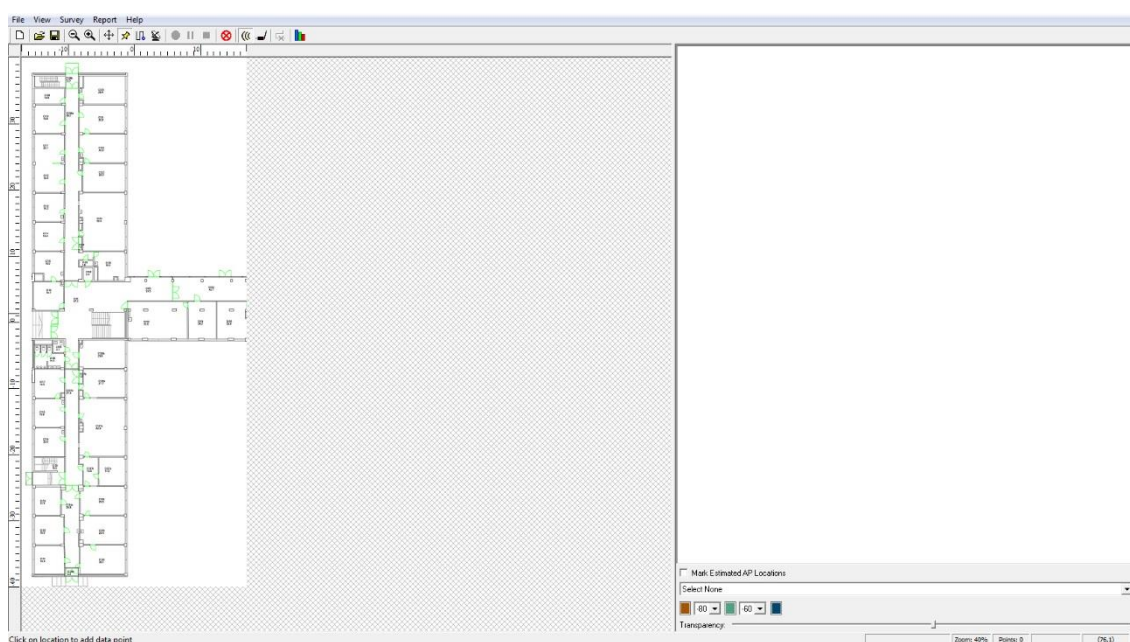
Kun pohjapiirustus on valittu ja halutut tiedot syötetty, avautuu ohjelman mittausnäky. Ennen varsinaisen mittauksen aloittamista ohjelma pyytää vielä pohjapiirustuksen kokoon liittyviä tietoja (Kuva 5), jotta oikea skaala saadaan aikaiseksi. Kokotiedot voi antaa joko interaktiivisesti tai manuaalisesti. Interaktiivisessa vaihtoehdossa pohjapiirustuksesta valitaan hiiren osoittimella kaksi pistettä, joiden välimatka syötetään ohjelmaan metreinä. Manuaalisessa vaihtoehdossa taas syötetään pohjapiirustuksen tietyn osan pituus sekä metreinä, että pikseleinä. Vaihtoehtoisesti voidaan antaa pohjapiirustuksen skaala muodossa metriä/pikseli.



Kuva 5: Pohjapiirustuksen skaalatietojen syöttäminen

Kun kokotiedot on syötetty, aukeaa mittausnäky ja mittauksen voi aloittaa (Kuva 6). Mittaustapoja on kolme erilaista: pistemittaus, jatkuva mittaus sekä GPS-vastaanottimen avulla tehtävä mittaus. Pistemittauksessa hiiren osoittimella klikataan pohjapiirustusta aina siinä kohtaa, missä mittaaaja sijaitsee sillä hetkellä. Ohjelma kerää valitusta kohdasta WLAN-signaalin tietoja, jonka jälkeen mittaaaja voi siirtyä seuraavaan haluamaansa kohtaan. Pistemittauksessa Visiwave kerää tietoja ainoastaan siitä kohtaa, missä mittaaaja on klikannut pohjapiirustusta. Jatkuvassa mittauksessa valitaan ensin pohjapiirustuksesta aloituskohta, jonka jälkeen kävellään tasaista vauhtia suoraan haluttuun suuntaan. Kääntyessä klikataan pohjapiirustusta, jotta ohjelma tietää sijainnin. Kun mittaus lopetetaan, jakaa ohjelma kerätyn tiedon eri pisteiden välille. Jatkuvassa mittauksessa ohjelma siis kerää nimensä mukaisesti jatkuvasti WLAN-signaalin tietoa, kunnes mittaaaja keskeyttää prosessin. GPS-vastaanottimen avulla tehtävä mittaus suoritetaan erillisen GPS-vastaanottimen avulla, joka voidaan liittää tietokoneeseen. Pohjapiirustuksesta valitaan ensin mittaaajan sijainti, jonka jälkeen GPS-

vastaanotin pitää huolen sijainnista. Mittaaja voi vapaasti kävellä mittausalueella ja GPS-vastaanottimen avulla ohjelma tietää, missä kohtaa pohjapiirustusta mittaaja milloinkin sijaitsee. GPS-vastaanottimen avulla tehtävässä mittauksessa ohjelma kerää jatkuvasti WLAN-signaalin tietoja. Kun käyttäjä haluaa keskeyttää mittauksen, voi hän tallentaa nykyiset tiedot ja sulkea ohjelmiston. Myöhemmin mittausta voi jatkaa samasta kohdasta avaamalla haluttu karttatiedosto ja valitsemalla mittaustapa. Jos käyttäjä tekee vahingossa virhepainalluksen, voi minkä tahansa mittauspisteen poistaa kartasta muihin mittauspisteisiin vaikuttamatta.



Kuva 6: VisiWave Site Survey -ohjelmiston mittausnäkyä.

5.2.3 Laitteisto

Verkon kattavuuden mittaukseen käytettiin kannettavaa tietokonetta, HP EliteBook 2170p:tä. Kyseinen laite valittiin siitä syystä, että se oli mittauksen aikaan kevyin Aalto IT:ltä löytyvä kannettava tietokone. HP:n verkkosivujen mukaan kannettavalla on painoa ainoastaan noin 1.3 kg ja tämän takia sitä on mielestäni helppo kantaa mukana. Kyseinen kone on myös oma työkoneeni, joten tämäkin vaikutti päätökseen. Koneessa on Intelin WLAN-verkkokortti, joka tukee 802.11a/b/g/n standardeja. (Hewlett-Packard Development Company, 2014)

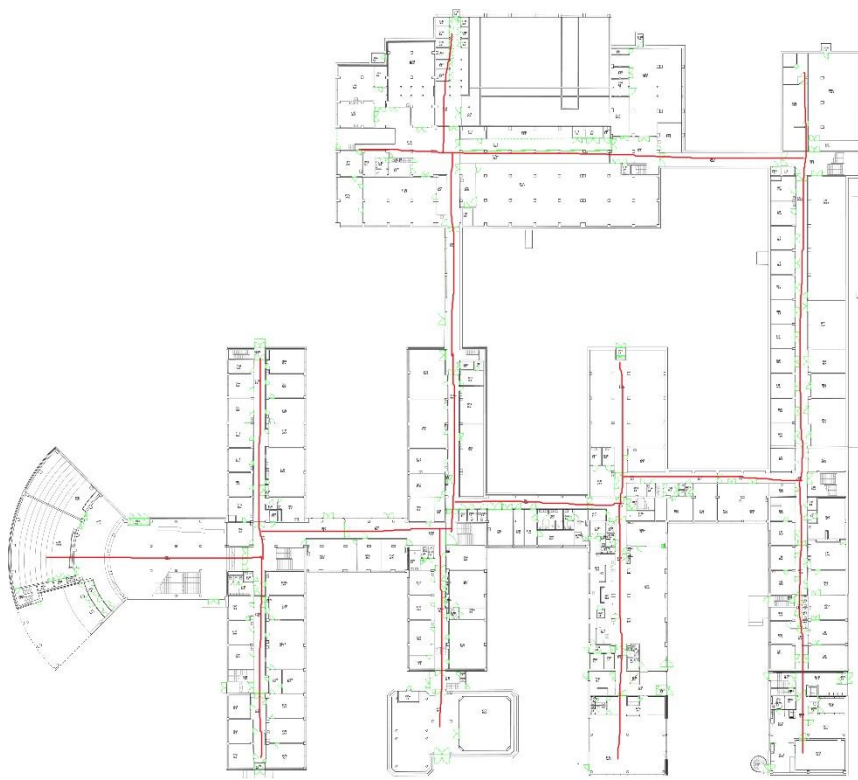
5.3 Mittaus

Tämän työn suurin tavoite oli mitata Sähkötalon WLAN-verkon signaalia ja luoda mittauksen perusteella kattavuuskartat rakennuksen tiloista. Kattavuuskarttojen avulla on tarkoitus selvittää katvealueet ja kohdat, joissa on huono signaali, jotta tukiasemia voidaan lisätä ja ole-

massa olevien tukiasemien sijainteja parannella. Mittausta tehdessä jouduttiin ottamaan huomioon tilojen käyttö. Monissa tiloissa saattoi olla opetusta tai erilaisia testejä menossa, eikä kyseisiin tiloihin voinut sen aikana mennä. Tästä syystä tiettyihin tiloihin joutui palaamaan myöhemmin, vaikka kyseinen siipi olisikin ollut muuten jo kartoitettu ja seuraavaan siipeen siirrytty.

Mittausprosessi aloitettiin testaamalla käytössä olevaa sovellusta. Testimittausta varten luotiin testipohjapiirustus omasta toimistostani sekä lähihuoneista ja käytävästä. Testipohjapiirustus luotiin tilojen oikeilla mitoilla, eli testin tulos oli validi. Tämän jälkeen testattiin ohjelman käyttöä testipohjapiirustuksella. Ohjelmiston kolmesta mittaustavasta valitsin pistemittauksen. Tein tämän valinnan siksi, että mittauslaitteessani ei ole GPS-ominaisuutta, eikä hallussani ollut dedikoitua mittauslaitetta. Valitsin pistemittauksen jatkuvan mittauksen sijaan siksi, että pistemittauksessa käyttäjä pystyy tarkemmin määrittelemään oman sijaintinsa. Jatkuvassa mittauksessa sijainti on ohjelman arvioima pysähtymisiä lukuun ottamatta. Jatkuva mittaus vaatii myös sen, että käyttäjä muistaa aina ilmoittaa ohjelmistolle pysähtyneensä. Testin tarkoituksena oli myös selvittää mikä on riittävä määrä mittauspisteitä tietynkokoisissa tiloissa. Riittäväällä määrällä tarkoitetaan sitä, että ohjelma osaa mittauspisteiden avulla laskea signaalin voimakkuuden kyseisestä tilasta. Jos valmiissa kattavuuskartassa oli valkoista aluetta värillisen alueen sijaan, tarkoitti se sitä, ettei ohjelmalla ollut tarpeeksi dataa. Siinä tapauksessa tiesi, että mittauspisteitä pitää lisätä.

Itse kattavuuden mittaus aloitettiin Sähkötalon ensimmäisestä kerroksesta, A-siivestä. A-siivestä siirryin B-siiven läpi suoraan C-siipeen, sillä B-siipi koostuu ainoastaan aulatilasta. Mittaus eteni siivestä toiseen ja päättyi lopulta L-siipeen. Tämän jälkeen siirryin seuraavaan kerrokseen. Reitti oli kaikissa kerroksissa sama (Kuva 7). Reitin varrella poikkesin kaikkiin niihin tiloihin, joihin minulla oli pääsy. Tiettyihin tiloihin ei ollut pääsyä ollenkaan, joten ne tilat jouduin ohittamaan. Rakennuksessa oli myös sellaisia tiloja, joihin tarvitsin kulkukortin yleisavaimen sijaan. Suurin osa tiloista oli henkilökunnan työhuoneita. Suurimmassa osassa huoneista, erityisesti henkilökunnan työhuoneissa, oli yksi tai useampi henkilö paikalla. Tästä syystä jouduin aina kysymään lupaa signaalin mittaamista varten. Tämä hidasti mittausprosessia tuntuvasti.



Kuva 7: Mittausreitti. Kuvassa näkyy Sähkötalon ensimmäisen kerroksen pohjapiirustus, johon on lisätty kuljettu mittausreitti. Reitti on ilmaistu punaisella viivalla. Reitin varrella on poikettu kaikissa tiloissa, joihin on ollut pääsy.

Kattavuusmittauksessa oli myös omat haasteensa. Kun mittausprojektia jatketaan ja seuraavia mittauksia suunnitellaan, on hyvä olla tietoinen mahdollisista haasteista. Mittauksen aikana koin suurimmaksi haasteeksi sen, ettei kaikkiin tiloihin päässyt. Suurin syy siihen oli se, että niissä tiloissa oli opetusta, eikä niihin siitä syystä voinut sillä hetkellä mennä. Näihin tiloihin joutui siis palaamaan myöhemmin. Tämä oli haastavaa siksi, että mittaus saattoi edetä seuraavaankin karttaan, jolloin edellisen kartan puutteet oli helpompi unohtaa. Huomasin vielä viimeisenäkin mittauskertana, että joistain tiloista puuttui mittausdataa. Tilojen varattuna oleminen ei ollut ainoa syy siihen, ettei niihin päässyt mittaamaan. Toinen syy siihen oli se, että tilat olivat esimerkiksi jonkinlaisia laboratorio- tai testitiloja, joihin pääsee ainoastaan tietyt henkilöt. Lisäksi Sähkötalossa on esimerkiksi paljon erilaisia konehuoneita, joihin pääsee ainoastaan huoltohenkilökunta. Tällaisista tiloista ei todennäköisesti tarvita kattavuusdataa, mutta pohjapiirustuksesta ei tällaisia tiloja pysty päättelemään. Valmis kattavuuskartta saattaa siis näyttää hyvinkin puutteelliselta, jos alueella on paljon suljettuja tiloja. Toinen haastava tekijä pääsyn suhteen oli se, että tiettyihin tiloihin ei pääse yleisavaimella. Jotkut tilat vaativat kulkukortin, jota itselläni ei ollut käytössä. Erikseen pyydettyä sain käyttööni kulkukortin, jolla pääsin kyseisiin tiloihin. Vaikka henkilökunnan paikallaolo monissa tiloissa ei ollut haaste, niin se kuitenkin hidasti mittauksia kohteliaisuuteen liittyvistä syistä. Mittausprosessia voi kuitenkin nopeuttaa toteuttamalla mittauksia esimerkiksi iltapäivisin aamu-

päivien sijaan. Huomasin, että henkilökunta oli suuremmalla todennäköisyydellä iltapäivisin pois, eli mittaukset oli mahdollista suorittaa ripeämmin.

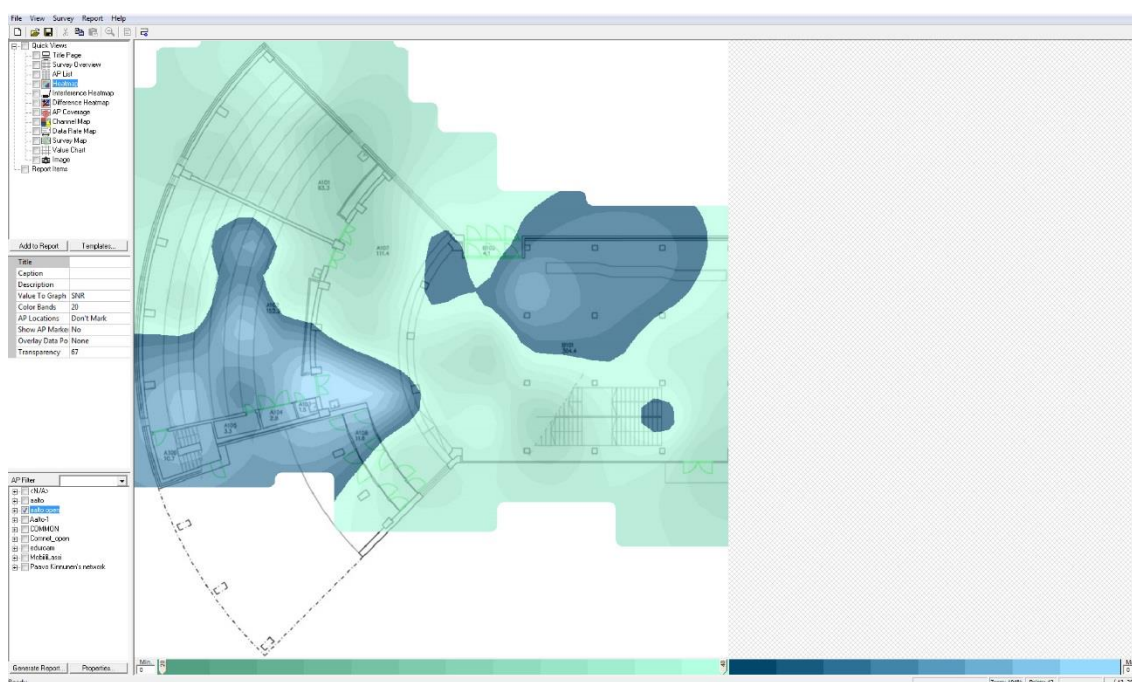
Toinen haaste oli tarvittavan mittauspistemäärän ja pisteiden sijainnin päättelyminen. Koska Sähkötalossa on paljon erikokoisia tiloja, ei mittauspisteiden ihanteellisia sijainteja ollut aina helppo päätellä. Jos mittauspisteitä ei ole tarpeeksi tiheästi, ei mittausohjelmisto saa dataa tarpeeksi laajalta alueelta. Tämä taas johtaa siihen, että kattavuuskartta jää puutteelliseksi. Tähän haasteeseen auttoi paljon se, että olin valmisteluvaiheessa tehnyt testimittauksia. Tästä syystä tarpeellisen mittauspistemäärän ja pisteiden optimaalisen sijainnin päättely oli helpompaa. Myös mittauspisteiden sijoittelu kartalla omaan fyysiseen sijaintiin nähden oli haastavaa, sillä pohjapiirustuksista ei esimerkiksi nähnyt huonekalujen tai muun irtaimiston sijainteja. Oma sijainti kartalla oli tämän vuoksi aina pelkkä arvio. Tämän lisäksi kaikkien tilojen seinät eivät myöskään ole enää kaikissa tiloissa samassa kohtaa, kuin pohjapiirustuksissa. Kyseisissä tiloissa sijainnin arviointi oli entistä hankalampaa. Täysin ajantasaisia pohjapiirustuksia ei ollut saatavilla, joten ainoa vaihtoehto oli käyttää hieman vanhentuneita sellaisia. Myös suurien huonekalujen ja laitteistojen sijaintien takia mittauspisteiden sijoittelu oli välillä hankalaa. Jos esimerkiksi huone oli neliön muotoinen ja huoneen keskellä oli este, ei mittauspistettä voinut sijoittaa keskelle. Pisteelle, tai tietyissä tapauksissa useammille pisteille, piti tästä syystä keksiä toinen sijainti

Asiakkaan pyyntö huoneiden numeroiden näkymisestä valmiissa kattavuuskarttioissa loi myös työlle eräänlaisen haasteen. Koska asiakas halusi, että pohjapiirustuksessa näkyisi huoneiden numerot, piti pohjapiirustustiedostojen resoluutio olla tarpeeksi iso. Resoluution piti kuitenkin samalla olla tarpeeksi pieni, jotta mittausohjelma hyväksyisi sen. Ensin alkuperäiset pdf-muotoiset pohjapiirustukset piti saada tarpeeksi suuriresoluutioisiksi, jotta huoneiden numerot näkyisivät zoomatessa. Pohjapiirustuksen viemistä jpg-muotoon joutui yrittämään muuttamaan otteeseen, jotta tarpeeksi iso resoluutio löytyi. Lopulta jpg-muotoiset pohjapiirustukset piti vielä jaksaa pienempiin osiin, jotta mittausohjelmakin hyväksyisi ne. Tätä haastetta olisi helpottanut huomattavasti se, että alkuperäiset pohjapiirustukset olisivat olleet valmiiksi jpg-muodossa.

Haasteeksi olisi voinut muodostua myös pohjapiirustuksen osien eri koot ja niiden skaala kannettavan tietokoneen näytöllä. Tämän pystyi ratkaisemaan siten, että kuvatiedostot leikattiin mahdollisimman samankokoisiksi. Koska siivet ovat erikokoisia, oli jakaminen kuitenkin haastavaa. Saman skaalan kuvista sai siten, että käytti mittausohjelmistossa zoom-toimintoa. Tällä tavalla kaikista tiloista saatiin samankokoiset muihin siipiin verrattuna, vaikka kuvatiedostot olisivat olleet erikokoisia.

5.4 Kattavuuskarttojen luonti

Kun mittaus oli suoritettu loppuun rakennuksen kaikissa kerroksissa, oli vuorossa kattavuuskarttojen luonti (Liite 1). Tämä toimenpide suoritettiin ohjelmistosta löytyvällä raportointityökalulla (Kuva 8). Raportointityökalun avulla saa selville paljon erilaista tietoa, kuten signaalin voimakkuus kokonaisuutena, jokaisen tukiaseman kattavuus eriteltynä, verkon nopeus sekä tukiasemien kanavat. Työkalun avulla voi myös valita minkä verkon tai verkkojen kattavuus näytetään kartalla.

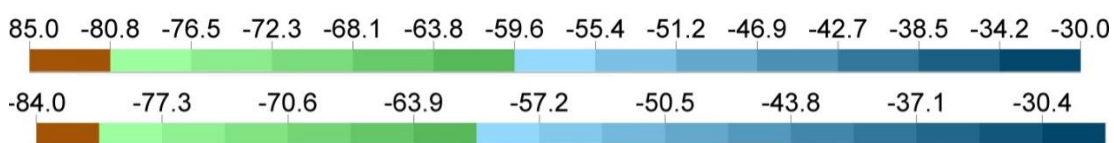


Kuva 8: Visiwave Site Survey -ohjelmiston raportointinäkymä. Raportointityökalussa on valittuna signaalin voimakkuus aalto open -verkossa. Kuvassa näkyvä pohjapiirustus on Sähkötalon ensimmäisen kerroksen A- ja B-siivistä.

Koska tässä työssä oli tarkoituksena kartoittaa aalto open -verkon kuuluvuutta, tallensin raporttiin ainoastaan aalto open -verkon tiedot. Asiakkaan pyynnöstä raportoitaviin tietoihin lisättiin ainoastaan verkon signaalin voimakkuus, sillä asiakasta kiinnosti tiedoista vain rakennuksen kattavuuskartat. Työkalulla valittiin raporttivaihtoehdoista kattavuuskartta (heat map), jonka jälkeen verkkolistasta valittiin aalto open. Käytin suurimmaksi osaksi ohjelman oletusasetuksia, mutta otin pois automaattisen tukiasemien näyttämisen kartalla. Kyseisen asetuksen otin pois käytöstä siksi, että tukiasemien sijainnit ovat ainoastaan arvioita. Tämän lisäksi kartalla näkyisi kyseisen asetuksen kanssa myös muiden kerroksien tukiasemat, joiden signaali yltää kyseiseen karttaan. Kattavuuskartan signaali ilmaistaan dBm-arvolla (desibelit suhteessa milliwattiin) ja asteikko koostuu kolmesta eri väristä ja niiden sävyistä, riippuen signaalin voimakkuudesta. Oletusasetuksena signaali ilmaistaan niin, että sinisen värin sävyt

ovat voimakkaimmat (0 - -60dBm), vihreän värin sävyt keskitasoa (-60 - -80dBm) ja ruskean värin sävyt heikoimmat (-80 - -100dBm). Signaalinvoimakkuusasteikon ääripäät muodostuvat kyseisen kattavuuskartan heikoimmasta ja voimakkaimmasta signaalista. Asteikon arvot vaihtelevat siis tiedostoittain, koska karttojen mitatut heikoimmat ja voimakkaimmat dBm-arvot eivät ole eri tiedostoissa samat.

Raportin pystyy viemään ohjelmasta joko pdf- tai html-muodossa, ja valitsin näistä itse pdf:n. Valitsin kyseisen vaihtoehdon siksi, että pdf:n pystyy avaamaan suoraan esimerkiksi Adobe Photoshop ohjelmalla, jonka jälkeen kattavuuskartan voi tallentaa kuvatiedostoksi. Tein työkalulla vuoron perään jokaisesta mitatusta pohjapiirustustiedostosta oman pdf-tiedoston, jonka jälkeen muunsin kattavuuskartat jpg-tiedostoiksi käyttämällä Adobe Photoshop -ohjelmaa. Huomasin raportit luotuani, että valmiiden kattavuuskarttojen signaalinvoimakkuusasteikko vaihtelee tiedostoittain. Vaikka asteikon piti ohjelman asetuksen mukaan koostua 15:stä värisävystä, saattaa asteikossa olla tiedostosta riippuen esimerkiksi 13 tai 17 värisävyä (Kuva 9). En saanut selvitettyä, miksi ohjelma tekee kyseisellä tavalla. Tämän lisäksi dBm-asteikon ilmaisu vaihtelee myös tiedostoittain, eikä lopputulokseen voi vaikuttaa (Kuva 9). Huomasin, että dBm-asteikon vaihtelu johtui pohjapiirustuksen koosta. Tähänkään ei käyttäjä itse voi vaikuttaa. Kuvatiedostoja oli monta, mutta keskusteltuani asiakkaan kanssa asiasta, heidän mielestään kuvatiedostoja ei kuitenkaan tarvinnut yhdistää kokonaisuuksiksi kerroksittain. Asiakkaan mielestä kattavuuden ja sen puutteet näkee tarkemmin kun kerrokset on jaettu pienempiin osiin ja huoneiden numerot pystyy erottamaan. Tämän lisäksi ohjelman signaalinvoimakkuusasteikon vaihtelun takia tiedostojen yhdistäminen olisi ollut todella haastavaa, ellei jopa mahdotonta. Pidin siis alkuperäiset jaot, jotka olin tehnyt pohjapiirustuksia jakaessa ennen mittausta.



Kuva 9: Asteikon vaihtelu eri tiedostoissa

6 Tulosten analysointi

Kattavuuskarttojen luonnin jälkeen seuraava työvaihe oli mittaustuloksien analysointi. Tärkein tavoite analysoinnissa oli katvealueiden löytäminen, jotta niiden perusteella voitaisiin löytää mahdollisia parannusehdotuksia. Aloitin tuloksien tutkimisen ensimmäisen kerroksen A- ja B-siivistä, josta siirryin aakkosjärjestyksessä siipi siiveltä eteenpäin, kunnes vuorossa oli seuraava kerros. Toistin saman joka kerroksen kohdalla. Signaalinvoimakkuuden analysoinnissa käytin vertailuarvoina tässä työssä mainitun Intel Centrino Advanced-N 6205 -verkkokortin vastaanottoherkkyyksiä (Taulukko 2, s. 12).

Ensimmäisen kerroksen A- ja B-siivissä mitatun WLAN-signaalin vaihteluväli on -46dBm - -80dBm ja teoriassa tiedonsiirtonopeus on siis parhaimmillaan 300 Mbps ja huonoimmillaan 24 Mbps. Tukiasemia A-siivessä on 1 kpl tilassa A102, kun taas B-siivessä ei ole yhtään tukiasemaa. Toisen kerroksen signaali vuotaa selvästi ensimmäiseen kerrokseen, koska B-siivessä on kohta, missä signaali on korkeampi (-52.8dBm - -55.1dBm) kuin muualla siivessä. C- ja D-siipien mitattu signaali vaihtelee noin -28dBm:n ja -80dBm:n välillä, joka tarkoittaa 300 Mbps - 24Mbps tiedonsiirtonopeuksia. C- ja D-siivissä on kummassakin 1 tukiasema, käytävällä C108a ja tilassa D103. Vaikka C-siiven alaosassa ei ole yhtään tukiasemaa, ei signaali silti puutoa alle -80dBm. Tämä johtuu siitä, että yläkerrasta vuotaa signaalia. C-siiven alaosan porras-käytävän vieressä signaali nousee jopa voimakkaammaksi kuin -52.3dBm. E- ja F-siivissä signaalin vaihteluväli on -32dBm - -87dBm ja teoreettiset tiedonsiirtonopeudet ovat 300 Mbps - 12Mbps. E- ja F-siipien ainoa tukiasema löytyy tilasta E110, eli E-siiven yläosasta. Tästä johtuen signaali laskee E-siiven alaosassa ja F-siivessä paikoittain alle -80dBm. Signaali laskee kyseisiin lukemiin myös E-siiven ylikulkusillalla. WLAN-signaali on G- ja H-siivissä -27dBm:n ja -100dBm:n välillä, joka tarkoittaa sitä, että tiedonsiirtonopeus on parhaimmillaan 300 Mbps, mutta heikoimmillaan signaali ei riitä verkkoyhteyteen ollenkaan. G-siivestä löytyy tukiasema tiloista G130 ja G137, mutta H-siivessä ei ole tukiasemia lainkaan. Tästä johtuen H-siiven WLAN-signaali on suurimmilta osin alle -80dBm ja paikoittain jopa -100dBm. Niin heikko signaali ei enää riitä verkkoyhteyden luomiseen. Heikkoa signaalia löytyy tämän lisäksi myös G-siivestä, H-siiven vierestä. I-siivessä signaalin voimakkuus vaihtelee -49dBm:n ja -100dBm:n välillä. Tämä tarkoittaa sitä, että parhaimmillaan voidaan saavuttaa 300 Mbps:n tiedonsiirtonopeus, mutta tietyillä alueilla ei voida luoda verkkoyhteyttä lainkaan. Syy heikkoon signaaliin on se, ettei I-siivessä ole yhtään tukiasemaa. Tukiasemien puute taas johtuu siitä, että I-siipi koostuu suureksi osaksi varastotiloista ja erillisestä rakennuksen osasta, jossa ei tarvita langatonta verkkoyhteyttä. I-siiven yhdessä kohtaa mitattu -49dBm:n signaali saavutetaan yläkerran tukiaseman voimakkaan signaalivuodon ansiosta. Siiven ylimmästä osasta ei voitu mitata signaalia, koska tilaan ei päässyt/saanut mennä. Signaalivoimakkuus K-siivessä vaihtelee -59dBm:n ja -83dBm:n välillä, eli tiedonsiirtonopeudet ovat 300 Mbps - 18 Mbps. Kyseinen siipi koostuu vain muutamasta huoneesta, eikä siivessä ole lainkaan tukiasemaa. Tästä voidaan päätellä signaalin vuotavan muualla olevista tukiasemista. Viimeisessä siivessä, eli L-siivessä mitattu signaali on -33dBm - -100dBm. Tämä tarkoittaa teoriassa sitä, että parhaimmillaan tiedonsiirtonopeus voi olla 300 Mbps, kun taas heikoimmillaan signaali ei riitä verkkoyhteyteen. L-siivessä on 1 tukiasema tilassa L121b, eikä sen kattavuus riitä kuin pieneen osaan L-siipeä. Muualla siivessä signaali vuotaa muualla olevista tukiasemista, mutta osassa siipeä signaali on liian heikko verkkoyhteyttä varten. L-siipi koostuu suurimmaksi osaksi varastotiloista ja konehuoneista, eikä kaikkialle päässyt tästä johtuen mittaamaan WLAN-verkon kuuluvuutta.

Toisen kerroksen A- ja B-siipien WLAN-signaali vaihtelee -35dBm:n ja -80dBm:n välillä, joka tarkoittaa tiedonsiirtonopeuksissa 300 Mbps - 24 Mbps. A- ja B-siivissä on kummassakin yksi tukiasema, tiloissa A202 ja B201b, ja siivissä onkin suurimmilta osin yli -60dBm:n signaali. C- ja D-siivissä mitatun signaalin vaihteluväli on -27dBm - -80dBm. Näillä lukemilla voidaan päästä 300 Mbps - 24 Mbps tiedonsiirtonopeuksiin. C-siivessä on tukiasema käytävillä 204a ja 206a, kun taas D-siivessä ei ole tukiasemia ollenkaan. Tästä huolimatta D-siivessä signaali on suurimmaksi osaksi voimakkaampi kuin -60dBm. WLAN-signaalin voimakkuus E- ja F-siivissä on noin -33.3dBm - -83dBm, jolloin voidaan saavuttaa 300 Mbps - 18 Mbps tiedonsiirtonopeus. Tukiasemia on E-siivessä kaksi: käytävällä E202a ja tilassa E221a. F-siivessä ei ole tukiasemia. Signaalinvoimakkuus nousee paikoittain jopa -44.3dBm:ään, vaikka lähellä ei ole tukiasemaa. Tästä voidaan päätellä, että kyseisen kerroksen E- ja F-siipien ulkopuolella olevat tukiasemat vuotavat signaalia voimakkaasti. G- ja H-siivissä mitattu signaali vaihtelee -34dBm:n ja -84dBm:n välillä. Näillä arvoilla tiedonsiirtonopeus voi olla 300 Mbps - 18 Mbps. G-siipeen on asennettu tukiasema tiloihin G225 ja G237, kun taas H-siivessä ei ole tukiasemaa. G-siiven yläosassa on havaittavissa voimakasta signaalin vuotamista muualla sijaitsevista tukiasemista, sillä signaali nousee paikoittain yli -60dBm, vaikkei lähistöllä ole tukiasemaa. H-siivessä taas signaali putoaa paikoittain alle -80dBm tukiaseman puuttumisen vuoksi. I-siiven WLAN-signaalin vaihteluväli on noin 24dBm - -100dBm, joka mahdollistaa parhaimmillaan 300 Mbps:n tiedonsiirtonopeuden. Heikoimmillaan signaali ei riitä verkkoyhteyteen. Tukiasemia I-siivessä on 3: käytävillä I207b, I202a ja IM208. Useasta tukiasemasta huolimatta osassa I-siipeä on niin heikko signaali, ettei se riitä verkkoyhteyteen. I-osan ja IM-osan välillä on muutama asunto, eikä sen osan WLAN-signaalia ole siitä johtuen mitattu. Signaalinvoimakkuus K-siivessä vaihtelee -41dBm:n ja -80dBm:n välillä, joka tarkoittaa teoriassa 300Mbps - 24 Mbps tiedonsiirtonopeuksia. K-siipi on pieni, muutamasta tilasta koostuva siipi, johon on asennettu yksi tukiasema tilaan K202. Kerroksen viimeisen siiven, eli L-siiven WLAN-signaali on voimakkuudeltaan -39dBm - -100dBm. Mahdollinen korkein tiedonsiirtonopeus kyseisessä siivessä on siis tämän perusteella 300 Mbps, kun taas heikoin signaali on liian heikko verkkoyhteyttä varten. L-siipeen on asennettu yksi tukiasema, tilaan L215a. Tästä johtuen signaali putoaa paikoittain niinkin matalaksi kuin -100dBm, joka ei riitä verkkoyhteyteen. Muissa siivissä ja kerroksissa olevat tukiasemat vuotavat signaalia, koska signaalinvoimakkuus on paikoittain korkeampi kuin -60dBm. Osaa L-siivestä ei voitu mitata, sillä siivessä on suuri alue, jonne on pääsy kielletty.

Kolmannen kerroksen A-siipi koostuu ainoastaan pienestä käytävästä ja parista pienestä tilasta alemman kerroksen auditorioiden yläpuolella, eikä B-siipeä ole ollenkaan. A-siiven signaalinvoimakkuus vaihtelee -41dBm:n ja -80dBm:n välillä, eli teoriassa tiedonsiirtonopeus on 300 Mbps - 24 Mbps. Tukiasemia siellä ei ole, eli signaali tulee alemman kerroksen auditoriosta. C- ja D-siivissä mitatun WLAN-signaalin voimakkuus on -30dBm - -85dBm, joka mahdollistaa 300 Mbps - 18 Mbps tiedonsiirtonopeuden. Tukiasemia C-siivessä on 2, kun taas D-siivessä 1. Tuki-

asemat sijaitsevat käytävillä C304a, C332a ja D303. Lähellä olevasta tukiasemasta huolimatta C-siiven alaosassa signaali laskee jopa -85dBm:ään. Mitattu signaalivoimakkuus E- ja F-siivissä on -34dBm - -85dBm ja tästä johtuen teoreettinen tiedonsiirtonopeus on 300 Mbps:n ja 18 Mbps:n välillä. E- ja F-siivissä on kummassakin yksi tukiasema: käytävällä E302a sekä F304. Vaikka E-siiven alaosassa ei ole tukiasemaa, pysyy signaali silti suureksi osaksi yli -60dBm. Tästä voidaan päätellä, että muiden kerroksien ja siipien tukiasemat vuotavat signaalia. E-siiven alaosan yhdessä tilassa signaali putoaa kuitenkin alle -80dBm. G- ja H-siipien signaalivoimakkuuden vaihteluväli on noin -32dBm - -86dBm, joka tarkoittaa sitä, että voidaan päästä 300 Mbps - 12 Mbps tiedonsiirtonopeuksiin. G-siipeen on asennettu 2 tukiasemaa, käytäville G302c ja G305a, kun taas H-siivessä ei ole tukiasemaa. G-siiven alaosassa signaali laskee yhdessä tilassa alle -80dBm. G-siiven yläosan signaalia ei voinut mitata, koska alueelle oli pääsy kielletty. I-siivessä mitatun WLAN-signaalin voimakkuus vaihtelee noin -27dBm:n ja -84dBm:n välillä, joka mahdollistaa teoriassa 300 Mbps - 18 Mbps tiedonsiirtonopeuden. Tukiasemia on I-siivessä 3 ja ne sijaitsevat käytävillä I304a ja I314a sekä tilassa I301. I-siiven alaosassa, eli IM-osassa ei ole tukiasemaa ja tästä syystä signaali putoaa paikoittain alle 80dBm. Signaali putoaa yhtä alhaisiin lukemiin myös muutamissa I-siiven keskiosan yläpuolella olevissa tiloissa. Vaikka K-siivessä ei ole tukiasemaa, on mitattu WLAN-signaali siellä silti parhaimmillaan -48dBm ja huonoimmillaan -80dBm. Tämä tarkoittaa sitä, että voidaan päästä 300 Mbps - 24 Mbps tiedonsiirtonopeuksiin. Koska K-siivessä ei ole tukiasemaa, johtuu mitattu signaalivoimakkuus siitä, että signaalia vuotaa muualla olevista tukiasemista. Kolmannen kerroksen viimeisessä siivessä, L-siivessä, mitatun signaalin voimakkuus vaihtelee -34dBm:n ja -100dBm:n välillä. Tästä johtuen voidaan parhaimmillaan saavuttaa 300 Mbps:n tiedonsiirtonopeus, kun taas huonoimmillaan signaali ei riitä verkkoyhteyteen. L-siivessä on tukiasema vain tilassa L310 ja tämän vuoksi signaali laskee paikoittain niin paljon. Suurinta osaa L-siivestä ei voinut mitata, koska tiloihin oli joko pääsy kielletty tai ne olivat osa alemmaa kerrosta.

Neljännessä kerroksessa ei enää ole A-, B-, D-, K- tai L-siipiä, vaan kerros koostuu enää C-, E-, F-, G-, H- ja I-siivistä. Mitatun WLAN-signaalin voimakkuus C-siivessä on -60dBm - -96dBm, joka tarkoittaa käytännössä sitä, että parhaimmillaan voidaan päästä 300 Mbps:n tiedonsiirtonopeuksiin, kun taas huonoimmillaan signaalin voimakkuus ei riitä verkkoyhteyteen. Neljännen kerroksen C-siipi koostuu ainoastaan muutamasta tilasta, eikä siellä ole yhtään tukiasemaa. Yhdessä tilassa signaali ei riitä verkkoyhteyteen. E- ja F-siivissä signaalivoimakkuus vaihtelee -36dBm:n ja -80dBm:n välillä, mikä tarkoittaa teoriassa 300 Mbps - 24 Mbps tiedonsiirtonopeuksia. Kummassakin siivessä on yksi tukiasema: tilassa E419 sekä käytävällä F403 ja signaali onkin suurimmassa osassa E-siipeä ja lähes koko F-siivessä yli -60dBm. E-siiven yläosa koostuu vain muutamasta konehuoneesta, johon pääsee ainoastaan katon kautta. Tästä johtuen sitä aluetta ei ole mitattu. WLAN-signaalin voimakkuus G- ja H-siivissä on mittauksen mukaan noin -29dBm - -87dBm, joka mahdollistaa teoriassa 300 Mbps - 12 Mbps tiedonsiirtonopeuden. G-siiven kaksi tukiasemaa on asennettu käytäville G402a ja G404a, kun taas H-

siipeen ei ole asennettu tukiasemia. Koska G-siiven alaosassa ei ole tukiasemaa, laskee WLAN-signaali useassa tilassa alle 80dBm:n. Myös G-siiven yläosan yhdessä tilassa käy samoin, lähellä olevasta tukiasemasta huolimatta. H-siiven WLAN-signaali pysyy kaikissa tiloissa yli -80dBm, vaikka siivessä ei ole tukiasemaa. I-siivessä mitattu WLAN-signaali on noin -28dBm - -81dBm. Tämä tarkoittaa sitä, että teoriassa voidaan saavuttaa 300 Mbps - 24 Mbps tiedonsiirtonopeus. I-siivessä on neljä tukiasemaa, jotka ovat tilassa I437d sekä käytävillä I403a, I404a ja IM408. Useasta tukiasemasta johtuen signaali putoaa vain pienessä osaa I-siipeä -80dBm:n tasolle.

Katvealueella tarkoitetaan tässä työssä sellaista aluetta tai kohtaa kattavuuskartassa, jossa WLAN-signaali ei riitä verkkoyhteyden luomiseen. Kuten luvussa 6 todettiin, tukiasemat vuotavat signaalia muihin kerroksiin ja siipiin, josta johtuen katvealueita on odotettua vähemmän. Koska eri laitteiden WLAN-vastaanottimien vastaanottoherkkyys vaihtelee, käytetään katvealueen viitearvona -85dBm:ää. Kyseistä arvoa käytetään siksi, että useimmiten tarvitaan Huttonin, Schofieldin ja Tearen mukaan -94dBm - -85dBm:n WLAN-signaali, jotta voitaisiin saavuttaa alhaisin siirtonopeus ja tämän myötä verkkoyhteys. (Hutton, Schofield, Teare 2008, s. 654). Ensimmäisessä kerroksessa katvealueita löytyy E-siiven alaosan yhdestä tilasta sekä yläosan käytävältä. Tämän lisäksi katvealueita löytyy useasta tilasta G- ja H-siivistä sekä suuresta osasta I-siiven alaosaa. Myös suuri osa L-siivestä on katvealuetta. I-siivessä katvealueille ei välttämättä tarvitse tehdä mitään, koska alueella on paljon varastotilaa sekä konehuoneita ja muita vastaavia tiloja, missä ei tarvita langatonta verkkoyhteyttä. Myös L-siivessä on jonkin verran vastaavanlaisia tiloja, eikä sielläkään välttämättä tarvita langatonta verkkoyhteyttä koko alueella. Toisesta kerroksesta löytyy katvealueita ainoastaan I-siiven alaosan muutamasta tilasta sekä L-siiven muutamasta tilasta. Katvealueita on kolmannessa kerroksessa vain G-siiven alaosan yhdessä tilassa sekä L-siiven muutamassa tilassa. L-siiven kyseisellä alueella ei välttämättä tarvita langatonta verkkoyhteyttä, koska kyseessä on jonkinlainen sähkötestihalli ja siihen liittyvät valvomotilat. Neljännessä kerroksessa katvealueita löytyy vain C-siiven yhdestä tilasta sekä G-siiven alaosan muutamasta tilasta.

7 Kehitysehdotukset

Ollennainen osa tätä työtä oli esittää asiakkaalle kehitysehdotuksia aalto open -verkon parantamista varten. Kehitysehdotukset tehtiin sekä kattavuusmittauksen analyysin perusteella että yleisestikin Sähkötalon WLAN-verkon toimivuutta ajatellen. Kehitysehdotuksiin kuuluu olemassa olevien tukiasemien siirtäminen, uusien tukiasemien sijoittelu, päällekkäisten WLAN-kanavien tarkastelu sekä Cisco CleanAir -teknologian ominaisuuksien ja hyötyjen selvitys.

7.1 Uudet tukiasemat

Kattavuusmittauksessa löytyi katvealueita ja kohtia, joissa signaali on heikko. Näillä kyseisillä alueilla tiedonsiirtonopeus on huomattavasti matalampi. Uusilla tukiasemilla pyritään eliminoimaan katvealueita, mutta myös parantamaan olemassa olevaa signaalia sellaisista kohdista, missä signaali on heikompi. Ensimmäisestä kerroksesta löytyy katvealueita ja parannettavaa, mutta kaikkiin siipiin ei tarvita uusia tukiasemia. C-siiven alaosassa ei ole katvealueita, mutta siellä ei ole tukiasemaa ja signaalin voimakkuus on heikompi kuin muualla siivessä. Mielestäni alaosaan kannattaisi sijoittaa tukiasema, esimerkiksi käytävälle C107a. E-siiven alaosaan voisi myös lisätä tukiaseman, koska siellä signaali ei kaikissa tiloissa riitä verkkoyhteyteen, eikä siellä ole tukiasemaa ennestään. Tukiaseman voisi sijoittaa käytävälle E125a. F-siivessä signaali on heikompi, mutta siipi koostuu suihku- ja pukuhuonetoiloista, joten tukiasemaa ei kannata asentaa. H-siivessä WLAN-signaali ei useassa tilassa riitä verkkoyhteyteen, mutta siivessä on ainoastaan pukuhuone- ja suihkutiloja sekä sähkökeskuksia. Heikkoa signaalia on tosin tukiaseman puutteen vuoksi myös G- ja H-siiven liitoskohdan alueella, eli jos halutaan kattavuus mahdollisimman hyväksi, tukiaseman voisi asentaa esimerkiksi käytävälle H105. Ensimmäisen kerroksen I-siivessä ei ole tukiasemia, mistä johtuen signaali ei suurimmassa osassa alaosaan riitä edes verkkoyhteyteen. Siiven yläosassa on myös katvealueita. I-siipi koostuu kuitenkin suurimmaksi osaksi varastotiloista sekä konehuoneista ja muista vastaavista tiloista, eikä siellä tästä syystä välttämättä tarvita langatonta verkkoa. Jos kuitenkin halutaan saavuttaa parempi kattavuus, voitaisiin tukiasemia lisätä esimerkiksi tilaan IM108, käytävälle I101a, käytävän I103 keskiosaan sekä tilaan I111a. K-siivessä signaali ei tukiaseman puutteen vuoksi ole kovin voimakas, joten tilaan K102 voisi lisätä tukiaseman. K-siivessä ei kuitenkaan ole katvealueita. L-siivessä signaali ei suurimmassa osassa siipeä riitä verkkoyhteyteen, eikä siivessä ole suuresta koosta huolimatta kuin yksi tukiasema. Siipi koostuu kuitenkin lähes kokonaan varastotiloista, sähkökeskuksista sekä muista vastaavista tiloista, eli langaton verkko-yhteys ei ole tarpeellinen suurimmassa osassa siipeä. Kyseiseen siipeen ei kannata lisätä tukiasemia. Ensimmäiseen kerrokseen voisi siis tulosten perusteella asentaa 8 uutta tukiasemaa, jos kattavuus halutaan mahdollisimman hyväksi. Jos otetaan huomioon langattoman verkkoyhteyden tarpeellisuus tiloissa, olisi uusista tukiasemista 3 oikeasti tarpeellisia.

Toisessa kerroksessa katvealueita ei ole montaa, mutta joihinkin siipiin tarvittaisiin uusia tukiasemia kattavuuden optimoimiseksi. F-siivessä ei ole tukiasemaa, mistä johtuen signaali riittää yhdessä tilassa juuri ja juuri verkkoyhteyteen. Tästä syystä esimerkiksi käytävälle F203 kannattaisi asentaa tukiasema. G-siiven yläosassa ei ole tukiasemaa, mutta muiden kerroksien tukiasemat vuotavat signaalia sen verran paljon, että voimakkuus on paikoittain lähes samaa tasoa, kuin tukiaseman lähetyksillä. Yhdessä tilassa WLAN-signaalin voimakkuus on kuitenkin niin heikko, että sillä voidaan juuri ja juuri muodostaa verkkoyhteys. Esimerkiksi käytävälle G202a voitaisiin asentaa uusi tukiasema, jos heikkoa signaalia halutaan parantaa. H-siivessä ei

ole tukiasemaa, ja signaali onkin siitä johtuen paikoittain heikko (jopa -84dBm). Tästä syystä uusi tukiasema voitaisiin laittaa esimerkiksi käytävälle H203. I-siiven kolmesta tukiasemasta huolimatta signaali laskee muutamassa I-siiven tilassa niin heikoksi, ettei verkkoyhteyttä voida luoda. Jotta kyseinen katvealue saataisiin eliminoitua, kannattaisi esimerkiksi käytävän I237:n yläosaan asentaa uusi tukiasema. L-siivessä on muutamissa tiloissa katvealuetta ja heikkoa signaalia, mutta tilat ovat suurimmaksi osaksi erilaisia sähkölaboratorioita ja testaus-tiloja, joissa langatonta verkkoa ei välttämättä tarvita. Jos kuitenkin halutaan laajentaa kattavuutta, voidaan esimerkiksi tilaan L201 ja tilan L213 oikeaan reunaan asentaa uudet tukiasemat. Täten saataisiin minimoitua katvealueet. Suurin osa L-siiven yläosasta on suurta sähkötestihallia sekä siihen liittyviä valvomohuoneita ja muita tiloja, joissa langattomasta verkkoyhteydestä ei todennäköisesti olisi hyötyä. Kyseiselle alueelle ei siis kannata asentaa tukiasemia. Jos toisen kerroksen kattavuus halutaan saada mahdollisimman hyväksi, kannattaa sinne siis mittauksen perusteella asentaa 6 uutta tukiasemaa.

E-siipi on kolmannen kerroksen ensimmäinen siipi, johon tarvittaisiin uusi tukiasema. E-siiven alaosassa ei ole tukiasemaa, mistä johtuen yhdessä tilassa signaali on niin heikko, että se ei välttämättä riitä verkkoyhteyteen. Käytävälle E329 voisi asentaa tukiaseman, jotta mahdollinen katvealue saataisiin eliminoitua ja muun siiven signaalia parannettua. G-siiven alaosasta löytyy myös pieni katvealue ja heikompa signaalia kuin muualla, eli uuden tukiaseman voisi asentaa esimerkiksi tilaan G338. H-siivessä ei ole katvealueita, mutta jos olemassa olevaa signaalia halutaan parantaa, kannattaisi uusi tukiasema sijoittaa esimerkiksi käytävälle H303. Kattavuusmittauksen perusteella I-siipeen kannattaisi lisätä kaksi uutta tukiasemaa. Tukiasemat voitaisiin sijoittaa esimerkiksi siiven yläosan käytävälle I302a ja tilaan IM308, I-siiven alaosaan. Täten saataisiin parannettua muutamien tilojen heikkoa signaalia, joka riittää ainoastaan alhaisimpiin tiedonsiirtonopeuksiin. Kolmannen kerroksen L-siiven pinta-ala on huomattavasti pienempi kuin edellisen kerroksen. Jäljellä olevista tiloista suurin osa on käytäviä jotka johtavat konehuoneisiin ja muihin vastaaviin tiloihin, eikä langatonta lähiverkkoa tästä syystä todennäköisesti tarvita. L-siipeen ei kannata asentaa uusia tukiasemia. Mittauksen perusteella kolmanteen kerrokseen voitaisiin lisätä yhteensä 5 uutta tukiasemaa.

Neljäs kerros on pinta-alaltaan huomattavasti pienempi kuin edelliset kerrokset, eikä katvealueita juurikaan ole. C-siiven yhdessä tilassa WLAN-signaali ei välttämättä riitä verkkoyhteyteen, mutta koska siipi koostuu vain kahdesta huoneesta ja pienestä aulatilasta, ei sinne välttämättä kannata asentaa tukiasemaa. Jos kuitenkin halutaan parantaa kattavuutta kyseiselläkin alueella, voisi tukiaseman asettaa tilaan C402. G-siiven alaosasta löytyy usean tilan laajuinen katvealue, koska lähetyvillä ei ole tukiasemaa. Uusi tukiasema kannattaisi asentaa esimerkiksi käytävälle G442, jotta katvealueet saataisiin eliminoitua. H-siivessä ei ole katvealueita tukiaseman puuttumisesta huolimatta, mutta signaalin heikkoudesta johtuen, voisi esimerkiksi käytävälle H403 asentaa uuden tukiaseman. Näiden lisäksi I-siiven yläosaan voitai-

siin lisätä yksi tukiasema tasoittamaan heikompaa signaalia, joka on paikoittain heikompi kuin -80dBm. Tukiasema voitaisiin sijoittaa esimerkiksi käytävälle I403a. Edellä mainittujen lisäksi neljänteen kerrokseen ei mielestäni tarvita enempää uusia tukiasemia. Uusia tukiasemia voitaisiin siis asentaa yhteensä 4 neljänteen kerrokseen.

Ehdotetut sijainnit uusille tukiasemille merkittiin kaikkien kerroksien pohjapiirustuksiin (Liite 2).

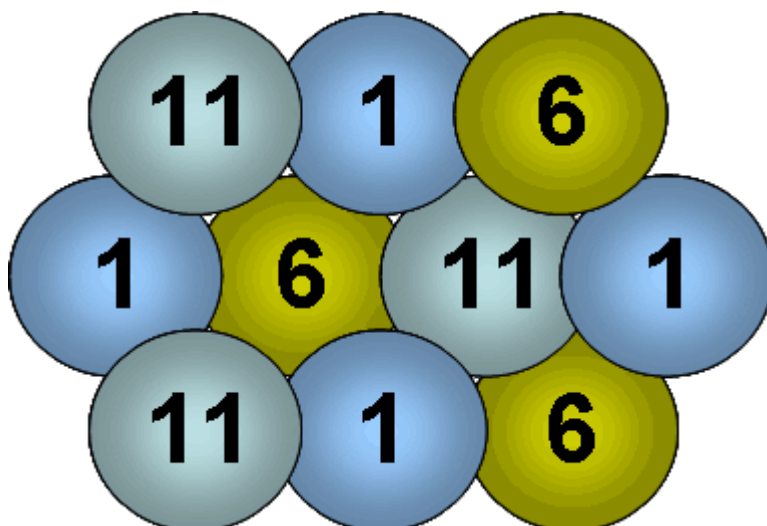
7.2 Siirrettävät tukiasemat

Uusien tukiasemien asentamisen lisäksi olemassa olevia tukiasemia siirtämällä voidaan parantaa WLAN-verkon kattavuutta ja tehostaa signaalia. Ensimmäisessä kerroksessa ei mielestäni tarvitse siirtää tukiasemia, koska niiden sijainnit ovat mittauksien mukaan sopivat. Toisen kerroksen E-siiven molempia tukiasemia voitaisiin mittaustuloksien perusteella siirtää siten, että tilan E221a:n tukiasema siirrettäisiin käytävälle E205a, ja käytävän E202a:n tukiasemaa siirrettäisiin samalla käytävällä hieman poispäin siiven keskiosasta. Täten saataisiin parannettua signaalia, joka on paikoittain sekä siiven ylä- että alaosassa ainoastaan -83dBm. Muita siirtoja ei toisessa kerroksessa välttämättä tarvitsisi tehdä. I-siiven käytävän I202a:n tukiasemaa voisi kuitenkin siirtää samalla käytävällä hieman lähemmäs siiven keskiosaa, sillä tämän myötä I-siiven WLAN-signaali olisi tasaisemmin jakautunut. Kolmannen kerroksen C-siiven alaosassa on kahdessa tilassa niin heikko signaali, että verkkoyhteys voidaan juuri ja juuri luoda. Tästä johtuen käytävällä C332a olevaa tukiasemaa voisi siirtää hieman poispäin siiven keskiosasta, jotta kattavuutta saataisiin parannettua. Muita tukiasemia ei mielestäni tarvitsisi siirtää kolmannessa kerroksessa. Neljännen kerroksen G-siiven kahta tukiasemaa kannattaisi siirtää siten, että käytävän G402a tukiasema asetettaisiin hieman kauemmas siiven keskiosasta, jonka myötä käytävällä G404a olevaa tukiasemaa kannattaisi siirtää hieman lähemmäs siiven keskiosaa. Tällä tavoin signaalia saataisiin jaettua tasaisemmin siipeen.

Ehdotetut tukiasemien siirrot merkittiin myös kaikkien kerroksien pohjapiirustuksiin (Liite 2).

7.3 Pällekkäiset WLAN-kanavat

Pällekkäiset WLAN-kanavat voivat aiheuttaa häiriöitä WLAN-verkossa ja täten heikentää verkon kattavuutta ja laatua. Jos kahdella tai useammalla tukiasemalla on käytössä samat WLAN-kanavat ja niiden kattavuusalueet menevät päällekkäin, voi se esimerkiksi aiheuttaa törmäyksiä lähetyksissä, joka puolestaan korruptoi dataa. Limittäin olevien tukiasemien tulisi tästä syystä käyttää eri kanavia, jotta häiriöiltä välttyttäisiin (Kuva 10). (Cisco Systems, Inc. 2013)



Kuva 10: WLAN-kanavien sijoittelu limittäin olevissa tukiasemissa. (Cisco Systems, Inc. 2014)

Kuten luvussa 6 todettiin, Sähkötalossa olevat tukiasemat vuotavat signaalia muihin kerroksiin ja joissain tapauksissa muihin siipiin. Tästä syystä ei riitä, että saman kerroksen limittäin olevat tukiasemat käyttävät eri kanavia, vaan myös ala- ja yläpuolella olevat tukiasemat tulisi käyttää eri kanavia. Jos esimerkiksi toisen kerroksen E-siiven yläosassa on tukiasema joka käyttää kanavaa 1, tulisi ensimmäisen ja kolmannen kerroksen E-siiven yläosassa olevat tukiasemat käyttää muuta kanavaa kuin 1. Täten vältetään päällekkäisten WLAN-kanavien aiheuttamilta häiriöiltä. Myös esimerkiksi E-siiven alaosassa olevan tukiaseman tulisi käyttää muuta kanavaa kuin 1, sillä siiven yläosan tukiasema käyttää kyseistä kanavaa. Tukiasemien signaalin vuodon takia kanavat kannattaa tarkistaa tarkkaan. Kanavien tarkistamisen ja vaihtamisen sijaan voitaisiin vähentää olemassa olevien tukiasemien lähetystehoja, jolloin signaalia vuotaisi vähemmän muiden tukiasemien alueille. Tämä tosin tarkoittaisi sitä, että signaali heikkenisi alueilla, joille se on vuotanut ennen lähetystehon laskemista.

7.4 Cisco CleanAir

Asiakasta kiinnosti myös Cisco CleanAir -teknologia, joten tässä työssä selvitettiin myös Cisco CleanAir -teknologian ominaisuudet sekä mahdolliset hyödyt Sähkötalon WLAN-verkon suhteen.

Cisco CleanAir -teknologian avulla voidaan luoda spektritietoinen, itsestään korjautuva ja optimoitu WLAN-verkko, joka lisäksi lieventää häiriöitä. Koska monet laitteet käyttävät samoja taajuuksia kuin langaton verkko, ovat niiden aiheuttamat radiotaajuushäiriöt hyvinkin yleisiä. Tästä syystä häiriöiden vähentäminen on erittäin hyödyllinen ominaisuus. Cisco CleanAir -teknologia on koko WLAN-järjestelmän kattava ominaisuus, jonka avulla pystytään löytämään sellaisiakin radiotaajuushäiriöitä, mitä muut järjestelmät eivät välttämättä löydä. CleanAir pystyy myös paikantamaan häiriöiden lähteet, näyttämään sijainnin kartalla sekä tekemään

automaattisesti muutoksia verkon asetuksiin WLAN-verkon kattavuuden optimoimiseksi. Teknologia mahdollistaa myös reaaliaikaisen tiedon saamisen sekä historiatietojen tarkastelun kaikista langattoman verkon laitteista. Näiden tietojen avulla verkon ylläpitäjät pystyvät reagoimaan nopeasti ja parantamaan verkon toimivuutta. Cisco CleanAir -teknologiaa tukevat laitteet ovat Cison toisen sukupolven tukiasemat, Cisco Aironet 3600 ja 2600 sarjan laitteet sekä Cisco WLAN-kontrollerit. (Cisco 2014)

Jos radiotaajuushäiriön lähde on tarpeeksi voimakas jumittamaan WLAN-kanavan täysin, vaihtaa järjestelmä toiseen kanavaan nopeasti, jotta vältyttäisiin häiriöiltä. Järjestelmä muistaa myös jatkuvat häiriöt sellaisista laitteista kuten esimerkiksi mikroaaltouuneista ja langattomista videokameroista. CleanAir-teknologian avulla järjestelmä näyttää kyseisten laitteiden käyttämät kanavat, jotta ylläpitäjät pystyvät optimoimaan WLAN-järjestelmän toimivuuden sekä minimoimaan tulevat häiriöt. CleanAir pystyy havaitsemaan ja klassifioimaan erilaisia häiriötyyppejä ja vaihtaa kanavaa vain, jos häiriö on tarpeeksi voimakas vaikuttamaan verkon toimivuuteen. Kaikki CleanAirin tekemät muutokset tuottavat hälytyksen järjestelmän ylläpidon nähtäväksi, jotta järjestelmän tilaa pystytään monitoroimaan. CleanAir-teknologia tarjoaa täyden näkyvyyden WLAN-spektrin toimivuudesta ja turvallisuudesta Air Quality Index -mittarin avulla. Kyseinen mittari identifioi ongelma-alueet ja paikantaa ne esimerkiksi tukiasemien, kerroksien ja rakennuksien yhteydessä. Järjestelmän ylläpito pystyy asettamaan järjestelmän lähettämään hälytyksiä, kun mittarin indikoima ”ilmanlaatu” (air quality) laskee tiettyyn pisteeseen. Tämän lisäksi järjestelmä voidaan konfiguroida toteuttamaan automaattisesti haluttuja turvallisuus- sekä hallintapolitiikkoja. CleanAir arvioi häiriöiden vakavuuden, jotta järjestelmän ylläpito voisi priorisoida suuremmat ja vakavammat ongelmakohdat sekä analysoida verkkoa syvällisemmin. Järjestelmän raportoitaviin tietoihin kuuluu esimerkiksi yksityiskohtaiset tiedot pahimmista radiotaajuushäiriöistä sekä äskettäisistä tietoturvapoikkeamista. CleanAir pystyy nopeasti havaitsemaan yli 20 erilaista häiriötyyppiä, vaikka lähettyvillä olisi runsaasti häiriöitä aiheuttavia laitteita. Jos useampi tukiasema on havainnut saman häiriöitä aiheuttavan laitteen, tulee häiriöstä ainoastaan yksi hälytys. Tämä helpottaa verkon monitorointia, sillä hälytyksiä ei tule turhaan samasta laitteesta useampaan otteeseen. (Cisco 2014)

CleanAir -teknologian avulla verkon ylläpitäjät pystyvät myös näkemään millainen vaikutus verkon toimivuuteen sellaisilla laitteilla on, jotka eivät käytä tai tue Wi-Fiä. Järjestelmän avulla pystytään tunnistamaan häiriöitä aiheuttava laite, sen sijainti sekä häiriön aika ja päivämäärä. Näiden tietojen perusteella voidaan sitten ottaa käyttöön erilaisia politiikoita häiriöitä aiheuttavien laitteiden estämiseksi. CleanAir -teknologiaa pystytään myös hyödyntämään verkon tietoturva-asioissa. CleanAir kykenee havaitsemaan sellaisia tietoturvariskejä, joihin normaalit IDS- ja IPS-järjestelmät (Intrusion Detection System, Intrusion Prevention System) eivät reagoi. Tämä johtuu siitä, että kyseiset tietoturvariskit pystytään havaitsemaan ainoas-

taan RF:n fyysisellä kerroksella. Edellä mainittuihin riskeihin kuuluvat esimerkiksi yksityiset, organisaation verkon ulkopuoliset WLAN-sillat, langattomat videokamerat sekä epästandardilla taajuuksilla toimivat langattomat laitteet. CleanAir -teknologian avulla nämä uhat pystytään havaitsemaan, jonka jälkeen voidaan tehdä tarvittavia toimenpiteitä. (Cisco 2014)

Ciscolla on tarjolla 3 erilaista CleanAir-ratkaisua vaihtelevine ominaisuuksineen riippuen siitä, millaiset tukiasemat on käytössä (Kuva 11): CleanAir Express (1600-mallille), CleanAir (2600 tai 3600-malleille) sekä CleanAir with WSM (3600-mallille ylimääräisen lisämoduulin avulla). CleanAir Express on yksinkertaistettu versio CleanAirista ja se tarjoaa ainoastaan perustyyökälyt verkon analysointia varten. CleanAir WSM -ratkaisu toimii siten, että tukiasemaan liitetään WSM-moduuli (Wireless Security Module), jonka jälkeen tukiasemaa voidaan käyttää pelkäättään langattoman verkon tarjoamiseen, kun taas WSM-moduuli hoitaa monitoroinnin, tietoturvan, sekä CleanAir-toiminnallisuuden. Tämän ratkaisun ideana on se, ettei tukiasemien suorituskyky ja verkon laatu heikkenisi ylimääräisistä rasitteista. (Cisco 2014).

Spectrum Intelligence			
	CleanAir Express*	CleanAir	CleanAir with WSM
Access Point	1600*	2600 or 3600	3600 with WSM
Detection	■	■	■
Classification	■	■	■
Mitigation	■	■	■
Location	■	■	■
Performance Optimized		■	■
Top Impacts and Severity List		■	■
Alert Correlation		■	■
Air Quality Index		■	■
Zone of Impact		■	■
Off Channel Scanning			■
Predictive Intelligent Channel Switching			■

Kuva 11: Cisco CleanAir -teknologian eri ratkaisut ja niiden ominaisuudet. (Cisco 2014)

CleanAirin ominaisuuksien lisäksi asiakasta kiinnosti teknologian tuomat mahdolliset hyödyt Sähkötalossa. Koska Sähkötalossa on runsaasti erilaisia sähkölaitteita, testiympäristöjä ja muita radiotaajuushäiriöitä aiheuttavia tekijöitä, olisi häiriöiden minimoiminen verkon toiminnan kannalta suotavaa. Suuren häiriömäärän vuoksi CleanAirin tarjoama automaattinen kanavanvaihto olisi hyödyllinen ominaisuus, sillä silloin välttyttäisiin jumiutuneilta kanavilta tukiasemissa. Koska Cleanairin avulla pystytään näkemään häiriöitä aiheuttavien laitteiden käyttämät kanavat, voisivat ylläpitäjät asettaa tukiasemat käyttämään jatkossa muita kanavia. Täten välttyttäisiin monilta häiriöiltä. Häiriöitä aiheuttavien laitteiden suuren määrän vuoksi ra-

diotaajuushäiriöitä on Sähkötalossa monenlaisia. Koska CleanAir pystyy havaitsemaan yli 20 erilaista häiriötyyppiä, olisi häiriöitä aiheuttavien laitteiden paikantaminen helpompaa ja häiriöitä vastaan voitaisiin tehdä toimenpiteitä. Täten langattoman verkon toimintakyky parani. Koska CleanAir-teknologia mahdollistaa sen, ettei sama häiriötä aiheuttava laite tuota hälytystä toistamiseen useamman tukiaseman havaittua sen, olisi verkon monitorointi myös helpompaa. Ilman tätä ominaisuutta Sähkötalon häiriöt saattaisivat aiheuttaa hyvin suuren määrän hälytyksiä järjestelmään. Sähkötalossa on myös paljon sellaisia laitteita, jotka eivät käytä tai tue Wi-Fiä, mutta voivat silti aiheuttaa häiriöitä. CleanAirin ominaisuuden avulla myös nämä laitteet voitaisiin paikantaa ja tarvittavat hallintapolitiikat ottaa käyttöön kyseisten laitteiden estämiseksi. Koska CleanAir muistaa häiriöitä aiheuttavat laitteet, voitaisiin näiden ominaisuuksien avulla paikantaa kiinteät laitteet ja tehdä tarvittavat toimenpiteet, jotta verkko toimisi optimaalisesti. Tällöin ongelmana olisivat ainoastaan vaihtuvat laitteet.

Yllä mainittujen asioiden lisäksi CleanAir tuo monia hyödyllisiä ominaisuuksia yleiseen verkon ylläpitoon, myös muissa rakennuksissa ja muilla kampuksilla. Näihin ominaisuuksiin kuuluu esimerkiksi verkon monipuoliset monitorointityökalut. Tietoturva on myös tärkeä asia organisaatiossa ja CleanAirin avulla pystyttäisiin tehostamaan sitäkin havaitsemalla mahdollisia tietoturvauhkia, joita muut järjestelmät eivät havaitse. Verkon hallinnointi helpottuisi myös CleanAirin avulla, eikä ongelmia tarvitsisi selvittää paikan päällä yhtä usein. Häiriöt havaittaisiin hyvissä ajoin ja niille voitaisiin tehdä jotain. Asiakkaiden ilmoituksiin häiriöistä langattomassa verkossa ei myöskään tarvitsisi enää turvautua, sillä tieto häiriöstä näkyisi järjestelmässä. CleanAirin avulla pystyttäisiin ennaltaehkäisemään häiriöitä sekä parantamaan langattoman verkon toimivuutta ja teknologian käyttöönotto olisi mielestäni hyödyksi organisaatiolle.

7.5 Jatkokehitysmahdollisuudet

Opinnäytetyölle olennaista ei ole pelkästään sen tuoma uusi tieto, vaan myös sen jatkuvuus. On tärkeää, että työstä saatuja tietoja pystytään hyödyntämään jatkossa ja että saatujen tietojen pohjalta pystytään tarpeen vaatiessa myös jatkamaan opinnäytetyössä käsitellyn aihealueen kehittämistä. Oman opinnäytetyöni jatkuvuus on mielestäni hyvällä pohjalla, sillä tiedot voi tarvittaessa hyödyntää ja työssä käsitellyn aihealueen kehittämistä jatkaa.

Työstä saatujen kehitysehdotusten perusteella asiakas ja Sähkötalon IT-ylläpito pystyvät halutessaan tekemään parannuksia verkkoon, jotta aalto openin kattavuus parani. Mahdollisiin parannuksiin kuuluvat kehitysehdotuksissa mainitut tukiasemien lisäykset, olemassa olevien tukiasemien siirtäminen sekä WLAN-kanavien tarkastelu. Näiden toimenpiteiden avulla aalto open -verkon kattavuutta voidaan parantaa. Opinnäytetyön valmistuttua asiakas saa kehitysehdotuksien lisäksi kaikki valmiit kattavuuskartat ja mittausdatan sisältävät tiedostot. Kyseis-

ten tiedostojen avulla he voivat esimerkiksi tehdä uusia mittauksia samoilta alueilta tukiasemien lisäämisen tai siirtämisen jälkeen, jotta he näkevät toimenpiteiden vaikutuksen verkon kattavuuteen. Mittausdataa sisältävien tiedostojen avulla asiakas voi myös tarkastella mittauspisteiden sijainteja ja miettiä niiden avulla mahdollisia uusia sijainteja ja määriä, jotta dataa saataisiin kerättyä mahdollisimman tarkasti. Tämän lisäksi asiakas voi hyödyntää mittaustiedostoa sisältäviä tiedostoja mahdollisten tulevien mittauksien suunnittelemiseksi muihin rakennuksiin. Tiedostojen avulla voi esimerkiksi päätellä mittauspisteiden määrän ja sijainnit tilojen kokoon nähden.

Jotta mittauksia voisi jatkossa suorittaa ja mittaustiedostoa sisältäviä tiedostoja avata, täytyy myös käyttämäni mittaussovelluksen lisenssi luovuttaa asiakkaalle. Lisenssi täytyy luovuttaa siksi, että se kattaa asennuksen ainoastaan yhdelle työasemalle kerrallaan. Ennen luovuttamista lisenssi täytyy vapauttaa siltä työasemalta, johon VisiWave Site Survey on asennettu. Vapauttaminen suoritetaan mittaussovelluksesta löytyvällä Release License -toiminnolla, jonka jälkeen lisenssiä voi käyttää sovelluksen asentamiseen toiselle työasemalle (AZO Technologies, Inc, 2014). Asiakas on myöntänyt luvan lisenssin luovuttamiselle tilapäiseen käyttöön Sähkötalon IT-ylläpidolle. Myöhemmin asiakas voi myös halutessaan itse käyttää sovellusta muiden rakennuksien kartoittamiseen tai vaihtoehtoisesti lisenssin voi luovuttaa toisen rakennuksen omalle IT-ylläpidolle, joka voi hoitaa rakennuksen kattavuusmittauksen.

8 Yhteenveto

Työn tavoitteena oli kartoittaa Aalto-yliopiston Sähkötalon WLAN-verkon kattavuus ja esittää kartoituksen perusteella kehitysehdotuksia kattavuuden parantamiseksi. Työn lopputuloksena oli neljän kerroksen kattavuuskartat, joita analysoimalla selvisi verkon katvealueet ja kohdat, joissa signaali oli heikko. Tuloksien perusteella esitettiin lopuksi ehdotuksia, joiden avulla Sähkötalon WLAN-verkon kattavuutta ja toimivuutta voitaisiin parantaa. Työn tavoitteet saavutettiin ja parannusehdotuksia seuraamalla verkkoa voidaan kehittää. Tulevaisuudessa voidaan myös paremmin valmistautua uusiin kattavuuskartoituksiin huomioimalla tästä työstä saadut tiedot ja kokemukset. Kehitysehdotuksien toimivuus voidaan parhaiten tarkistaa toteuttamalla uusi kattavuuskartoitus toimenpiteiden jälkeen.

Opinnäytetyötä varten asetettiin myös omat henkilökohtaiset tavoitteet, jotka saavutettiin työtä tehdessä. Opin opinnäytetyötä työstäessä uusia asioita langattomasta lähiverkosta ja sen toiminnasta, jonka lisäksi sain perehdyttyä myös Aalto-yliopiston ja Sähkötalon langattomaan verkkoon. Sain myös kerättyä paljon kokemusta langattoman lähiverkon kattavuuden kartoittamisesta ja tuloksien analysoimisesta. Uskon, että opinnäytetyöstä saaduilla tiedoilla ja taidoilla on tulevaisuudessa hyötyä myös oman työni kannalta.

Opinnäytetyöprosessi oli mielestäni mielenkiintoinen ja opettavainen. Haasteita tuli vastaan jonkin verran ja alkuperäinen aikataulu venyi, mutta kaikesta huolimatta työ saatiin valmiiksi. Sekä asiakkaan asettamat että omat tavoitteeni toteutuivat ja tuloksena oli valmis opinnäytetyö WLAN-verkon kattavuuden kartoittamisesta ja kehittämisestä.

Lähteet

Aalto-yliopisto 2014. Viitattu 15.5.2014. <http://www.aalto.fi/fi/about/organization/>

Aalto-yliopisto 2013. Viitattu 15.5.2014. <http://www.aalto.fi/fi/about/services/it/>

Cisco Systems, Inc. 2013. Enterprise Mobility 7.3 Design Guide. Viitattu 3.10.2014. http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/solutions/Enterprise/Mobility/emob73dg/emob73/ch3_WLAN.html

Puska, M. 2005. Langattomat lähiverkot. Helsinki.

Granlund, K. 2007. Tietoliikenne. Porvoo.

IEEE Standards Association 2012. Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications. Viitattu 3.10.2014. <http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.11-2012.pdf>

Intel Corporation. Helping Define IEEE 802.11 and other Wireless LAN Standards. Viitattu 12.7.2014. <http://www.intel.com/content/dam/www/public/us/en/documents/case-studies/802-11-wireless-lan-standards-study.pdf>

Ciscokits 2014. Cisco CCNA - Wireless BSS & ESS. Viitattu 13.7.2014. <http://www.certificationkits.com/cisco-certification/Cisco-CCNA-Wireless/cisco-ccna-wireless-bss-a-ess.html>

Coleman, D. Westcott, D. 2009. CWNA®: Certified Wireless Network Administrator Official Study Guide. Sähköinen kirja Safaribooksonline-palvelussa. Viitattu 20.7.2014. http://my.safaribooksonline.com/book/certification/cwna/9780470438909/radio-frequency-fundamentals/radio_frequency_behaviors

Hutton, K.T. Schofield, M.D. Teare, D. 2008. Designing Cisco Network Service Architectures (ARCH) (Authorized Self-Study Guide). Sähköinen kirja Googlebooks-palvelussa. Viitattu 2.8.2014. <http://books.google.fi/books?id=jYporrKNMPOC>

Hewlett-Packard Development Company, L.P. 2013. QuickSpecs Intel 6205 802.11 a/b/g/n PCIe x1 Card. Viitattu 2.8.2014. [http://quickspecs-hp.com/Worldwide/Options_and_Accessories/c04123119.pdf](http://quickspecs.hp.com/Worldwide/Options_and_Accessories/c04123119.pdf)

Cisco Systems, Inc. 2008. Wireless Site Survey FAQ. Viitattu 20.6.2014. <http://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/wireless-mobility/wireless-lan-wlan/68666-wireless-site-survey-faq.pdf>

AZO Technologies, Inc. 2014. Viitattu 20.6.2014 <http://www.visiwave.com/index.php/ScrInfoProducts.html>

Hewlett-Packard Development Company, L.P. 2014. Viitattu 21.6.2014 <http://www8.hp.com/au/en/products/laptops/product-detail.html?oid=5366093#!tab=specs>

Cisco Systems, Inc. 2013. Wireless LAN Design Guide for High Density Client Environments in Higher Education. Viitattu 1.9.2014. http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/wireless/aironet-1250-series/design_guide_c07-693245.html

Cisco Systems, Inc. 2014. Visualize RF. Viitattu 1.9.2014. <https://meraki.cisco.com/blog/2013/12/visualize-rf/>

Cisco Systems, Inc. 2014. Cisco CleanAir Technology. Viitattu 14.8.2014.
http://www.cisco.com/c/dam/en/us/solutions/collateral/enterprise-networks/cleanair-technology/aag_c22-594304.pdf

AZO Technologies, Inc. 2014. Viitattu 6.9.2014
<http://www.visiwave.com/index.php/ScrInfoFAQ.html>

Kuvat

Kuva 1: BSS- ja ESS-topologiat. (Ciscokits 2014).....	10
Kuva 2: Aalto-yliopiston WLAN-verkon arkkitehtuuri.	13
Kuva 3: Esimerkki generoidusta kattavuuskartasta. Kuvassa näkyy vasemmassa alakulmassa olevan tukiaseman (AP003) signaalinvoimakkuus. Sininen väri on voimakkain ja ruskea väri heikoin signaalinvoimakkuus. (AZO Technologies, Inc, 2014)	16
Kuva 4: Ikkuna, johon syötetään tietoja valittua pohjapiirustusta varten. Kuvassa näkyy eri välilehtien sisältö.	17
Kuva 5: Pohjapiirustuksen skaalatietojen syöttäminen.....	17
Kuva 6: VisiWave Site Survey -ohjelmiston mittausnäkyminen.....	18
Kuva 7: Mittausreitti. Kuvassa näkyy Sähköalan ensimmäisen kerroksen pohjapiirustus, johon on lisätty kuljettu mittausreitti. Reitti on ilmaistu punaisella viivalla. Reitin varrella on poikettu kaikissa tiloissa, joihin on ollut pääsy.	20
Kuva 8: Visiwave Site Survey -ohjelmiston raportointinäkyminen. Raportointityökalussa on valittuna signaalin voimakkuus aalto open -verkossa. Kuvassa näkyvä pohjapiirustus on Sähköalan ensimmäisen kerroksen A- ja B-siivistä.	22
Kuva 9: Asteikon vaihtelu eri tiedostoissa	23
Kuva 10: WLAN-kanavien sijoittelu limittäin olevissa tukiasemissa. (Cisco Systems, Inc. 2014)	31
Kuva 11: Cisco CleanAir -teknologian eri ratkaisut ja niiden ominaisuudet. (Cisco 2014) ..	33
Kuva 12: 1.krs, A- ja B-siipi	42
Kuva 13: 1.krs, C- ja D-siipi	43
Kuva 14: 1.krs, E- ja F-siipi	44
Kuva 15: 1.krs, G- ja H-siipi.....	45
Kuva 16: 1.krs, I-siiven yläosa	46
Kuva 17: 1.krs, I-siiven alaosa	47
Kuva 18: 1.krs, K-siipi.....	48
Kuva 19: 1.krs, L-siipi	48
Kuva 20: 2.krs, A- ja B-siipi	49
Kuva 21: 2.krs, C- ja D-siipi	50
Kuva 22: 2.krs, E- ja F-siipi	51
Kuva 23: 2.krs, G- ja H-siipi.....	52
Kuva 24: 2.krs, I-siiven yläosa	53
Kuva 25: 2.krs, I-siiven alaosa	54
Kuva 26: 2.krs, K-siipi.....	55
Kuva 27: 2.krs, L-siipi	55
Kuva 28: 3.krs, A-siipi.....	56
Kuva 29: 3.krs, C- ja D-siipi	57
Kuva 30: 3.krs, E- ja F-siipi	58
Kuva 31: 3.krs, G- ja H-siipi.....	59
Kuva 32: 3.krs, I-siiven yläosa	60
Kuva 33: 3.krs, I-siiven alaosa	61
Kuva 34: 3.krs, K-siipi.....	62
Kuva 35: 3.krs, L-siipi	62
Kuva 36: 4.krs, C-siipi.....	63
Kuva 37: 4.krs, E- ja F-siipi	64
Kuva 38: 4.krs, G- ja H-siipi.....	65
Kuva 39: 4.krs, I-siiven yläosa	66
Kuva 40: 4.krs, I-siiven alaosa	67
Kuva 41: Selvitys karttojen symboleista	68
Kuva 42: 1. kerroksen tukiasemat.....	68
Kuva 43: 2. kerroksen tukiasemat.....	69
Kuva 44: 3. kerroksen tukiasemat.....	70
Kuva 45: 4. kerroksen tukiasemat.....	71

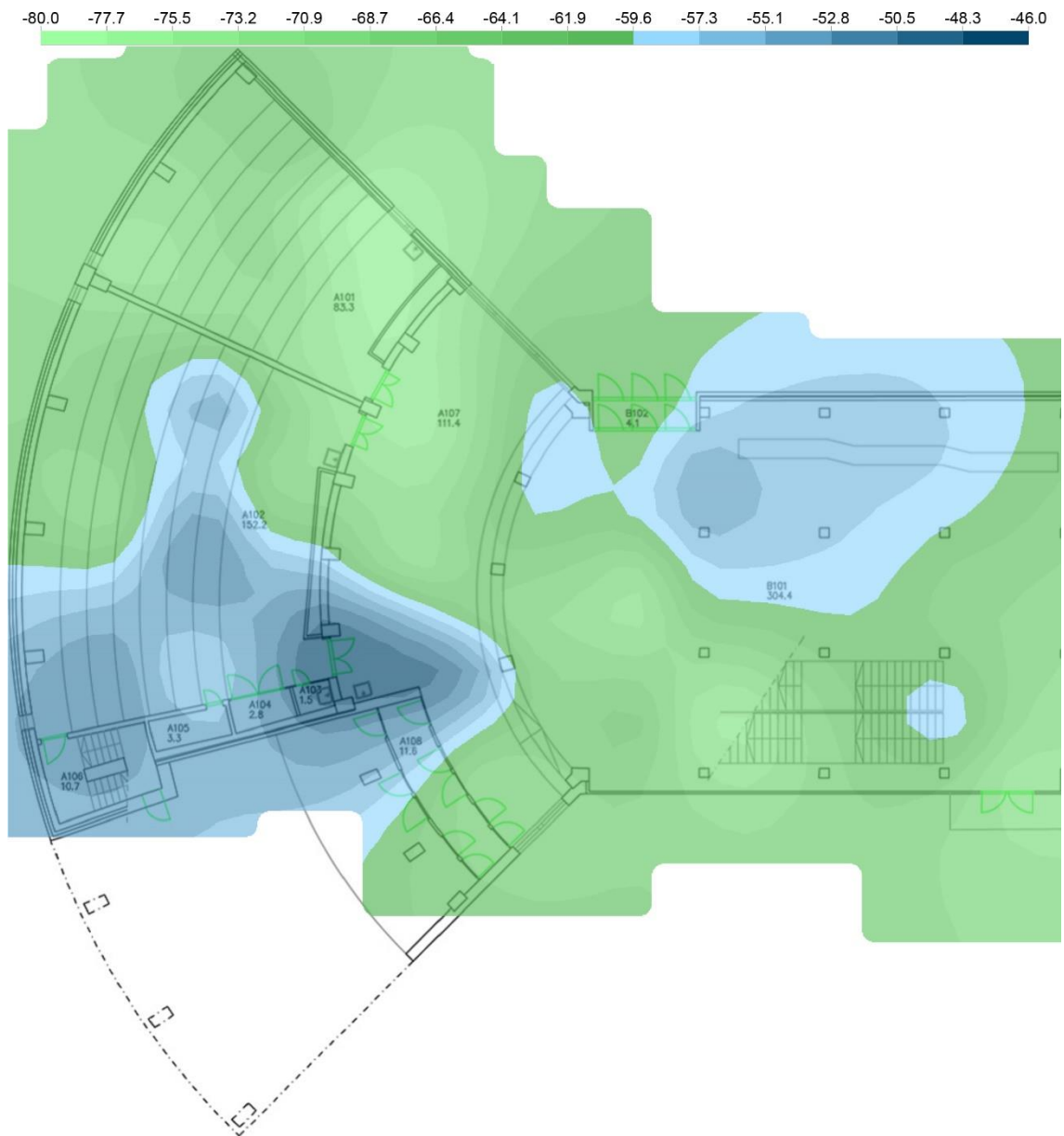
Taulukot

Taulukko 1: Radiosignaalin vaimeneminen läpäistessä eri väliaineita. (Coleman, D. Westcott, D. 2009)	11
Taulukko 2: Intel Centrino Advanced-N 6205 -verkkokortin vastaanottoherkkyys (Hewlett-Packard Development Company, L.P. 2013).....	12

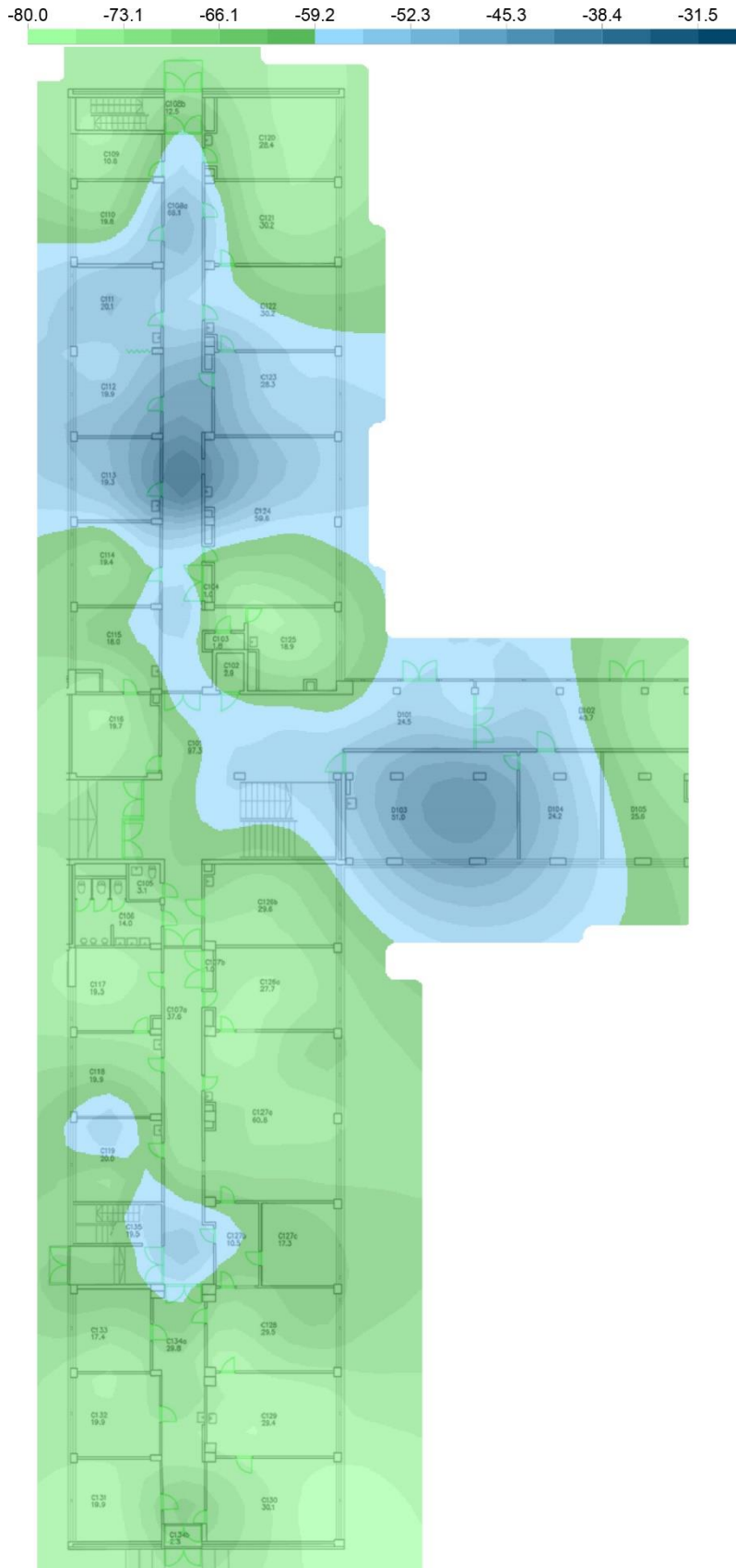
Liitteet

Liite 1: Kattavuuskartat	42
Liite 2: Ehdotukset uusista ja siirrettävistä tukiasemista	68

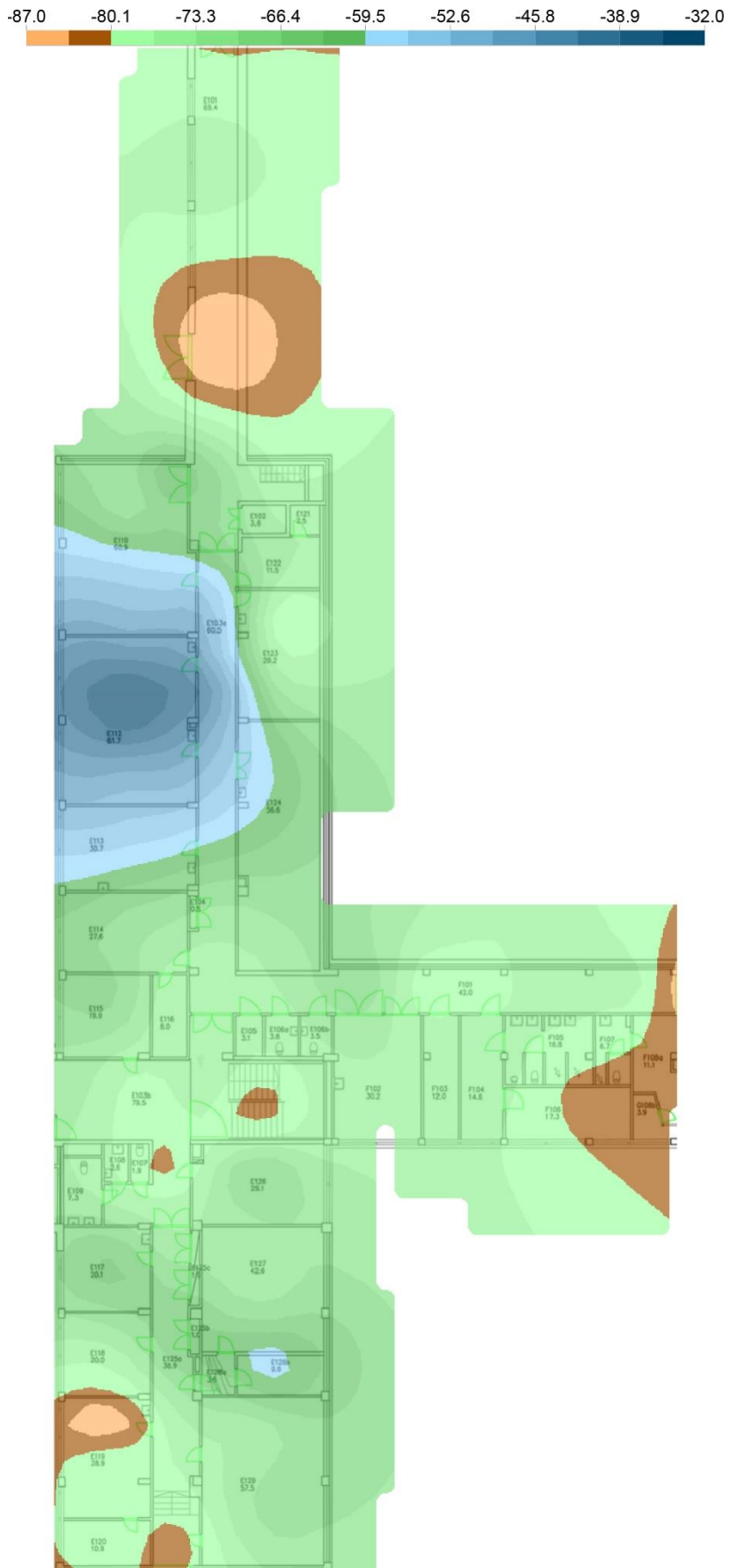
Liite 1: Kattavuuskartat



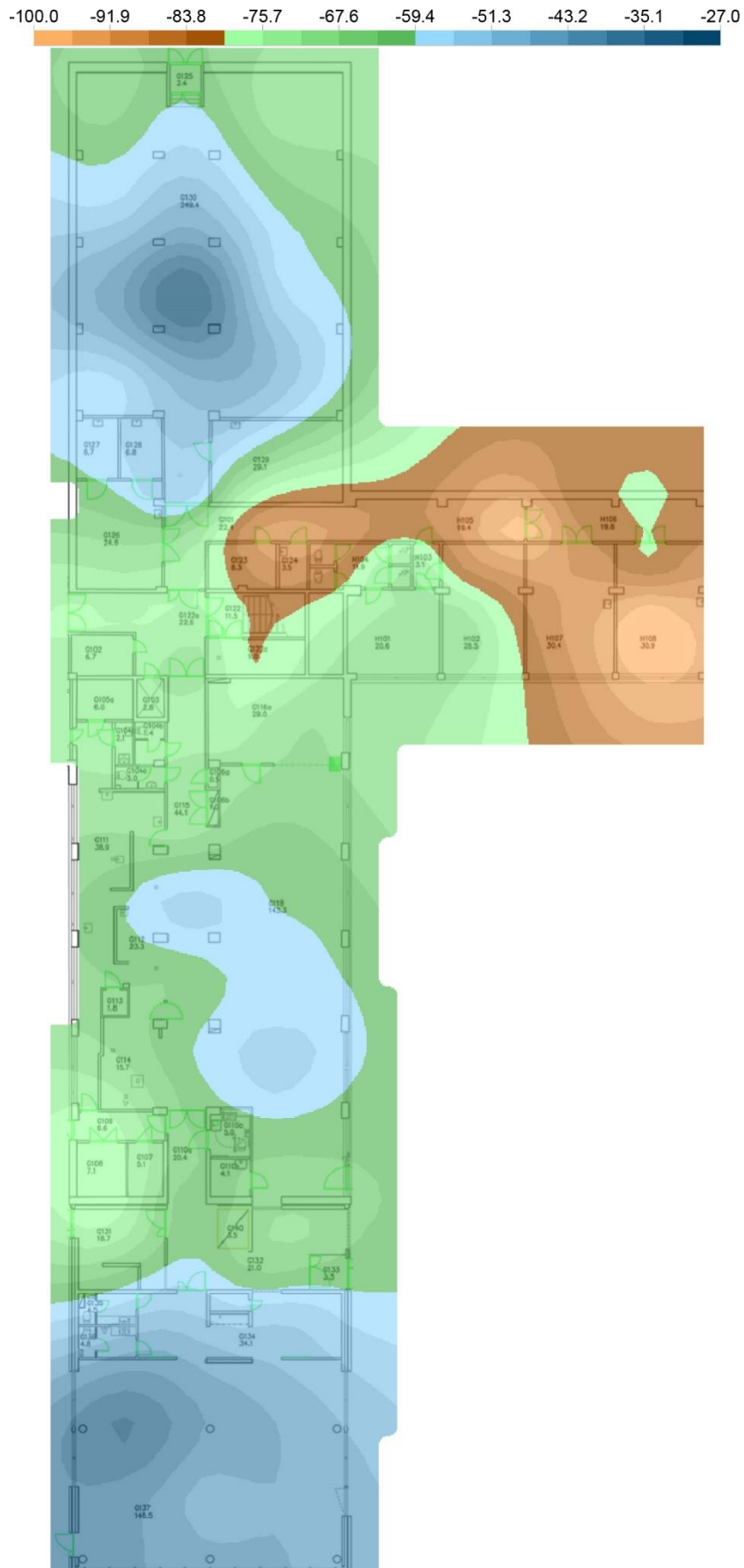
Kuva 12: 1.krs, A- ja B-siipi



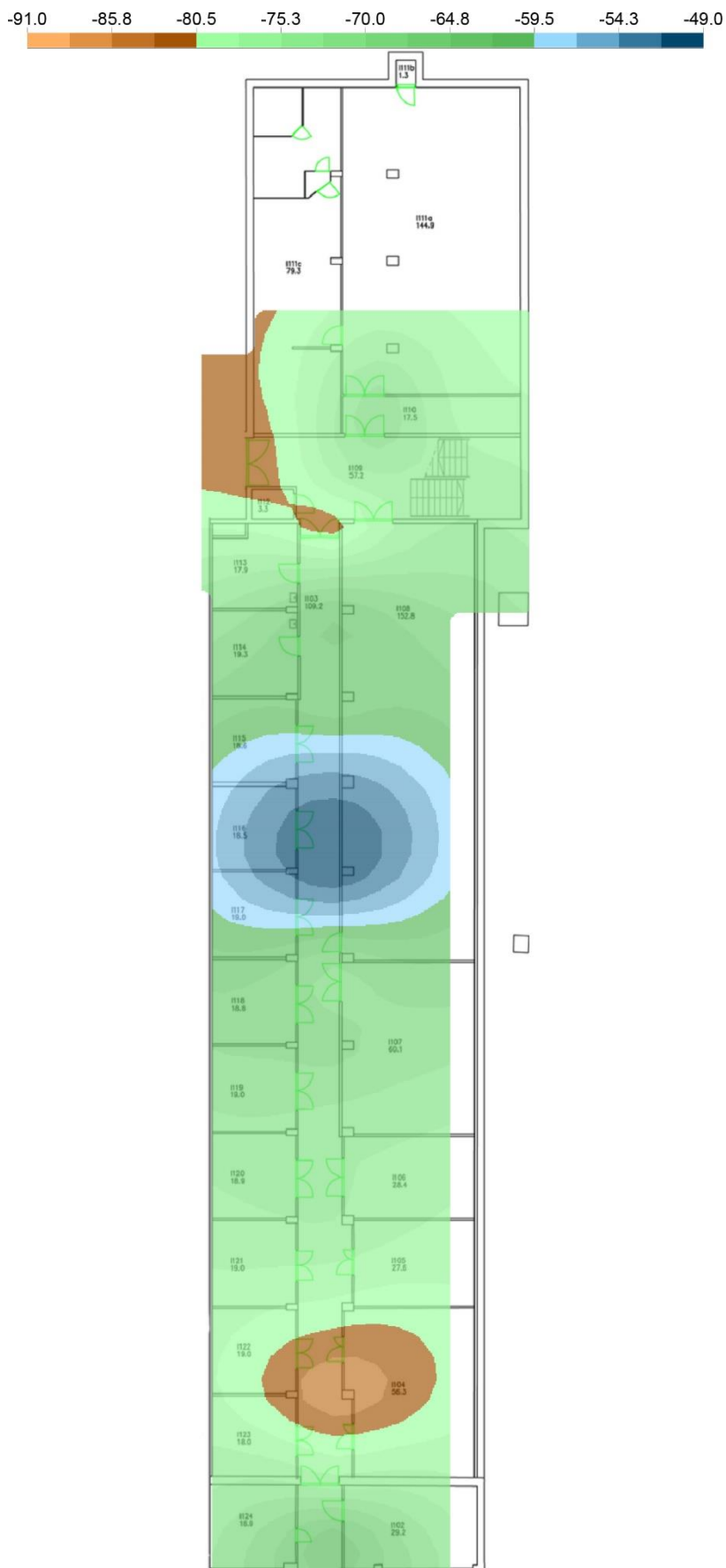
Kuva 13: 1.krs, C- ja D-siipi



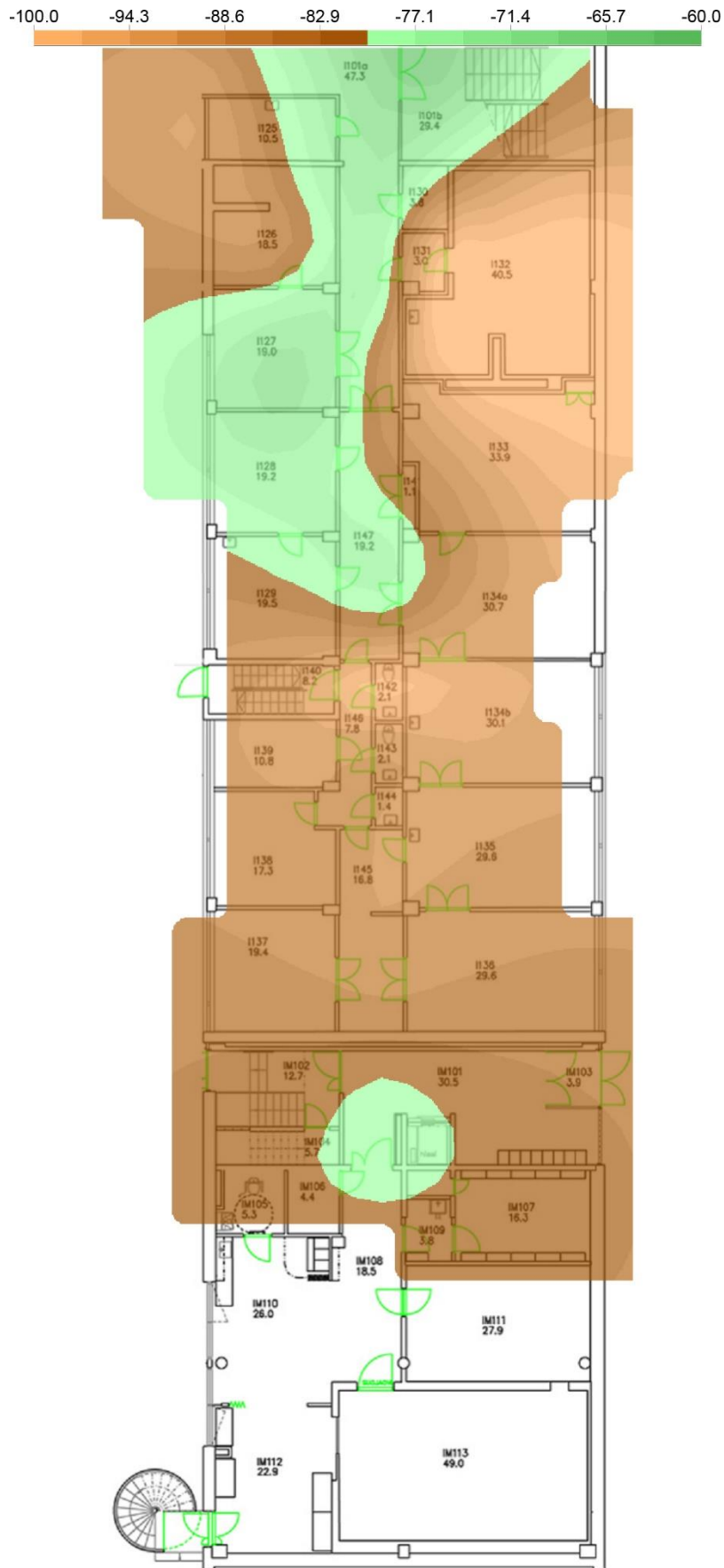
Kuva 14: 1.krs, E- ja F-siipi



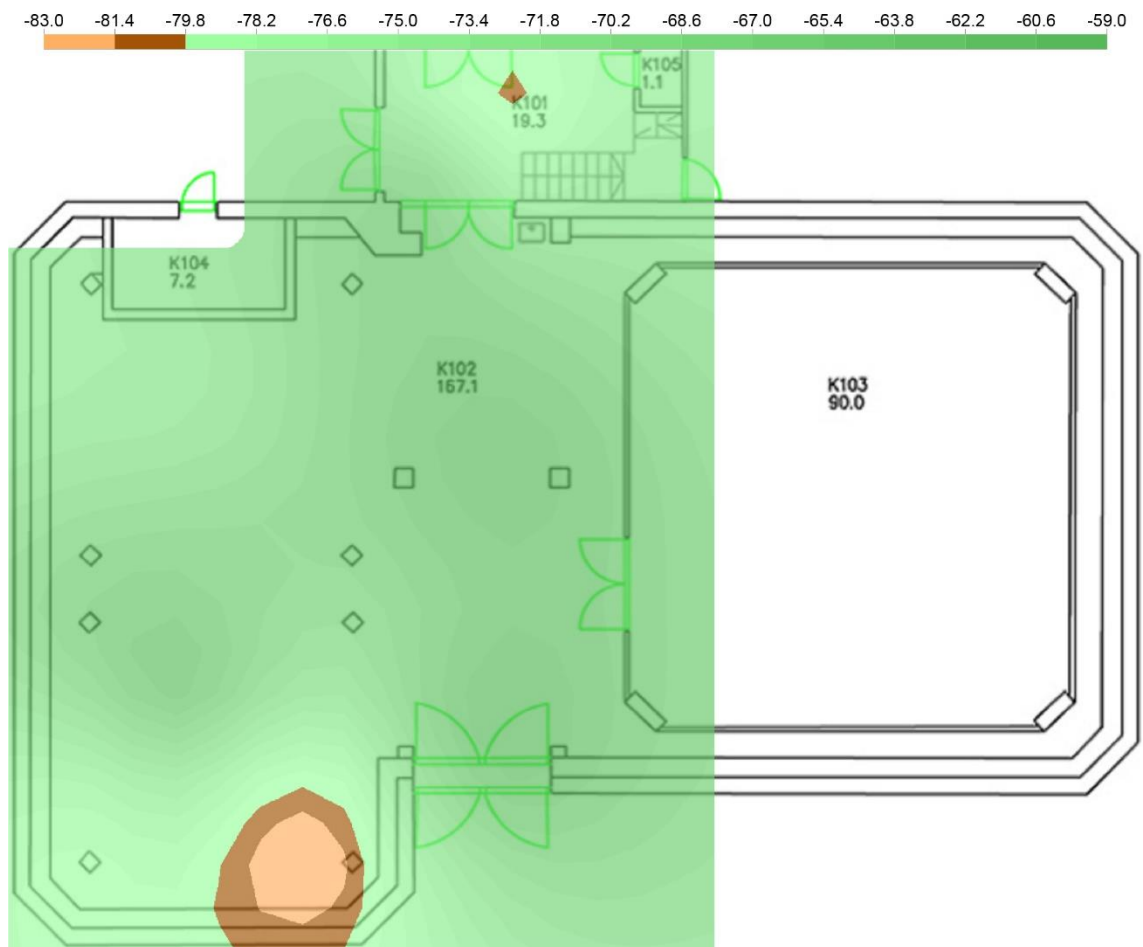
Kuva 15: 1.krs, G- ja H-siipi



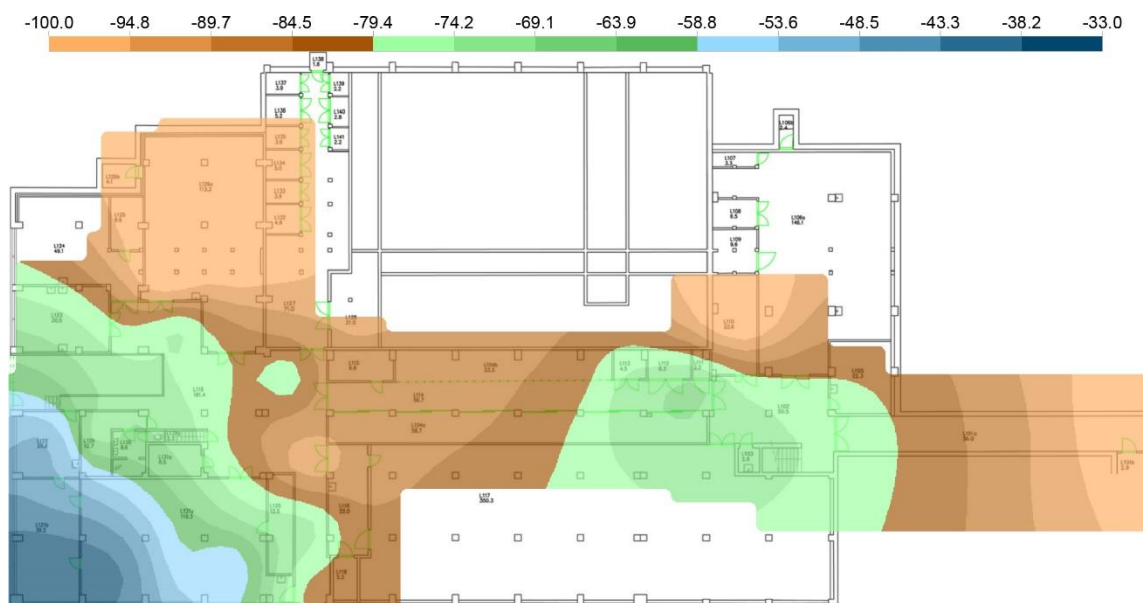
Kuva 16: 1.krs, I-siiven yläosa



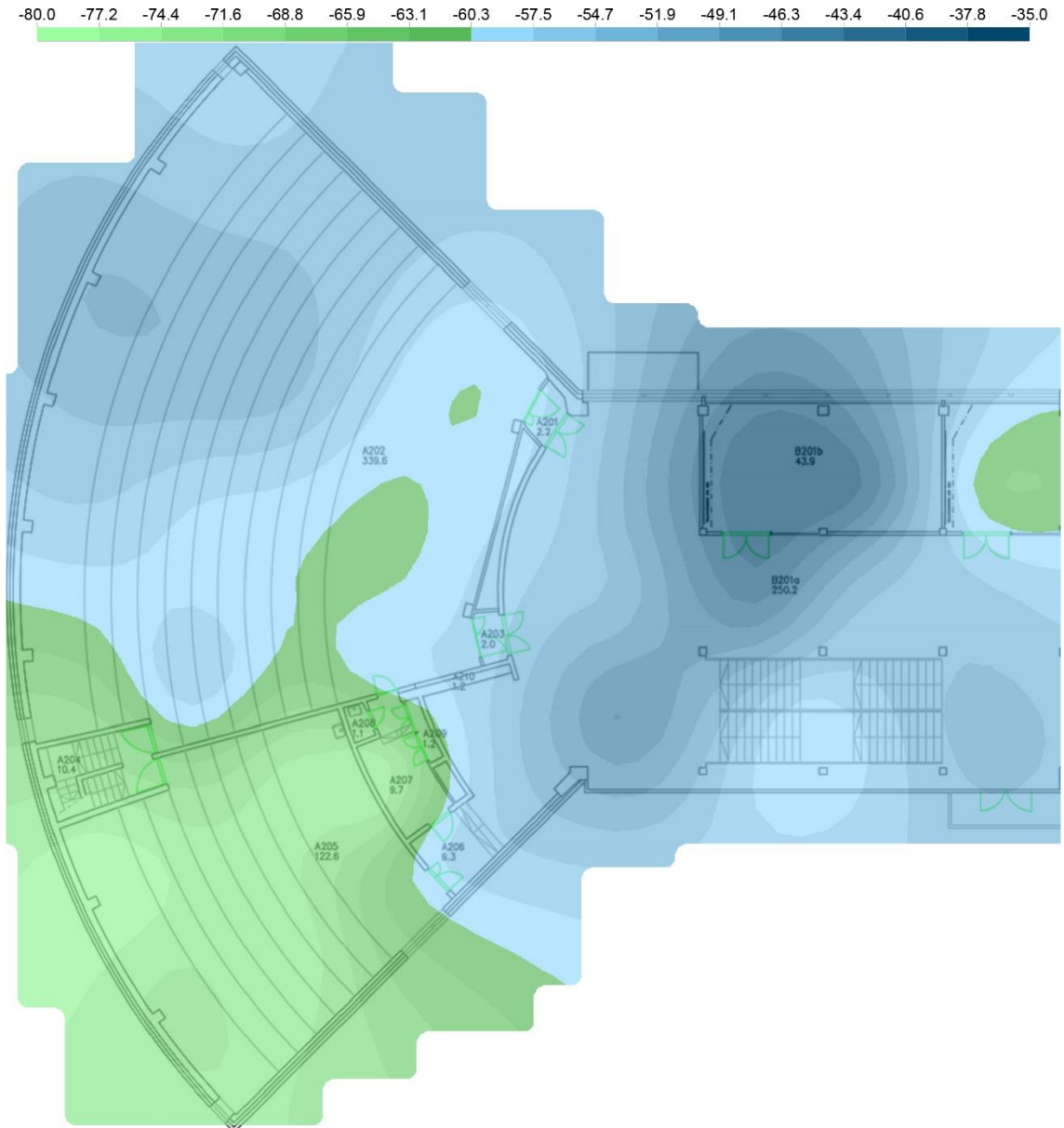
Kuva 17: 1.krs, I-siiven alaosa



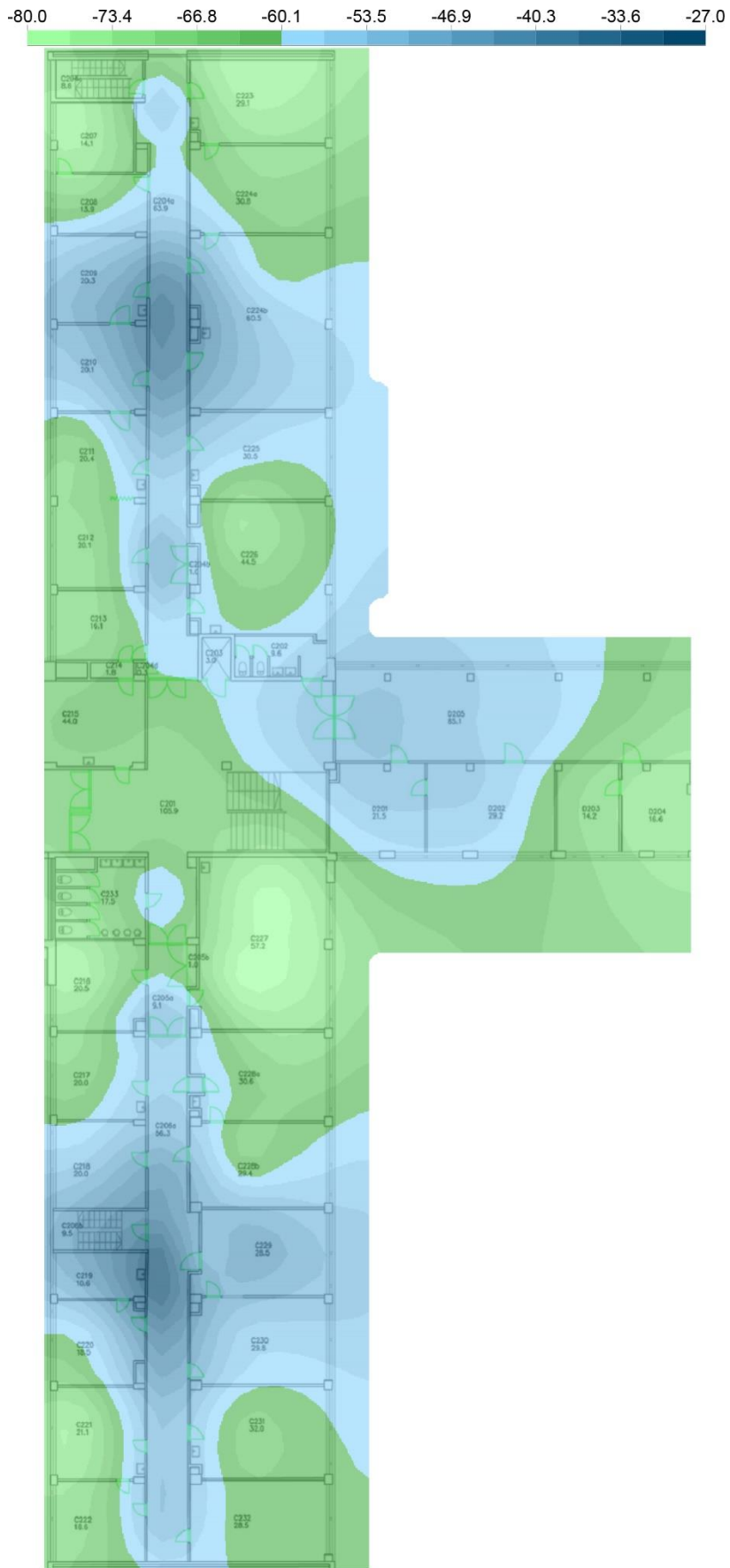
Kuva 18: 1.krs, K-siipi



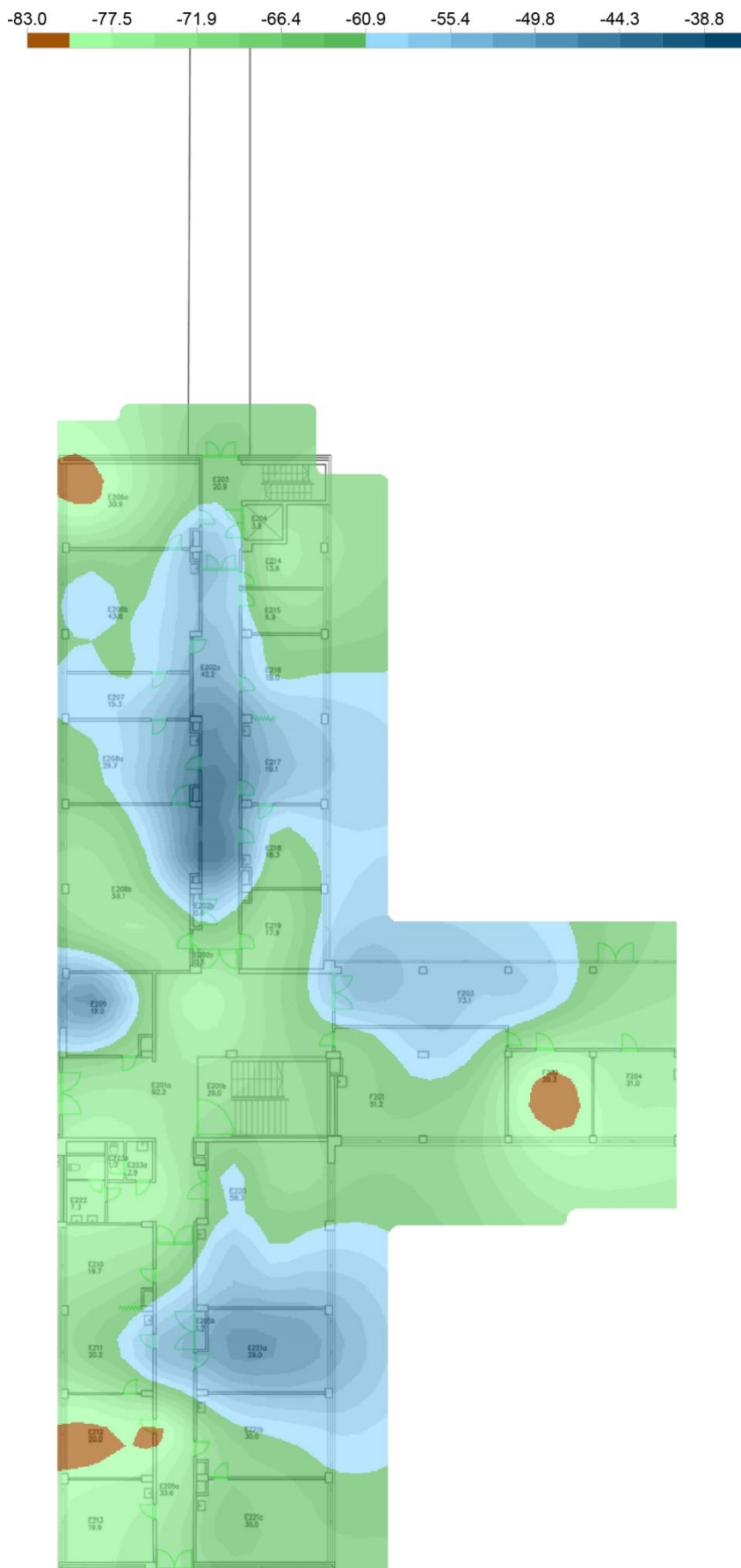
Kuva 19: 1.krs, L-siipi



Kuva 20: 2.krs, A- ja B-siipi

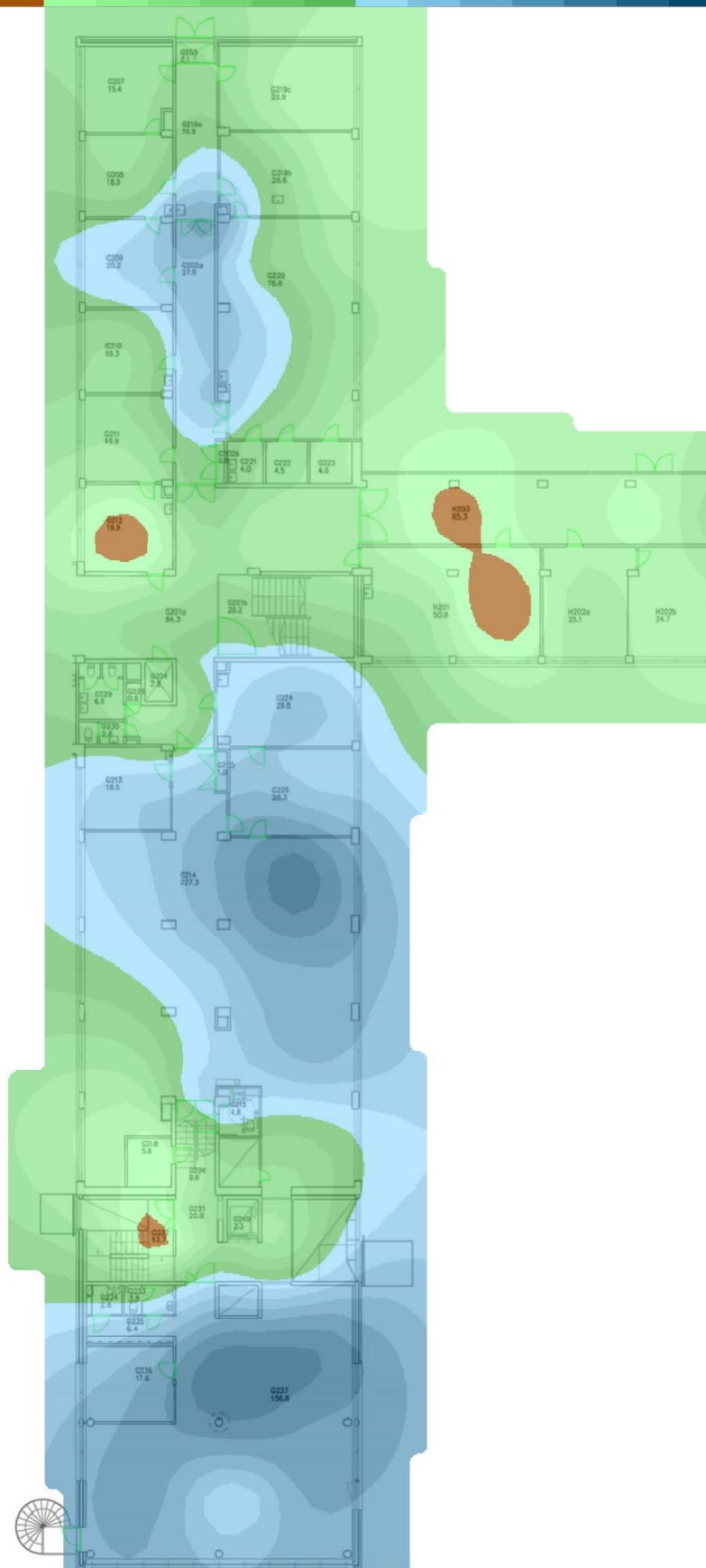


Kuva 21: 2.krs, C- ja D-siipi

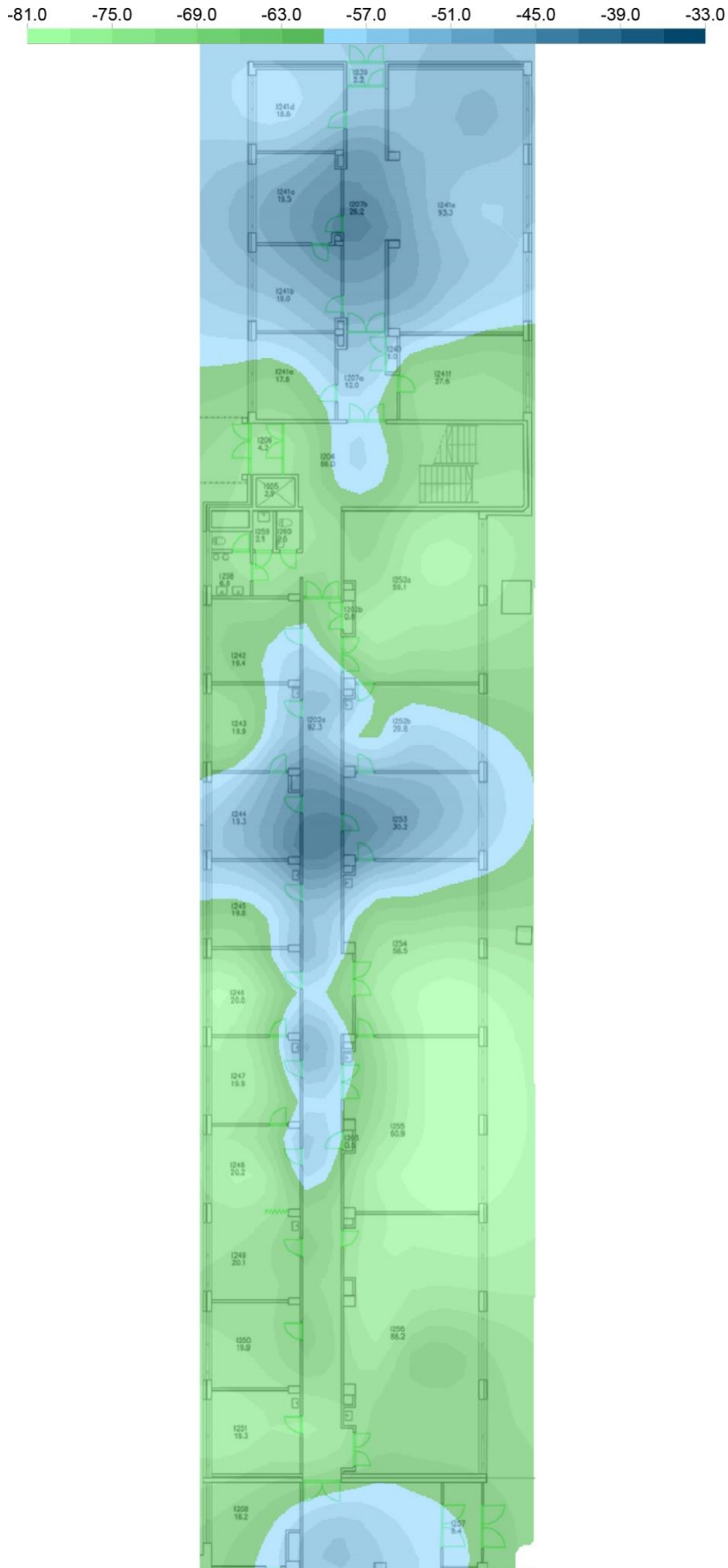


Kuva 22: 2.krs, E- ja F-siipi

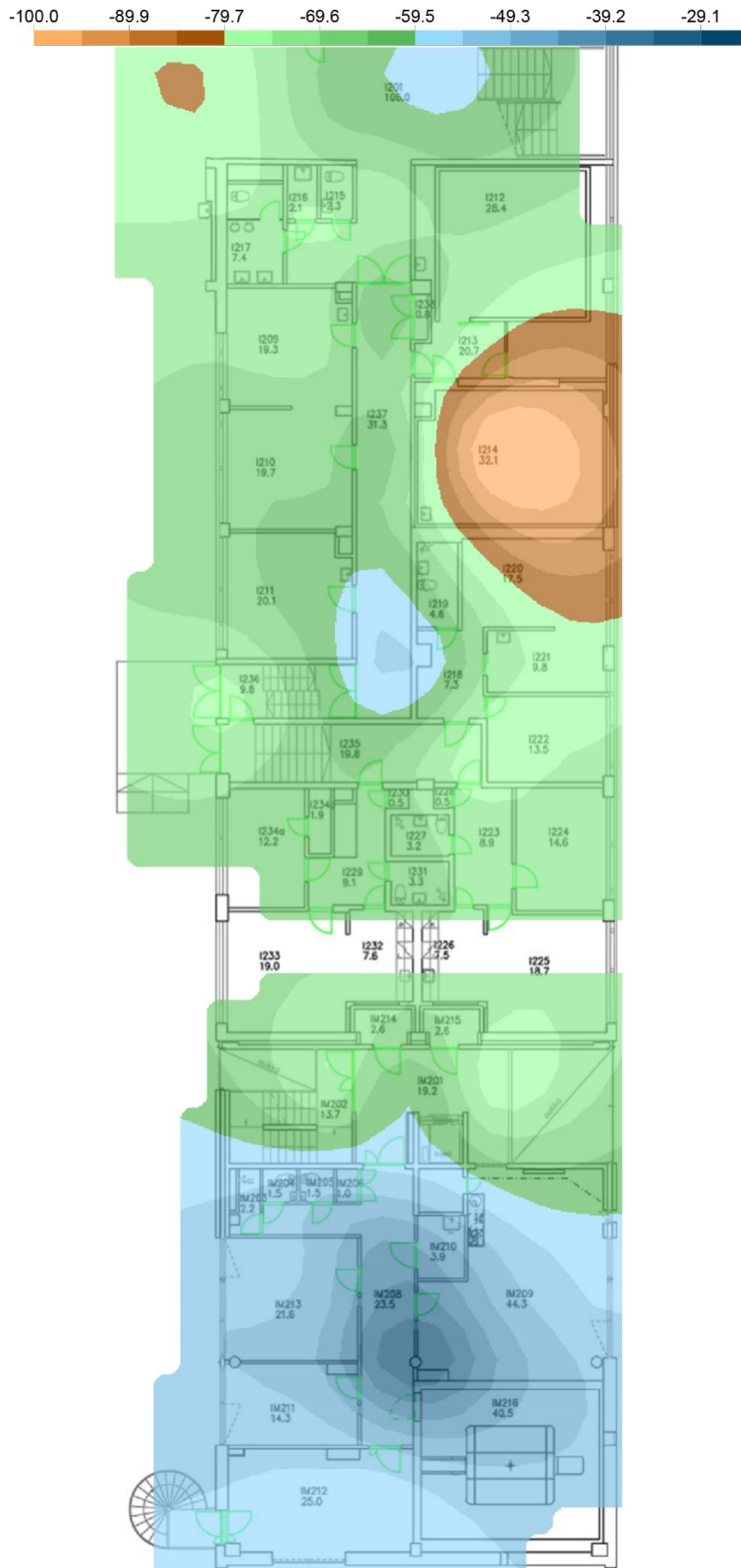
-84.0 -80.4 -76.9 -73.3 -69.7 -66.1 -62.6 -59.0 -55.4 -51.9 -48.3 -44.7 -41.1 -37.6 -34.0



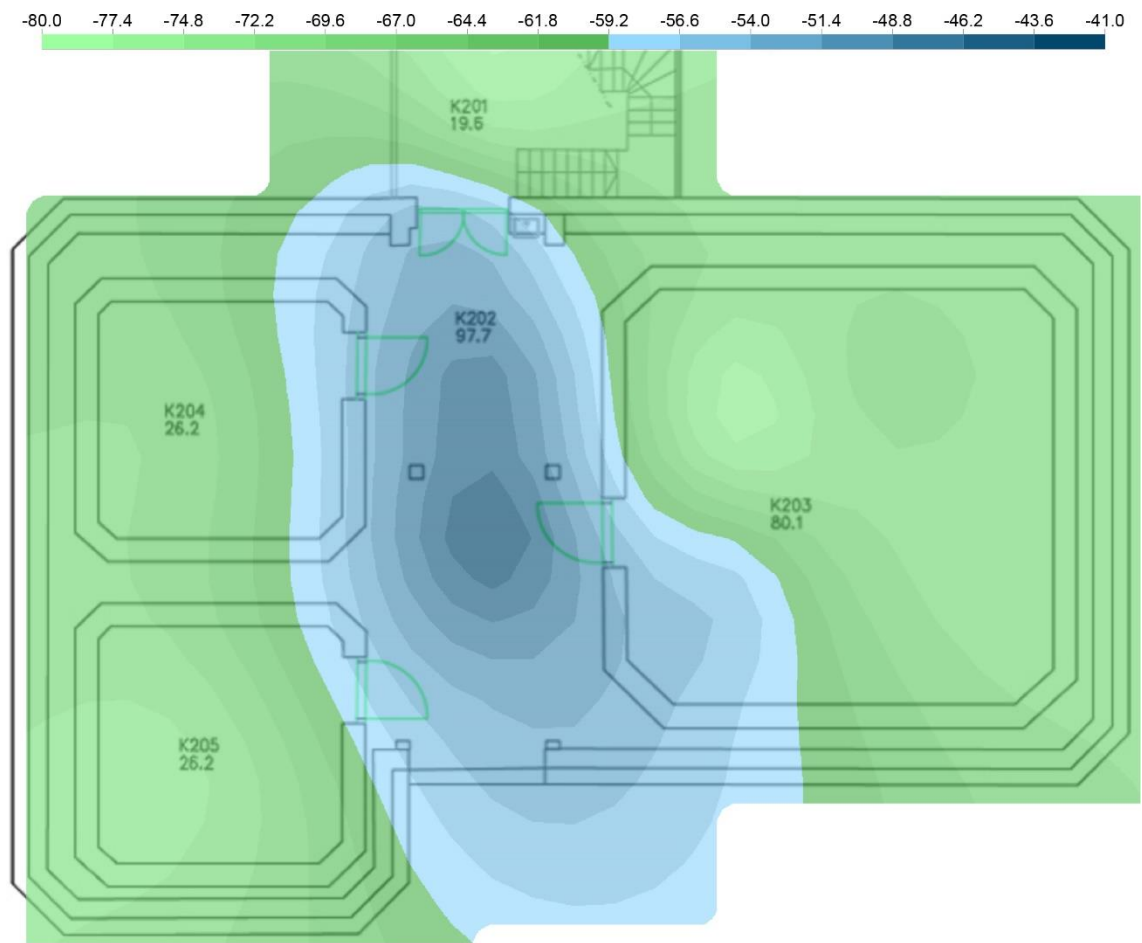
Kuva 23: 2.krs, G- ja H-siipi



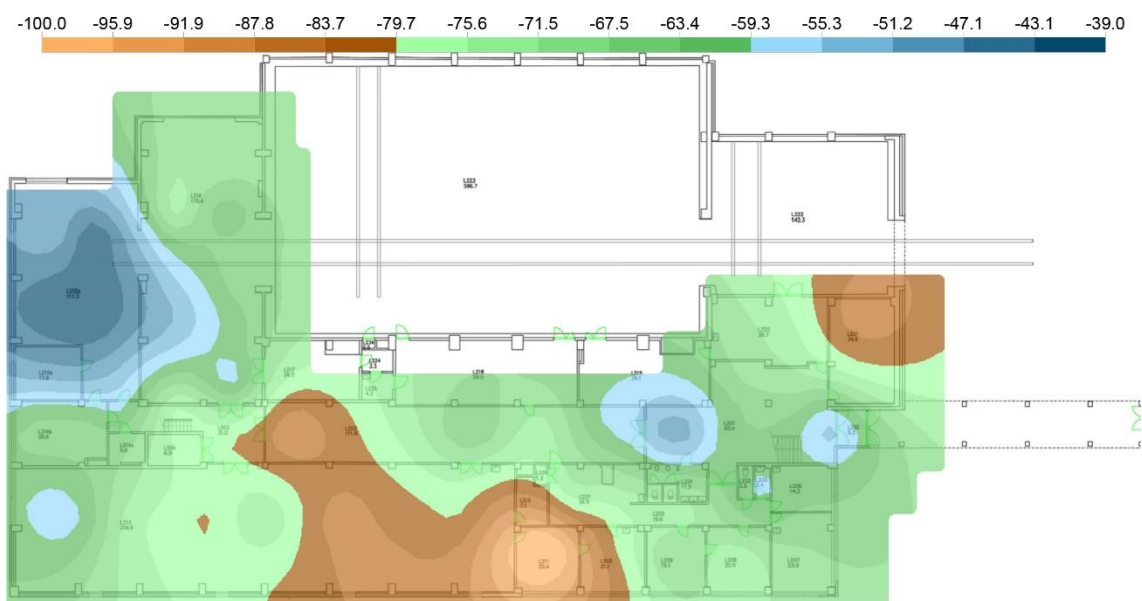
Kuva 24: 2.krs, I-siven yläosa



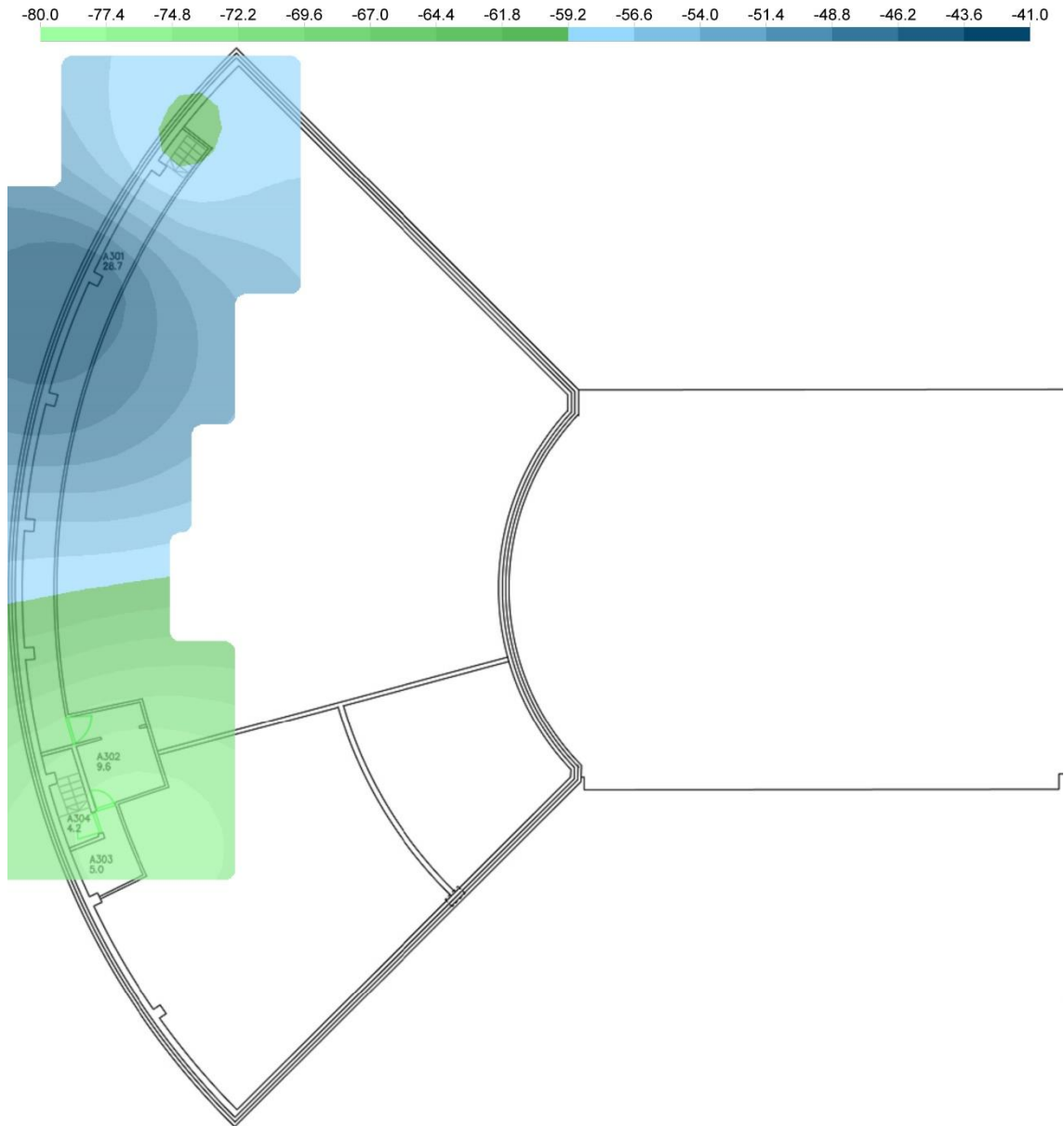
Kuva 25: 2.krs, I-siven alaosaa



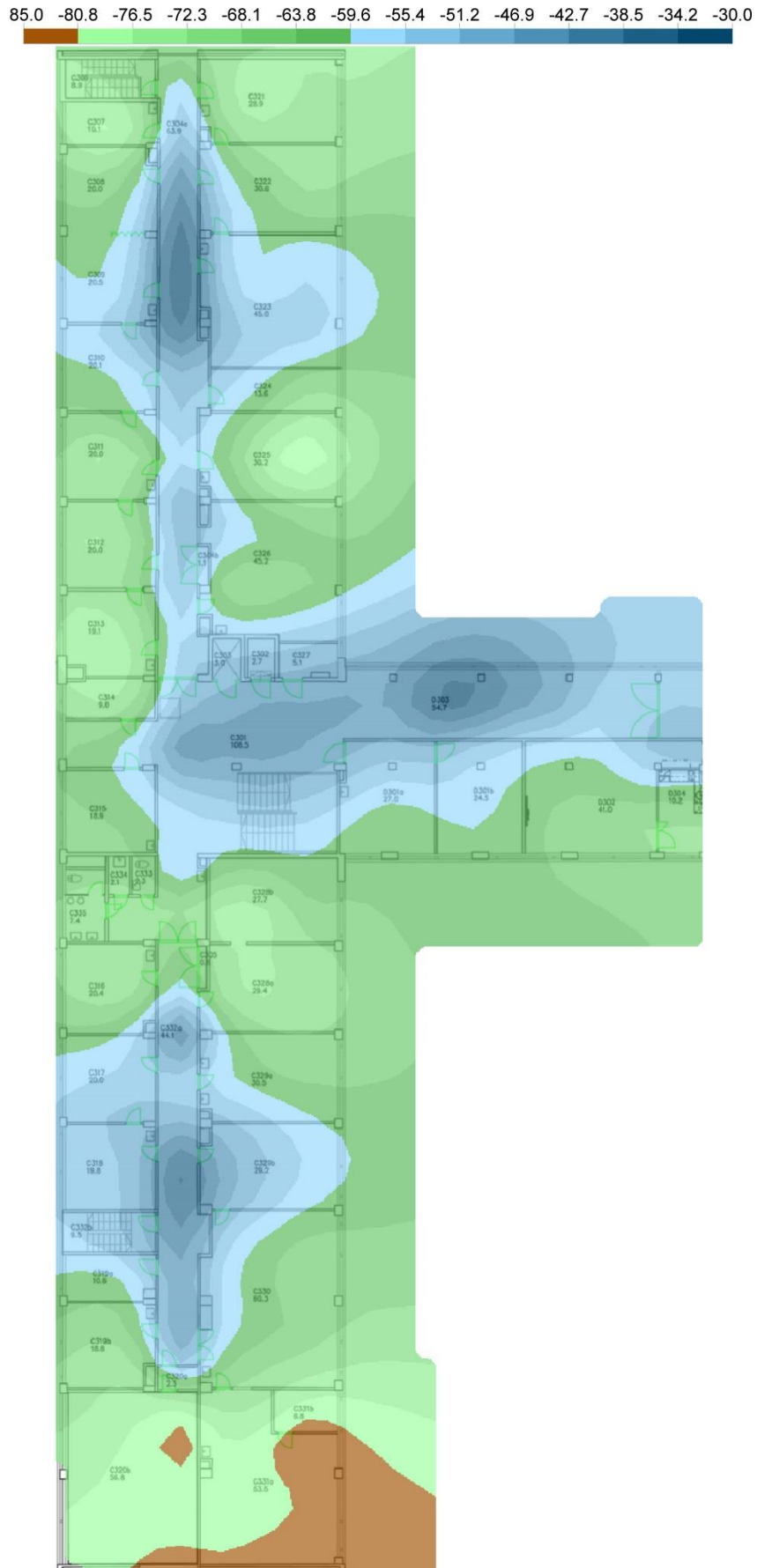
Kuva 26: 2.krs, K-siipi



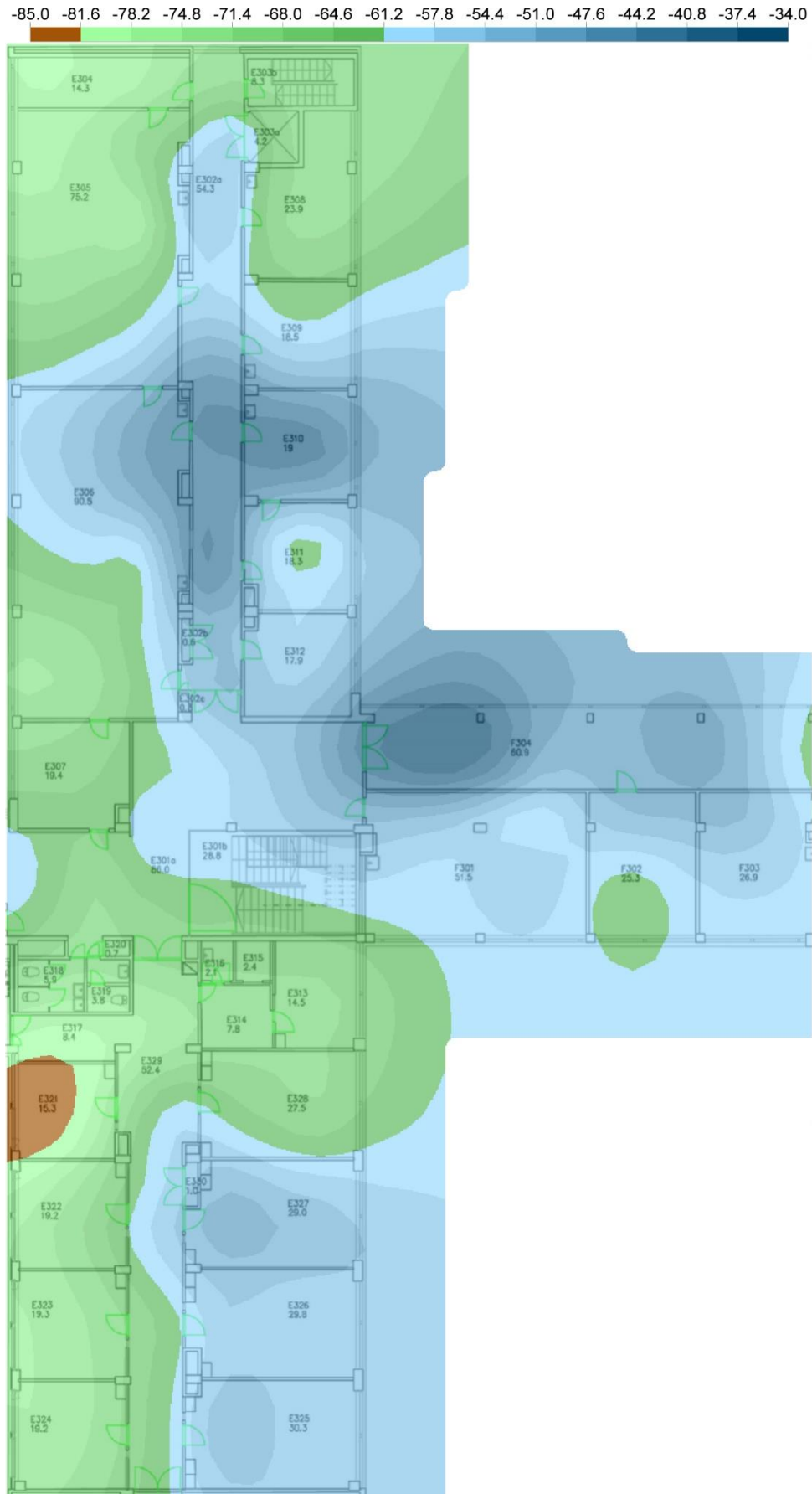
Kuva 27: 2.krs, L-siipi



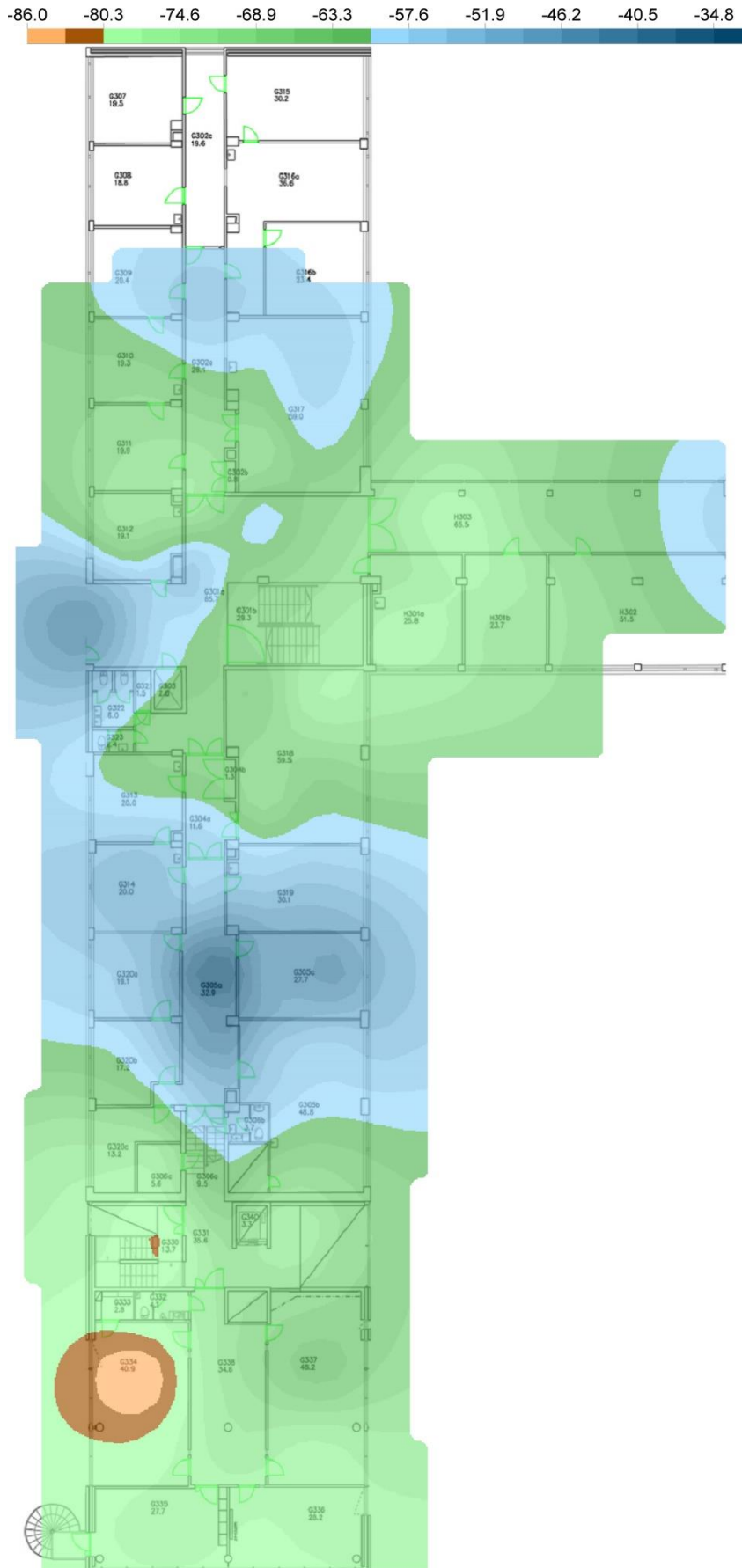
Kuva 28: 3.krs, A-siipi



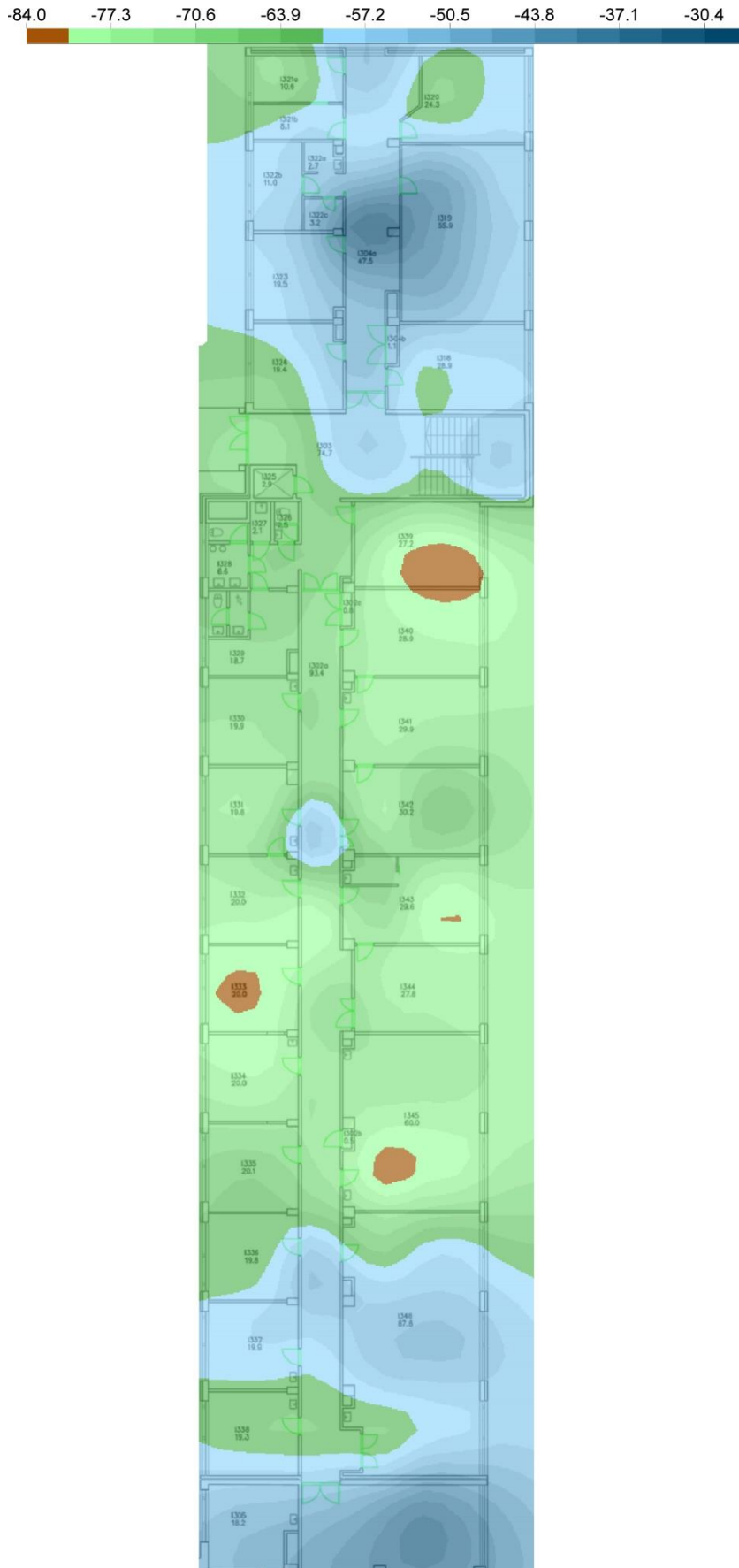
Kuva 29: 3.krs, C- ja D-siipi



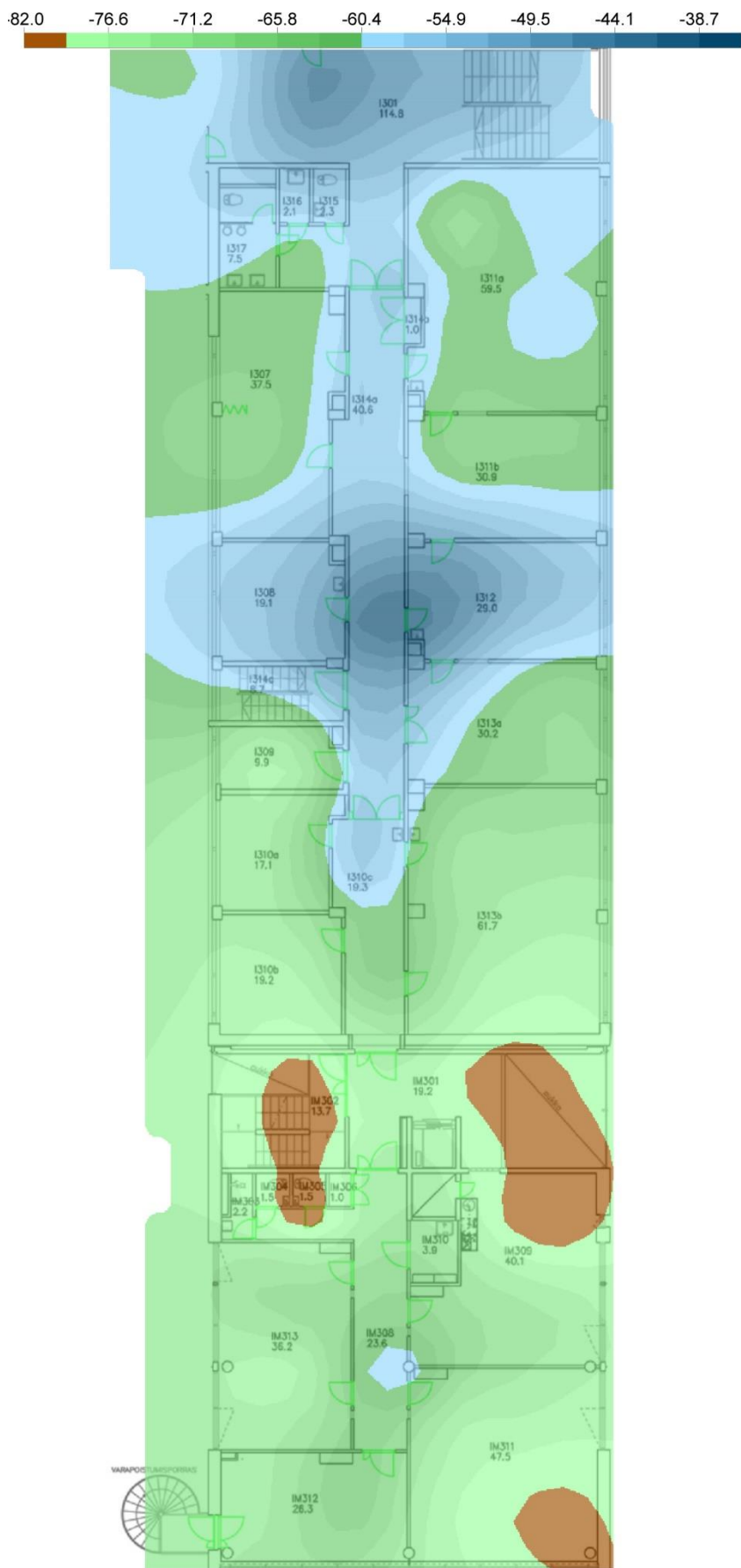
Kuva 30: 3.krs, E- ja F-siipi



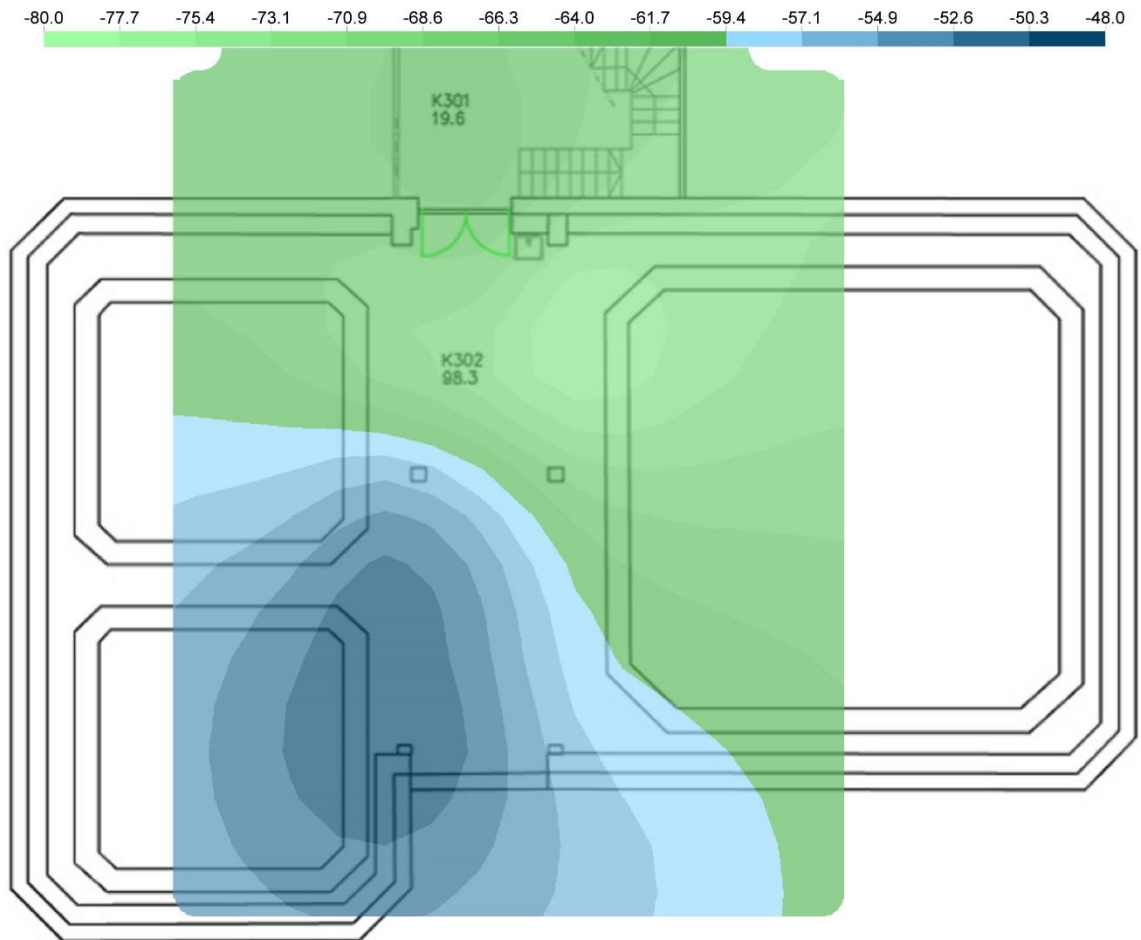
Kuva 31: 3.krs, G- ja H-siipi



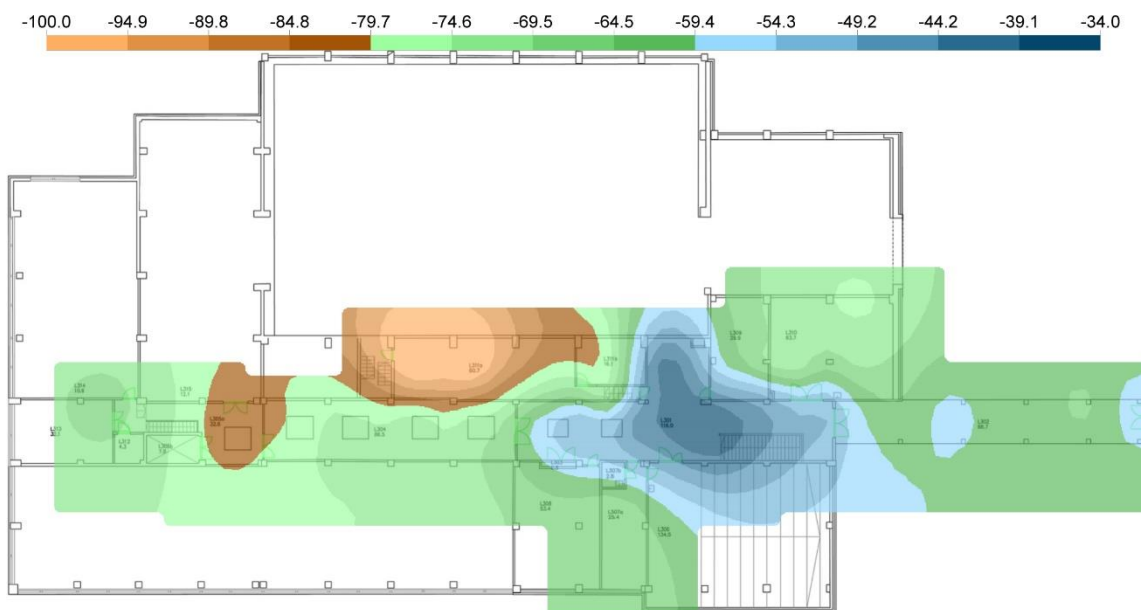
Kuva 32: 3.krs, I-siiven yläosa



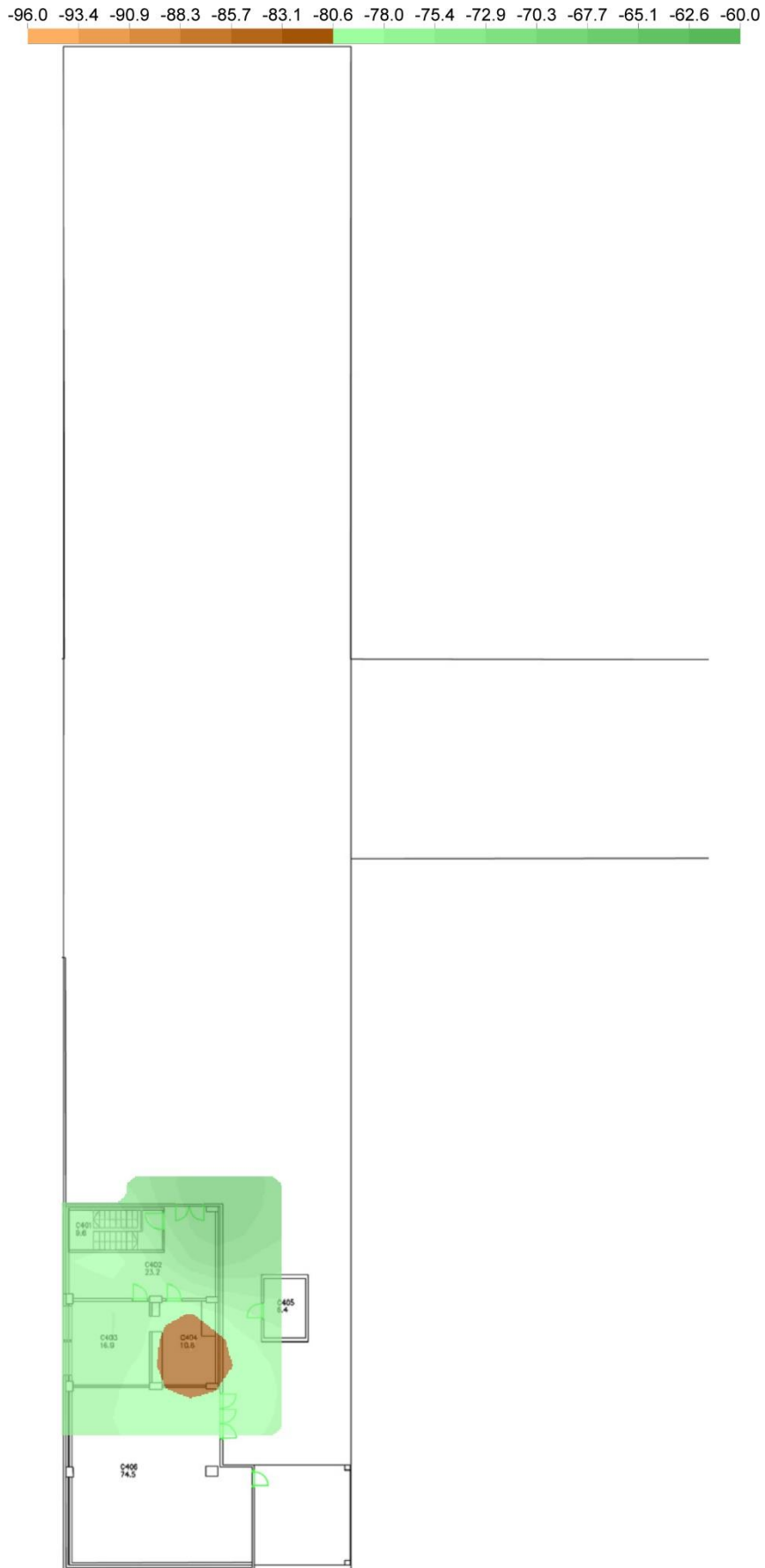
Kuva 33: 3.krs, I-siven alaos



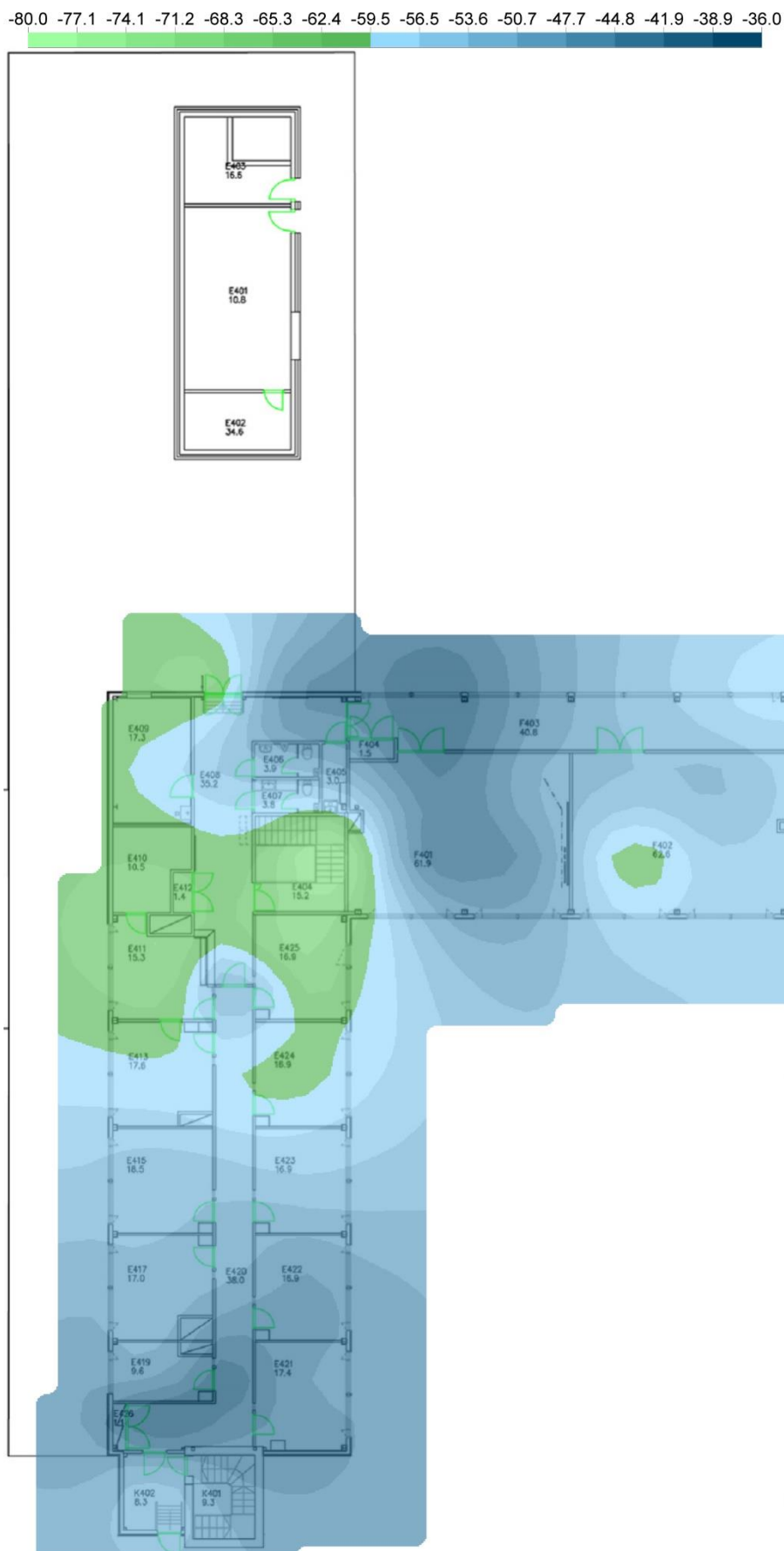
Kuva 34: 3.krs, K-siipi



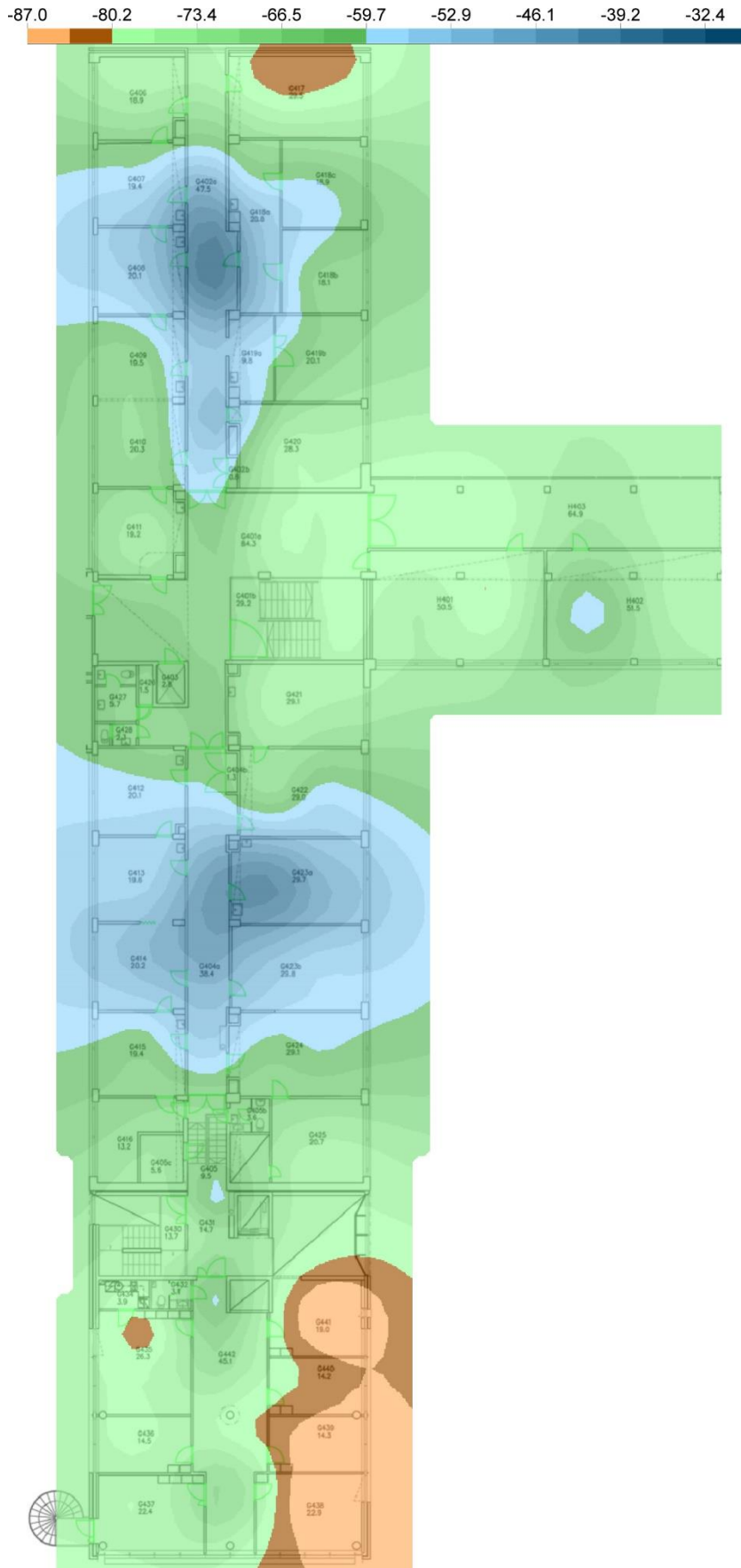
Kuva 35: 3.krs, L-siipi



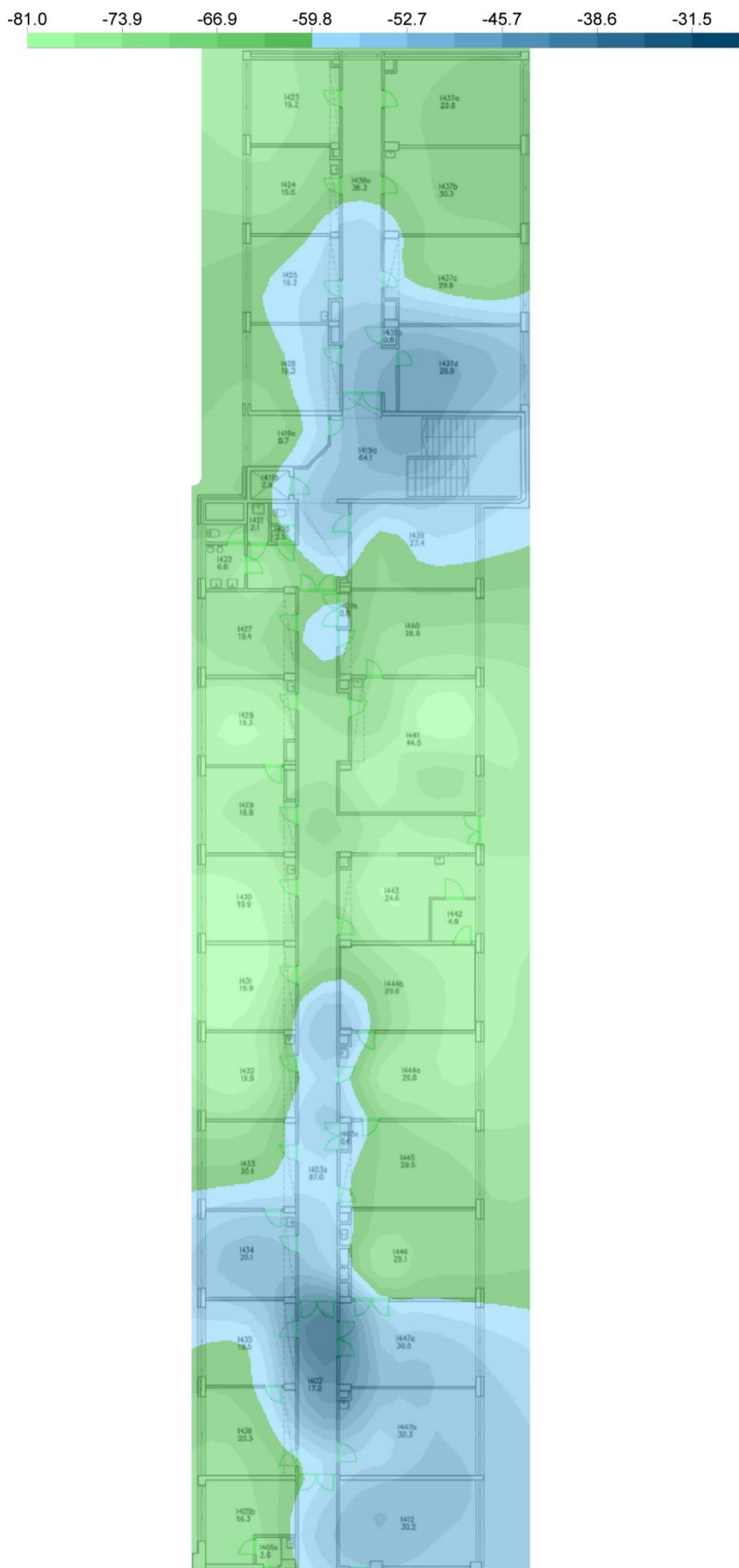
Kuva 36: 4.krs, C-siipi



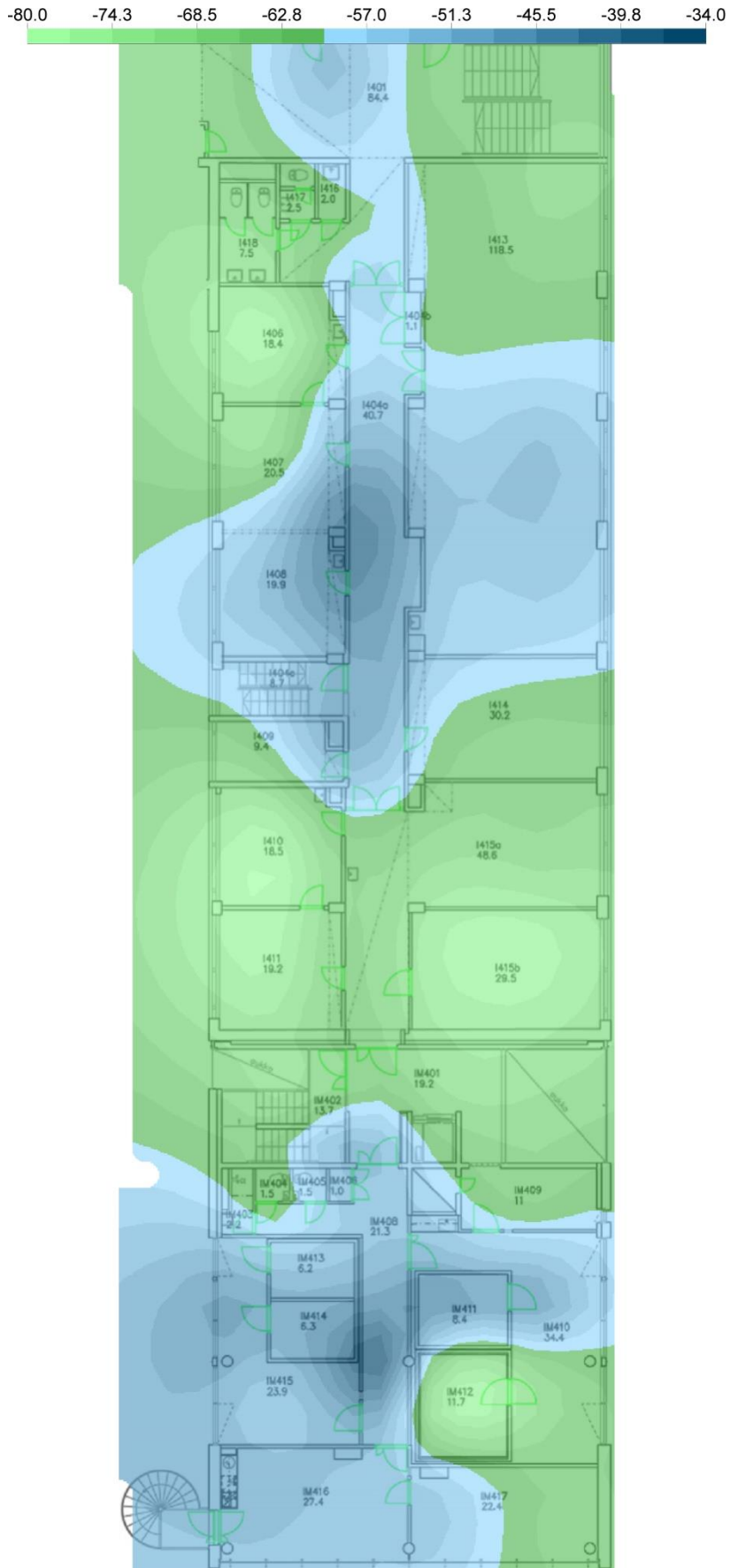
Kuva 37: 4.krs, E- ja F-siipi



Kuva 38: 4.krs, G- ja H-siipi



Kuva 39: 4.krs, I-siiven yläosa

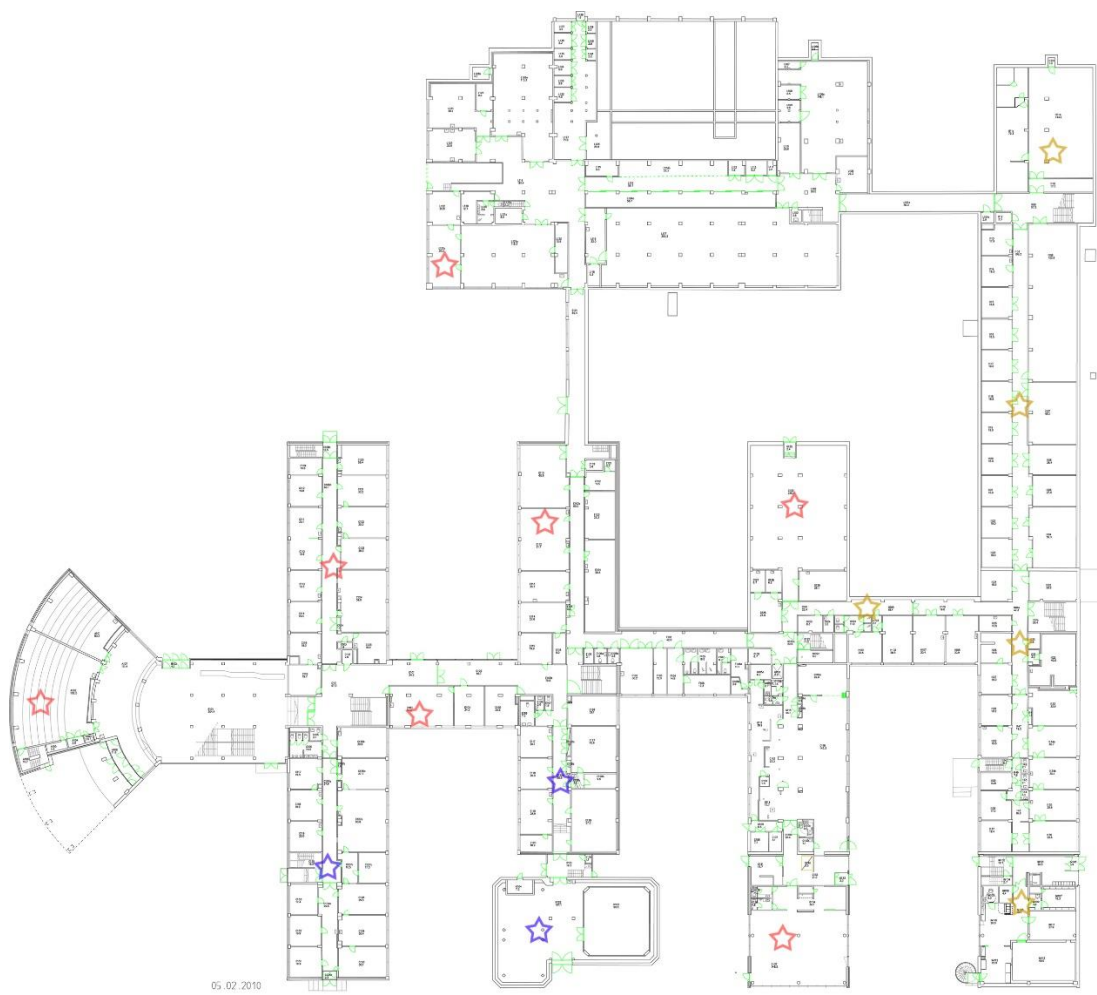


Kuva 40: 4.krs, I-siiven alaosa

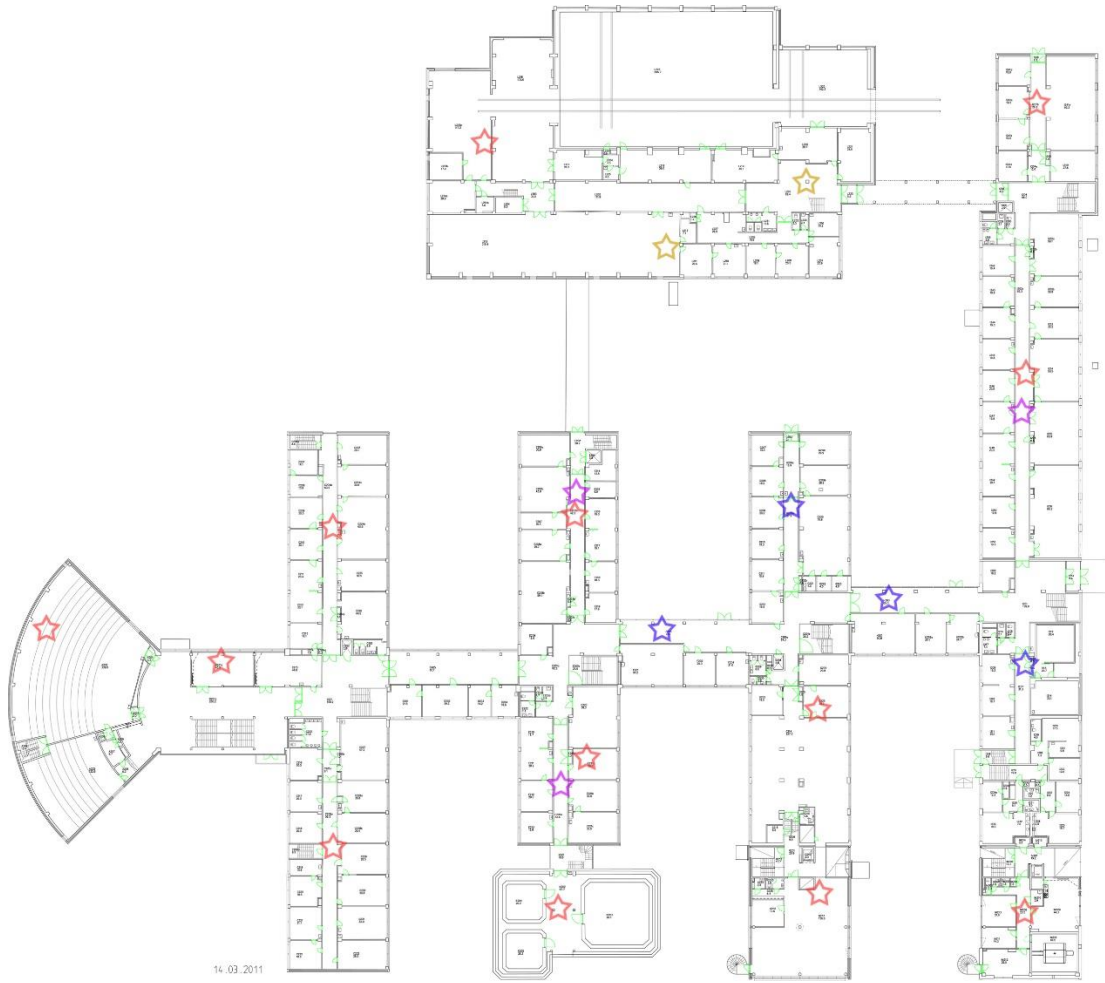
Liite 2: Ehdotukset uusista ja siirrettävistä tukiasemista

- ★ = Asennettu tukiasema
- ★ = Uusi tukiasema
- ★ = Uusi, ei välttämätön tukiasema
- ★ ★ = Siirrettävä tukiasema

Kuva 41: Selvitys karttojen symboleista



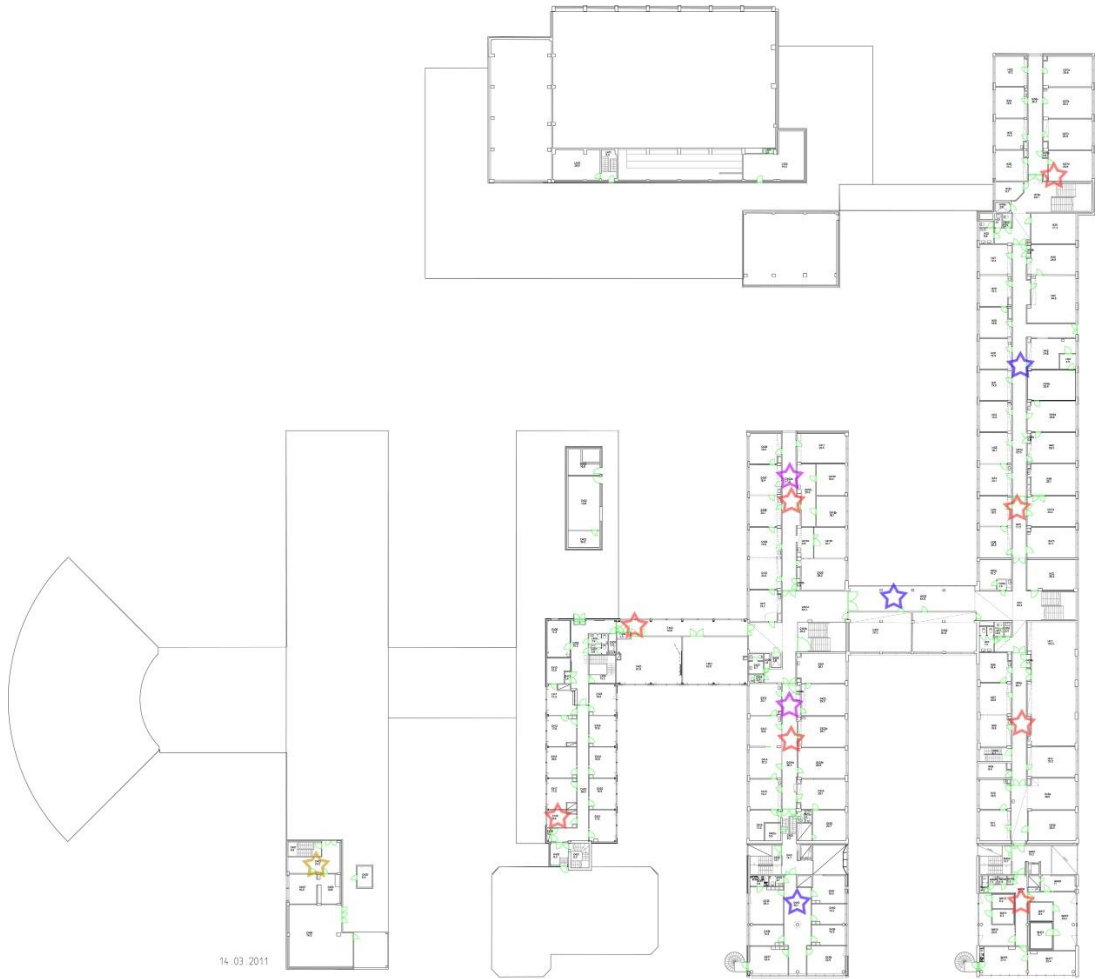
Kuva 42: 1. kerroksen tukiasemat



Kuva 43: 2. kerroksen tukiasemat



Kuva 44: 3. kerroksen tukiasemat



Kuva 45: 4. kerroksen tukiasemat