



**SAVONIA**

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# WLAN-VERKON KARTOITTAMINEN

TEKIJÄ: Perttu Soini

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Tietotekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Perttu Soini	
Työn nimi WLAN-verkon kartoittaminen	
Päiväys 13.5.2018	Sivumäärä/Liitteet 26
Ohjaaja(t) Laboratorioinsinööri Pekka Vedenpää	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Savonia-ammattikorkeakoulu	
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda kuuluvuuskartoitus Opistotien kampuksen WLAN-verkosta ja tutkia sen toimivuutta. Kartoitusta suoritettiin siihen tarkoitettulla ohjelmistolla, johon syötettiin Opistotien kampuksen pohjapiirustukset.</p> <p>Opinnäytetyössä tutustuttiin erilaisiin WLAN-verkkoihin ja niiden ominaisuuksiin. Työssä käytiin läpi standardeja ja radiotekniikkaa, jotka tärkeä osa WLAN-kokonaisuutta. Myös tietoturvaprotokollat ja kartoitusmenetelmät ovat osa tätä työtä. Mittauslaitteeseen asennettiin VisiWave Site Survey 5.0.3 Eval-ohjelmisto.</p> <p>Passiivinen kuuluvuuskartoitusta suoritettiin Opistotien kampuksella aikaan, jolloin oppilaita oli vähän rakennuksen tiloissa. Tämän ansiosta saatiin varmistettua työrauha ja oikeanlaiset mittaustulokset. Mittauksessa käytettiin koululta lainattua kannettavaa työasemaa, joka tukee useampia WLAN-standardeja. Näin saatiin mitattua luotettavat tulokset rakennuksen eri osista.</p> <p>Kartoitustulokset olivat onnistuneita ja saaduista tuloksista pystyttiin toteamaan verkon toimivuus suurimmaksi osin rakennusta. Passiivisella kartoitusmenetelmällä ei kuitenkaan pystytä arvioimaan WLAN-kaistan riittävyyttä rakennuksen eri osissa. Mittaus on suuntaa antava ja siitä nähdään ainoastaan signaalin vahvuus.</p>	
Avainsanat WLAN, Standardit, Kartoittaminen, Kuuluvuus, Autentikointi	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Information Technology			
Author(s) Perttu Soini			
Title of Thesis WLAN Site Survey			
Date	13 May 2018	Pages/Appendices	26
Supervisor(s) Mr Pekka Vedenpää, Laboratory Engineer			
Client Organisation /Partners Savonia University of Applied Sciences			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of the thesis was to create a survey on the WLAN network of Opistotie Campus and to study its functionality. The mapping was carried out with the software, to which the floor plans of Opistotie Campus were entered.</p> <p>The thesis involved familiarization with different WLAN networks and their features. The study covered standards and radio technologies that are an important part of the WLAN suite. Security protocols and mapping methods were also part of this work. VisiWave Site Survey 5.0.3 Eval software was installed on the measuring device.</p> <p>A passive coverage survey was carried out on Campus Opistotie at a time when there were few students in the building. This enabled reliable measuring conditions and right measurement results. The measurements were done a borrowed laptop workstation, which supports multiple WLAN standards. In this way reliable results were obtained from various parts of the building.</p> <p>The results of the survey were successful and the results showed that the network functioned in most part of the building. However, the passive mapping method cannot assess the adequacy of the WLAN band in different parts of the building. The measurement is indicative and only the strength of the signal can be seen.</p>			
Keywords WLAN, Standards, Mapping, Coverage, Authentication			

## ESIPUHE

Opintoni Savonia-ammattikorkeakoulussa painottuivat verkko-opintoihin. Opinnäytetyön aiheeksi sain ohjaajaltani WLAN-verkkoihin liittyvän työn. Olen aina ollut kiinnostunut langattomista verkoista ja tarvitsen niiden osaamista työ -sekä vapaa-ajallani. Langattomat verkot ovat nykyaikaisia ratkaisuja erilaisiin tarpeisiin alati kehittyvässä tietoteknisessä ympäristössä. Erityisesti työni aiheessa kiinnostaa WLAN-verkon toimivuus erilaisissa tilanteissa ja sen hyödyntäminen yrityksissä. Voisin kuvitella työskenteleväni tulevaisuudessa langattomien verkkojen parissa. Langattomat verkot ovat yleistyneet nopeasti ja erityisesti Wi-Fi, joka niistä tunnetuin muoto.

Kiitän ohjaajaani Pekka Vedenpäättä nopeasta aiheen tarjoamisesta ja opastamisesta opinnäytetyöhön liittyvissä asioissa, sekä verkko-opettajaani Veijo Pitkästä hänen tarjoamastaan laadukkaasta opetuksesta ja opastuksesta. Kiitän myös Savonia-ammattikorkeakoulun koko organisaatiota joustavasta ja monipuolisesta opetuksesta. Erityiskiitos läheisilleni, jotka tukivat minua koko opinnäytetyöprosessin ajan.

Kuopiossa 13.5.2018

Perttu Soini

## SISÄLTÖ

LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT .....	6
1 JOHDANTO .....	7
2 WLAN .....	8
2.1 STANDARDIT .....	8
2.2 RADIOTEKNIikka .....	10
3 LANGATTOMAN LÄHIVERKON TIETOTURVALLISUUS .....	11
3.1 SALAUSPROTOKOLLAT .....	11
3.2 AUTENTIKOINTI SAVONIA-AMMATTIKORKEAKOULUN LANGATTOMASSA VERKOSSA .....	12
4 WLAN-KUULUVUUSKARTOITUS .....	13
4.1 KARTOITUSMENETELMÄT .....	14
5 OPISTOTIEN KAMPUKSEN WLAN-VERKON KARTOITTAMINEN.....	15
5.1 KARTOITUKSEN SUUNNITTELU .....	15
5.2 VISIWAVE SITE SURVEYN PASSIIVINEN MITTAUSTEKNIikka .....	15
5.3 OPISTOTIEN KAMPUKSEN POHJAPIIRUSTUKSET .....	18
5.4 KARTOITUKSEN TULOKSET .....	21
6 YHTEENVETO.....	24
LÄHTEET .....	25

## LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT

WLAN (Wireless Local Area Network) = Langaton lähiverkko

Wi-Fi (Wireless Fidelity) = Wi-Fi Alliancen patentoima nimitys langattomalle lähiverkkolle.

IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) = Kansainvälinen tekniikan alan järjestö, joka määrittelee muun muassa tekniikan alojen standardeja.

IEEE 802.11 (Institute of Electrical and Electronics Engineers 802.11) = Standardi langattomille lähiverkoille

OSI-malli (Open Systems Interconnection Reference Model) = Kuvaus tiedonsiirtoprotokollien yhdistelmästä seitsemällä tasolla

UNII (Unlicensed National Information Infrastructure) = Osa IEEE 802.11a-laitteiden ja monien langattomien ISP-laitteiden käyttämä radiotaajuuspektri, joka toimii yli neljällä alueella.

OFDM (Orthogonal frequency-division multiplexing) = Modulointi joka perustuu tiedonsiirtoon useilla toisiaan häiritsemättömillä taajuuskanavilla samaan aikaan.

CKK (Complementary Code Keying) = Modulointisuunnitelma jota käytetään langattomissa verkoissa.

WEP (Wired Equivalent Privacy) = Ensimmäinen työaseman ja tukiaseman välistä langatonta tietoliikennettä suojaamaan kehitetty protokolla.

RC4 (Ron's Code 4) = Stream-salaus

WPA (Wi-Fi Protected Access) = Salausprotokolla, joka kehitettiin WEP:n jälkeen.

TKIP (Temporal Key Integrity Protocol) = Langattoman lähiverkon tietoturva-protokolla, joka suojaa yhteyksiä.

WPA2 (Wi-Fi Protected Access 2) = Viimeisin salausprotokolla langattomissa lähiverkoissa

AES (Advanced Encryption Standard) = Lohkosalausmenetelmä

CCMP (Counter Mode with CBC-MAC protocol) = Langattomien lähiverkkojen salausprotokolla liikkuvan tiedon suojaamiseen

Domain = Toimialue

AP (Access Point) = Langattoman verkon tukiasema

Admin = Järjestelmänvalvoja

dBm = Desibelimäärä suhteessa milliwattiin

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena on tutkia Savonia-ammattikorkeakoulun Opistotien kampuksen WLAN-verkon ominaisuuksia ja toimivuutta. Tarkoituksena on kartoittaa kampuksen langattoman verkon kuuluvuus eri kohdissa rakennusta ja antaa ehdotuksia uusien langattomien tukiasemien sijoittamiseen. Tutkimus tulee tehdä niin, että langattomassa verkossa riittää kaistaa ja kuuluvuutta opiskelijoiden tarpeisiin kampuksen tiloissa. WLAN-verkon käyttö on lisääntynyt ja yhä useammalla käyttäjällä on käytössä laitteita, joihin verkko on mahdollista yhdistää. Näitä ovat muun muassa kannettavat työasemat, tabletit ja älypuhelimet.

Opiskelijoilla on mahdollisuus käyttää Savonia- ja Savonia-web-verkkoja langattomasti kampuksen tiloissa. Langattomien tukiasemien oikeanlainen sijoittaminen on siis erityisen tärkeää kampuksella, jotta saadaan paras mahdollinen suorituskyky päätelaitteisiin langatonta verkkoa käytettäessä.

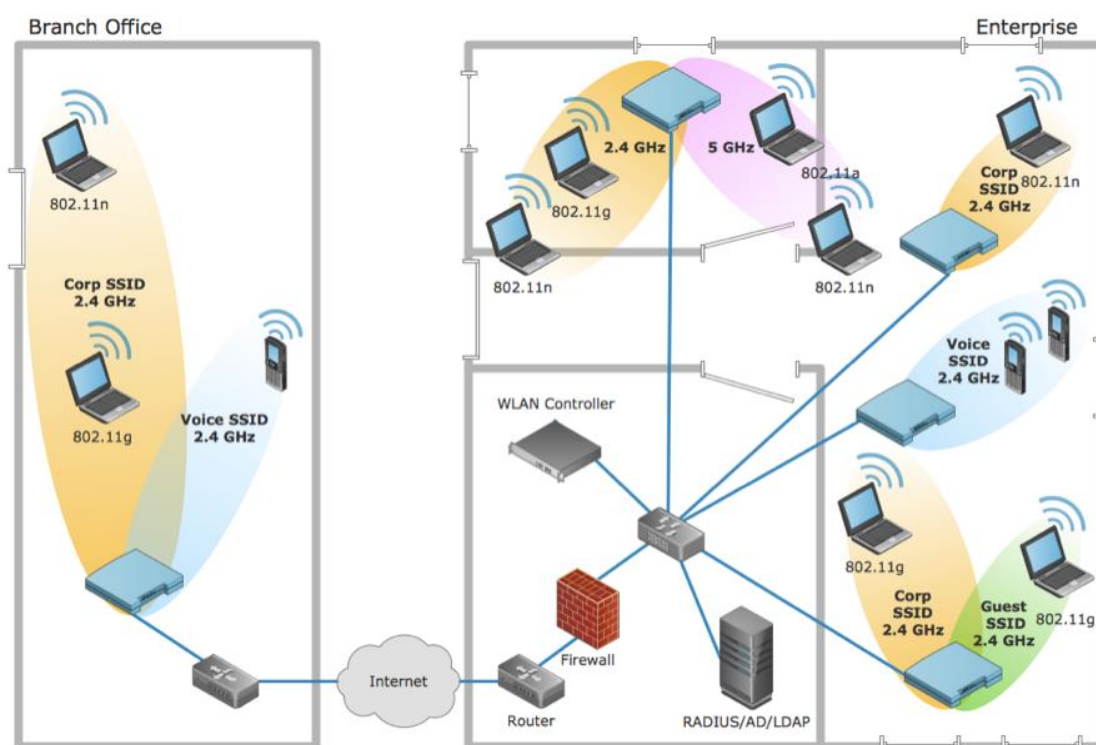
Lähtökohtana on, että langattomia tukiasemia sijoitetaan kaksi kappaletta isompiin luokkiin, jotta saadaan tarvittava määrä langattoman verkon kaistaa käytettäväksi. Tällöin vältetään verkon mahdollisista hitauksilta ja varmistetaan oikeanlainen toimivuus. Esimerkiksi tiedonsiirto verkossa vie paljon kaistaa. Langattomia tukiasemia tulee olla sijoitettuna myös luokkien ulkopuolella. Opistotien kampuksella on paljon mahdollisia työtiloja, joissa tarvitaan langatonta verkkoa. Tutkimuksessa on otettava huomioon eri alueilla verkon kuuluvuus ja riittävä kaista. Eri tiloissa on erilaiset tarpeet verkon toimivuudelle.

WLAN-verkon kartoittaminen tehdään VisiWave Site Survey 5.0.3 Eval-ohjelmistolla, joka on asennettu kannettavaan työasemaan. Ohjelmistoon liitetään Opistotien kampuksen pohjapiirustus, joka käsittää tässä opinnäytetyössä kolme eri kerrosta. Mittaus tapahtuu siten, että työaseman kanssa kuljetaan kartoitettavat alueet läpi. Työasema on liitettynä verkkoon, jotta se voi mitata kuuluvuudet ja värittää ne suoraan pohjapiirrustusten päälle erilaisilla väreillä, jotka näyttävät verkon kuuluvuuden. Kartoittaminen on tarkoitus tehdä ainoastaan opiskelijoiden käyttämissä tiloissa. Tämä käsittää yleisesti luokat, käytävät ja erinäiset työtilat.

## 2 WLAN

WLAN tulee sanoista wireless local area network, eli langaton lähiverkko. Sillä tarkoitetaan langattomien IEEE:n (Institute of Electrical and Electronics Engineers) 802.11-standardien mukaista verkkoa, jota voidaan soveltaa täydentämään yritysten lähiverkkoa ja jakamaan kodin nettiyhteyttä. Langattomuus mahdollistaa uusien päätelaitteiden ja sovellusten käyttöönoton, sekä tilapäisten verkkojen ja ratkaisuiden toteuttamisen verkkoon ilman kaapelointia. IEEE:n 802.11-standardien mukaiset laitteet hyödyntävät vapaasti käytettäviä taajuuksalueita. (Puska 2005.)

Langattomat lähiverkot ovat yleistyneet maailmanlaajuisesti niiden edullisuuden, helppokäyttöisyyden ja joustavuuden vuoksi. Yksinkertaisimmillaan internettiin pääsy langattoman verkon kautta vaatii ainoastaan sähkövirran kytkemisen WLAN-tukiasemaan ja sen liittämisen langalliseen verkkoon. Tällöin laite voidaan liittää esiasetettuun verkkoon. Yleensä kaikissa uusissa kannettavissa tietokoneissa, älypuhelimissa ja tableteissa on sisäänrakennettu WLAN-asema, joka mahdollistaa liittymisen langattomaan lähiverkkoon. (Viestintävirasto 2014.)



KUVA 1. Kuvitteellinen pienen yrityksen WLAN-verkko, jossa kaksi erillistä rakennusta. (Genwave Technologies 2017.)

### 2.1 STANDARDIT

IEEE on johtava kansainvälinen toimija standardien määrittelyssä sähkötekniikan tieteiden alalla. Tunnetuimmat standardit ovat IEEE:n 802.11a/b/g/n. Standardit ovat joukko suosituksia, mihin langattoman verkon toimintaperiaate muodostuu. 802.11-standardit kattavat OSI-mallin (Open Systems Interconnection Reference Model) kaksi alinta kerrosta, jotka ovat Fyysinen kerros (Physical layer) ja



Data Link Layer (Siirtoyhteyserros). Siirtokerroksen LLC (Siirtoyhteyden ohjaus) kehystää verkkokerroksen datapaketin ja tarjoaa yhenäiset rajapinnat verkkokerroksen protokollille ja eri lähiverkko-tekniikoille. (Puska 2005.)

IEEE 802.11 on ensimmäinen WLAN-standardi, joka julkaistiin IEEE:n toimesta kesäkuussa 1997. Sen siirtonopeus on 1-2Mbit/s ja se toimii 2.4GHz taajuusalueella. Standardin määränpäänä oli toimia kuten IEEE 802.3 Ethernet standardin, mutta langattoman verkon puolella. Silloin kuluttajat eivät ole sidottuja tietyn valmistajan laitteisiin, vaan eri valmistajien laitteet voivat jatkossa käyttää 802.11-standardia yleisesti. 802.11 määrittää pääasiassa OSI-mallin fyysisen kerroksen ja siirtokerroksen alemman osan. (Mind Commerce Publishing, LCC 2012.)

IEEE 802.11a julkaistiin syyskuussa 1999. Sen siirtonopeus on 6-54Mbit/s ja se toimii 5.15-5.825GHz taajuusalueella. Vaatimuksena tämän standardin laitteille on, että jokaisella niistä on ainakin 6-,9- ja 12Mbit/s siirtonopeudet. Tarkat taajuusalueet kuitenkin vaihtelevat maittain. Se suunniteltiin toimimaan lyhyelle kantavuusalueelle tuottamaan korkeaa siirtonopeutta. Standardi määritteli OFDM-tekniikan (Orthogonal frequency-division multiplexing). Se perustuu signaalin jakamiseen siitä pienempiin alasiinaaleihin, jotka ovat toisistaan riippumattomia. Tällöin saadaan suurempi siirtonopeus. (Mind Commerce Publishing, LCC 2012.)

IEEE 802.11a laitteet käyttävät UNII-tekniikkaa (Unlicensed National Information Infrastructure), joka toimii kolmella eri taajuuskaistalla. Taajuuskaistat määrittyvät sen mukaan, missä kyseistä standardia käytetään. Esimerkiksi ulkotiloissa voidaan käyttää neljällä eri taajuusalueella 5.725-5.825GHz taajuusalueella 800mW:n maksimiteholla. (Puska 2005.)

IEEE 802.11b julkaistiin hieman ennen 802.11a:ta syyskuussa 1999. Sen siirtonopeus on 1-11Mbit/s ja se toimii 2.4GHz taajuusalueella. 802.11b käyttää CKK-tekniikkaa (Complementary Code Keying), joka tarkoittaa, että tiedonsiirto tapahtuu 64 kappaleen 8-bittisen koodisanan sarjoina. CKK-tekniikalla on matemaattinen ominaisuus. Jokaisella erillisellä koodisanalla on erilainen matemaattinen merkitys. (Mind Commerce Publishing, LCC 2012.)

IEEE 802.11g julkaistiin kesäkuussa 2003. Sen siirtonopeus on 6-54Mbit/s ja se toimii 2.4GHz taajuusalueella. Tähän standardiin pyrittiin ottamaan parhaat ominaisuudet edeltäjistään 802.11a:sta ja 802.11b:stä. Kuten 802.11a, se käyttää OFDM-tekniikkaa. Se on kuitenkin täysin yhteensopiva 802.11b:n kanssa. Täten se on syrjäyttänyt lähes kokonaan edeltäjänsä. (Mind Commerce Publishing, LCC 2012.)

Yhteensopivuussyistä standardille on myös määritelty CKK-koodaus. (Puska 2005.)

IEEE 802.11n julkaistiin lokakuussa 2009. Sen siirtonopeus on aina 600Mbit/s asti ja se toimii 2.4 -ja 5.8GHz taajuusalueilla. Sillä on edeltäjiään huomattavasti nopeampi siirtonopeus. On kuitenkin otettava huomioon, että sen todellinen maksimaalinen siirtonopeus on mahdollista vain teoriassa. Sen todellinen siirtonopeus sijoittuu 110-130Mbit/s välille. 802.11n:n kantavuus on myös huomattavasti korkeampi, kuin edeltäjiensä. Sisätiloissa se on noin 70 metriä ja ulkotiloissa noin 250 metriä. (Mind Commerce Publishing, LCC 2012.)

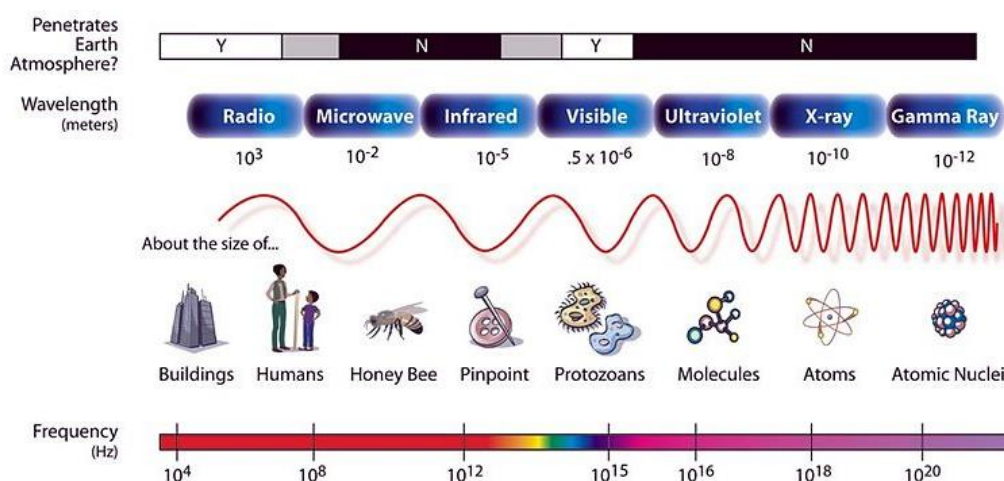
TAULUKKO 1. IEEE 802.11a/b/g/n-standardien teoreettiset bittinopeudet ja taajuusalueet

Standardi	Julkaisu	Teoreettinen bittinopeus (Mbit/s)	Taajuusalue (GHz)
802.11	1997	1-2Mbit/s	2.4GHz
802.11a	1999	6-54Mbit/s	5.15-5.825GHz
802.11b	1999	1-11Mbit/s	2.4GHz
802.11g	2003	1-54Mbit/s	2.4GHz
802.11n	2009	600Mbit/s	2.4 ja 5.8GHz

## 2.2 RADIOTEKNIikka

Mikroaaltoalueella toimii kolme vapaasti käytettävää, vapaassa käytössä olevaa taajuusaluetta. Langattomissa lähiverkoissa näistä taajuusalueista hyödynnetään maakohtaisesti yhtä tai kahta. Sähkömagneettisen säteilyn teho esitetään usein desibeli milliwateissa (dBm). Rakennusten sisätiloissa radioaaltojen etenemiseen vaikuttaa useampi tekijä. Nämä ovat vaimennus, heijastukset ja monitie-eteneminen. Ulkoilmassa sen sijaan radioaaltojen etenemiseen saattaa vaikuttaa taipuminen ja siironta. Lähettävä antenni muuttaa sähköenergian suoraan säteilyksi. Vastaanottoantenni sen sijaan muuttaa säteilyä käänteisesti sähköiseksi signaaliksi. (Puska 2005.)

Sähkömagneettisen säteilyn spektri eli kokonaisuus on laaja. Se voidaan jakaa useisiin eri osa-alueisiin. Radioaallot sisältävät sisältävät alhaisia, keski-, korkeita ja hyvin korkeita taajuuksia. Näitä taajuusalueita käytetään yleisesti radio- ja televisiolähetysten lähettämiseen. Mikroaaltoja käytetään yleisesti tietoliikenteessä, kuten langattomissa lähiverkoissa. Mikroaaltoalueella on käytössä kaksi taajuusaluetta. Ensimmäinen kaista on 80MHz leveä kaista 2.4GHz:n yläpuolella toimiva. Toinen kaista toimii kolmena 100MHz:n kaistana vähän yli 5GHz:ssä. (Puska 2005.)



KUVA 2. Sähkömagneettisen spektrin kuvaus kokonaisuudessaan (NASA, 2007.)

Langattomassa lähiverkossa säteilyyn vaikuttavat verkon ympäristö ja väliaineet. Ympäristössä voi olla esimerkiksi esteitä kuten seiniä, jotka ovat materiaaliltaan erilaisia. Polarisaatio määräytyy antennin kulmasta ja sen ominaisuuksista. Yleisintä langattomissa verkoissa käytössä olevaa metodia kutsutaan pystypolarisaatioksi, jolloin aallot ovat pystypolarisoituneita. Lähettimen antennit ovat

kohtisuoraan maanpintaa kohti. Vastaanotto- ja lähetysantennien on hyvä olla samassa kulmassa maanpinnasta mitattuna toisiinsa, jotta saadaan haluttu kuuluvuus.

TAULUKKO 2. Radiosignaalin vaimeneminen sen läpäistessä erilaisia materiaaleja 2.4GHz taajuusalueella (Coleman, Westcott 2009.)

Materiaali	2.4GHz
Perustaseinä	-15 dB
Tiili, betoni	-15 dB
Hissi tai metallieste	-10 dB
Metalliräkki	-6 dB
Kipsilevy	-3 dB
Tummentamaton ikkuna tai ovi	-3 dB
Puuovi	-3 dB
Toimistosermi	-2 dB

### 3 LANGATTOMAN LÄHIVERKON TIETOTURVALLISUUS

WLAN-tekniikassa hyödynnetään vapaasti eteneviä radioaaltoja samaan tapaan kuin radiopuhelimissa. Tästä johtuen muut asemat voivat kuulla lähettävän aseman viestin, vaikka viesti olisi tarkoitettu ainoastaan tietyn aseman vastaanotettavaksi. Varsinkin langattomissa verkoissa, jotka eivät ole julkisia, tulee olla jokin salausten menetelmä. Suurimmassa osassa langattomista tukiasemista on mahdollisuus valita, kenelle verkko näkyy. Tukiasema voi mainostaa verkon olemassaoloa päätelaitteille. Toisessa vaihtoehdossa päätelaitteen tai sen käyttäjän tulee tietää verkon nimi, jotta verkkoon liittyminen onnistuisi. Nämä vaihtoehdot eivät ole kuitenkaan sama asia, kuin salausprotokollan määrittäminen. (Viestintävirasto 2014.)

#### 3.1 SALAUSPROTOKOLLAT

WLAN:n radorajapinnalle on määritelty monia vaihtoehtoisia salausten menetelmiä. Näillä menetelmillä salakirjoitetaan päätelaitteen ja tukiaseman välinen viestintä siten, ettei ulkopuolinen taho pysty ymmärtämään tai tekemään siihen muutoksia huomaamattomasti. WLAN:n salauksella ei kuitenkaan pysty tunnistamaan luotettavasti kyseisen langattoman verkon käyttäjiä tai laitteita. (Viestintävirasto 2014.)

WEP (Wired Equivalent Privacy) on ensimmäinen IEEE:n 802.11 salausmenetelmä, joka luotiin osana ensimmäistä WLAN-standardia. Se käyttää RC4 (Ron's Code 4) salausalgoritmiä, jossa on 40 -tai 104-bittinen avain. RC4 on symmetrinen algoritmi, sillä se käyttää samaa avainta salauksessa ja salauksen purkamisessa. Kun WEP on käytössä, jokaisella "radioasemalla" on avain. Tätä avainta käytetään salaamaan dataa ennen sen lähettämistä läpi radioaaltojen. Jos asema saa paketin, jota ei ole salattu oikeanlaisella avaimella hylätään ja se ei koskaan pääse perille. (Cisco 2007.)

WEP on kuitenkin osoitettu usealla tapaa haavoittuvaiseksi. Sitä ei nykyään suositella käytettäväksi, mikäli uudempia salausmenetelmiä on mahdollista käyttää. (Viestintävirasto 2014.)

WPA (Wi-Fi Protected Access) julkaistiin Wi-Fi Alliancen toimesta vuonna 2003. WPA tarjoaa korkeampaa tietoturvaa kuin edeltäjänsä WEP. Salaukseen WPA käyttää TKIP:ta (Temporal Key Integrity Protocol). Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että jokaisen lähetetyn paketin jälkeen se luo uuden 128-bittisen avaimen. WPA tehtiin väliaikaiseksi protokollaksi WPA2:ta varten. (Cisco 2008.)

WPA2 (Wi-Fi Protected Access 2) eli IEEE802.11i julkaistiin 2004. Siinä on käytössä uudenlainen salausmekanismi AES (Advanced Encryption Standard). Se poikkeaa aikaisemmasta RC4:sta siten, että se pystyy käyttämään eri bittisiä avaimia, kuten 128-, 192- ja 256 bittisiä. WPA2:ssa on myös mahdollista käyttää CCMP (Counter Mode with CBC-MAC protocol) salausta, joka korvaa vanhemmat TKIP-protokollan. CCMP:ssa jokaisella paketilla on oma numero, jota on tarkoitus käyttää pakettien toistojen tarkkailussa. (Cisco 2008.)

### 3.2 AUTENTIKOINTI SAVONIA-AMMATTIKORKEAKOULUN LANGATTOMASSA VERKOSSA

Savonian tietoverkko kuuluu Suomen yliopistojen Funet-verkkoon. Domain tässä verkossa on savonia-amk. Opiskelijat pystyvät kirjautumaan Savonian verkkoon minkä tahansa kampuksen työasemalta. Jokaisella opiskelijalla on henkilökohtainen tunnus ja salasana. Kirjautuminen verkkoon on muotoa savonia-amk\sxxxxx, jossa ensimmäinen osa on toimialue ja toinen osa on henkilökohtainen käyttäjätunnus. Kampuksilla on myös mahdollisuus käyttää omaa päätelaitetta, jolla voi liittyä langattomaan verkkoon. Vaihtoehtoja on kaksi ja molempiin kirjaudutaan henkilökohtaisilla kampuštunnuksilla. Langattoman yhteyden kautta on myös mahdollista käyttää verkkolevyjä. (Siiskonen 2017.)

Savonia-verkkoon kirjaudutaan antamalla työasemalle ensimmäisellä kerralla tiettyjä langattoman verkon määrittäjiä. Määrittäksen voi tehdä siten, ettei seuraavalla kirjautumiskerralla tarvitse enää tehdä samoja toimenpiteitä uudestaan. Savonia-verkossa on käytössä WPA2-salausprotokolla, jossa on myös käytössä AES salausmekanismi. Verkossa on myös mahdollista käyttää WPA-salausprotokollaa. (Siiskonen 2017.)

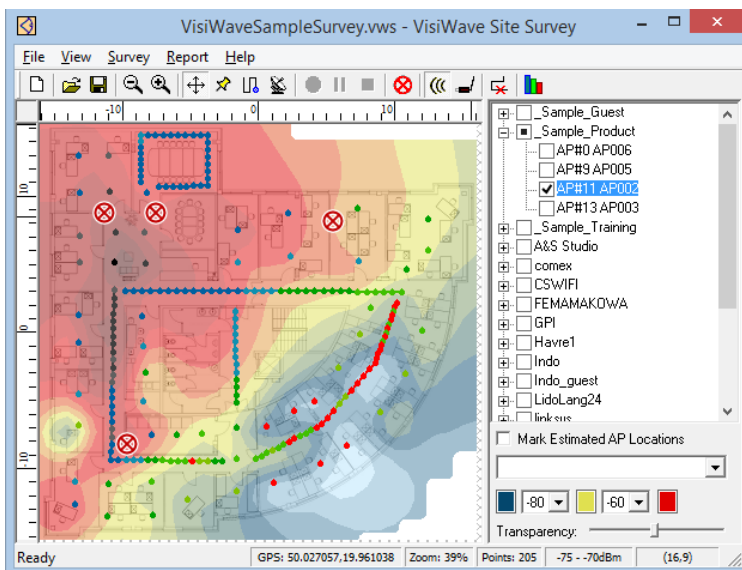
Savonia-web-verkkoon kirjaudutaan myös henkilökohtaisilla kampuštunnuksilla. Kun tähän verkkoon kirjaudutaan, täytyy käyttäjän syöttää kampuštunnukset joka kerta uudestaan. On otettava huomioon, että työaseman tulee tukea WPA2 / AES -tiedoturvastandardia. (Siiskonen 2017.)



KUVA 3. Savonia-web-verkko löytyy napsauttamalla oikeassa alakulmassa olevaa verkkoyhteyskuvaetta (Siiskonen 2017.)

#### 4 WLAN-KUULUVUUSKARTOITUS

WLAN-verkon kuuluvuuskartoituksessa tehdään kartta, missä näkyy verkon toimivuus eri alueilla. Kartoitusta varten on tehty monia sovelluksia, joilla tämä toimenpide onnistuu. Tyypillisesti kartalla näkyvä vihreä alue tarkoittaa vahvaa kuuluvuutta, keltainen hieman heikompaa ja punainen ongelma-alueita, jonne kuuluvuus on huono. Kartoitusmenetelmiä on useita. Myös amatööri pystyy tekemään kuuluvuuskartoituksen perehtymällä menetelmiin ja sovelluksiin. (Riihikallio 2017.)



KUVA 4. Tyypillinen kartoituskäyttö VisiWave Site Survey-ohjelmistolla tehdystä kuuluvuusmittauksesta (VisiWave 2018.)

#### 4.1 KARTOITUSMENETELMÄT

Passiivinen kuuluvuuskartta on yleisin vaihtoehto mittauksen tekemiseen, koska se on näistä suoraviivaisin vaihtoehto. Siinä käynnistetään kartoitusohjelmisto ja ladataan pohjapiirustus sen sisään. Sitten kävellään esimerkiksi kannettavan työaseman kanssa ympäri rakennusta ja merkitään samalla ohjelmistoon mittauspisteet. Ohjelma laskee pisteiden välein arvioidut signaalivahvuudet ja värittää ne samalla karttaan. Passiivisessa kartassa mitataan ainoastaan tukiasemien kuuluvuus eri pisteissä, eli vastaanotetun signaalin voimakkuutta. Passiivisessa mittaamisessa ongelmana on, että siinä mitataan ainoastaan tukiaseman signaalin vastaanottamista. Yleensä tukiaseman lähetysteho on suurempi, kuin käyttäjän laite. Silloin yhteyden muodostamisesta ei saada välttämättä tarkinta mahdollista tietoa. (Riihikallio 2017.)

Aktiivisessa kuuluvuuskartoituksessa mittauslaite on kytketty verkkoon, jota mitataan. Kun mittauslaite on liitetty verkkoon, se ei reagoi muiden tukiasemien tai verkkojen signaaleihin. Niistä ei siten voi saada tietoa. Aktiivisella kartoituksella saadaan kuitenkin kartoitettua yhteyden laatu tukiasemaan. Tähän kuuluvat signaalin voimakkuus, tiedonsiirtonopeus ja virheiden määrä. Tässä kartoitustavassa nähdään myös, milloin laite vaihtaa tukisemalta toiselle. Ongelmana aktiivisessa kartoituksessa on, että samalla siinä mitataan myös mittauslaitetta. Kaikkien laitteiden radiot ja antennit ovat keskenään erilaisia, joten kalliilla kannettavalla työasemalla tehty mittaus voi tuottaa hyvin erilaiset tulokset verrattuna esimerkiksi halvan kännykän tuomaan kokemukseen. Aktiivinen kartoitus on siis hyvä tehdä huonommalla laitteella. Kuitenkin sellaisella, jota verkko tukee. (Riihikallio 2017.)

Häiriökartoituksessa mitataan WLAN-taajuuksilla olevia häiriöitä. Mittauksessa käytetään spektrianalysaattoria. Normaalisti WLAN-radiot pyrkivät saamaan selvää signaalista. Ne eivät yleensä kerro häiriöiden laadusta mitään. Häiriökartan mittaamiseen tarvitaan kuitenkin lisälaite, sillä spektrianalysaattorit eivät tulkitse signaalia. Ne mittaavat ainoastaan vastaanotetun radioenergian määrän rajatulla alueella. Häiriökarttaan piirtyy erilaiset häiriölähteet. Tällaisia voivat olla muun muassa erilaiset teollisuuskoneet, mikroaaltouunit, langattomat valvontakamerat ja Bluetooth-laitteet. Osa analysaattoreista pystyy kuitenkin tunnistamaan häiriöstä, minkä tyyppisestä häiriönlähteestä on kyse. (Riihikallio 2017.)

Ennakoiva kartoitus on menetelmä, jossa ennakoidaan rakennusvaiheessa, millainen rakennuksen langaton verkko lopulta tulee olemaan. Siinä otetaan huomioon esimerkiksi seinien ja välipohjien sijainnit, sekä niiden materiaalit. Eri materiaalit vaimentavat signaalia eri tavalla. Ohjelmistoon voidaan ladata rakennuksen CAD-suunitelmat, joista ohjelma osaa päätellä signaalien vaimennukset ja sen leviämisen eri osissa rakennusta. Ekahau Oy on suomalainen yritys, jota voi sanoa ennakoivien kartoitusohjelmien markkinajohtajaksi. (Riihikallio 2017.)

## 5 OPISTOTIEN KAMPUKSEN WLAN-VERKON KARTOITTAMINEN



WLAN-verkon kartoittaminen Opistotien kampuksella suoritettiin VisiWave Site Survey 5.0.3 Eval-ohjelmistolla. Kartoitusmenetelmänä käytetään passiivista mittausmenetelmää, jossa mittauslaite ei ole kytkettynä Savonian langattomiin verkkoihin. Ohjelmisto tunnistaa ne ilman verkkoa. Päädyin valitsemaan Visiwaven, koska se oli mielestäni paras vaihtoehto ilmaisohjelmistoista. Ekahau Heat Mapper oli myös harkinnassa, mutta Visiwavella saa tarkempia mittaustuloksia perustuen käyttäjien kokemuksiin ja omaan näkemykseen. VisiWave tarjoaa 30 päivän ilmaisen kokeiluversion, joka vastaa kuitenkin ammattimaista ohjelmistoa kartoituksen tekemisessä.

### 5.1 KARTOITUKSEN SUUNNITTELU

Suunnittelu aloitettiin rajaamalla alue, jossa kartoitus tehdään. Kartoitukseen kuuluu Opistotien Rakennukset A, B, C ja D. A-, B- ja C-osista tehdään mittaukset kerroksista 0-3 ja D-osassa mitataan 1.Kerros. Mittausohjelmistoksi valittiin jo työn alkuvaiheessa VisiWave Site Survey 5.0.3 Eval.

Mittauslaitteena toimi kannettava työasema, jonka sain lainattua työni ohjaajan kautta. Se on Dellin kevytkannettava, jossa on Windows 10 käyttöjärjestelmä. Tämä työasema on hyvin soveltuva kokonaisuus mittauksen tekemiseen. Lisäsin työasemalle erillisen admin-tunnuksen, jotta työskentely ilman Savonian verkkoa onnistuisi helpommin.

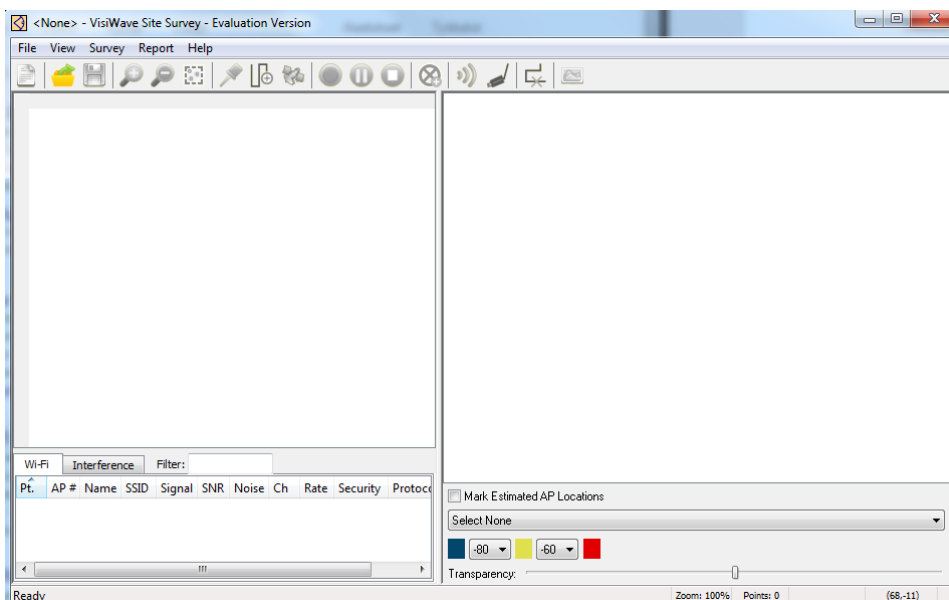
#### Device specifications

Device name	OPI-A1007-K01
Processor	Intel(R) Core(TM) i5-7300U CPU @ 2.60GHz 2.70 GHz
Installed RAM	8,00 GB (7,64 GB usable)
Device ID	
Product ID	
System type	64-bit operating system, x64-based processor

KUVA 5. Kartoituksessa käytetyn kannettavan työaseman tietoja. Työasemassa on Intel HD Graphics 620-näytönohjain

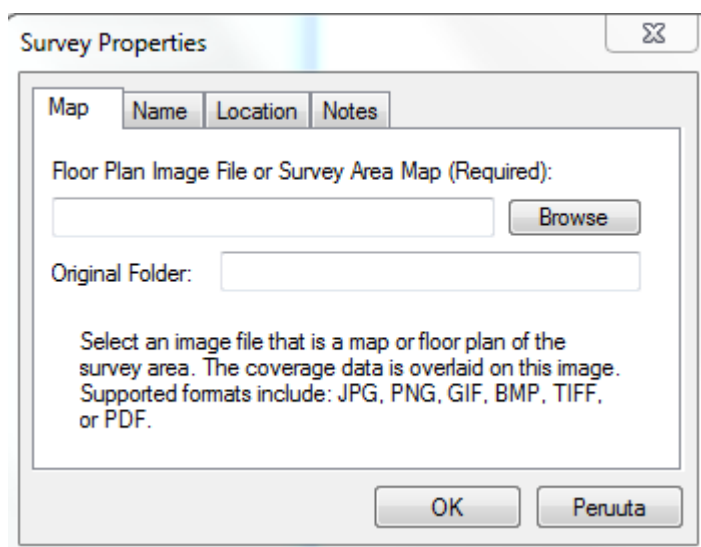
### 5.2 VISIWAVE SITE SURVEYN PASSIIVINEN MITTAUSTEKNIikka

Passiivinen kuuluvuusmittaus tehtynä VisiWave Site Surveyllä on melko yksinkertainen toimenpide. Ensin ladattiin ohjelmisto kannettavalle työasemalle, jonka jälkeen aloitettiin siihen perehtyminen. Ohjelman käynnistyttyä avautuu aluksi tyhjä näkymä. Tähän tulee asettaa pohjapiirustus JPGE- tai PNG-muodossa. Ohjelma ei hyväksynyt alkuperäisiä PDF-tiedostoja, joten kuvat pohjapiirustuksista täytyi muokata aluksi oikeaan muotoon.



KUVA 6. VisiWave Site Surveyn aloitusnäky

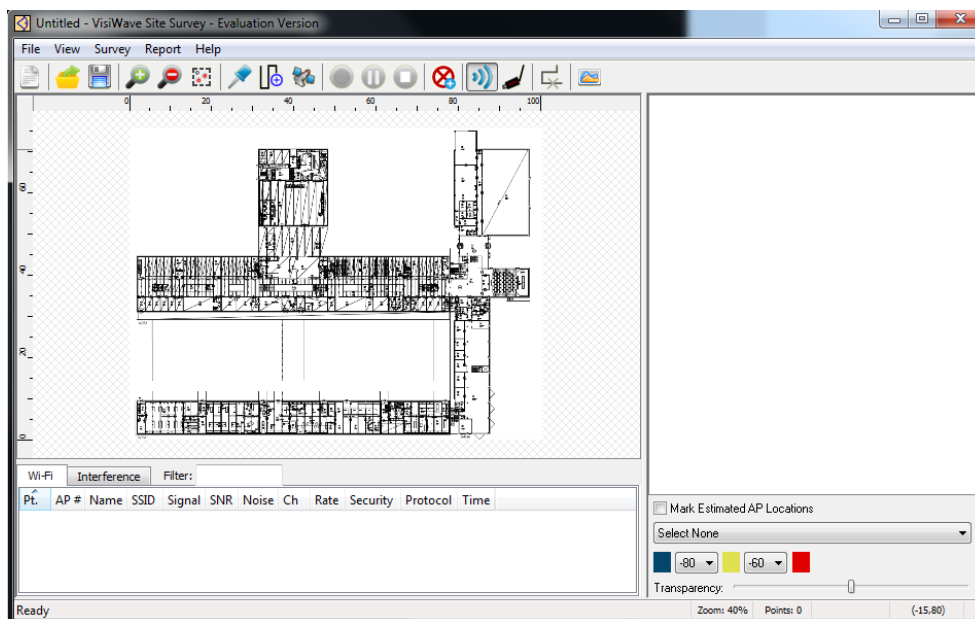
Kuvassa 6. näkyy vasemmassa yläkulmassa File, josta avautuu valikko. Valikon alta valitaan New, jonka jälkeen ohjelma pyytää pohjapiirustusta.



KUVA 7. Työasemalta etsitään oikea pohjapiirustus ja valitaan se painamalla OK

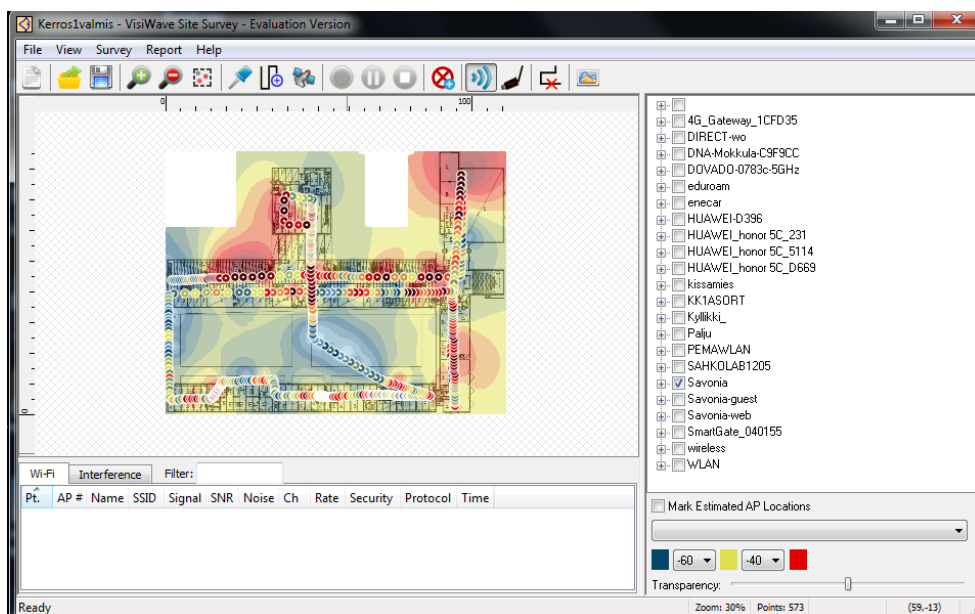
Ohjelma on tässä vaiheessa valmis aloittamaan datan keräämisen. Mittaajan tulee sijoittua aluksi oikeaan kohtaan kartalla, jonka jälkeen mittaus voi alkaa. Kuvassa 8. näkyy mittauksen aloitusnäky. Ikkunan yläpalkista tulee olla valittuna Collect Wi-Fi Signal data ja Continuous Capture mode. Hiirellä painetaan mittaajan sijainti, jonka jälkeen datan kerääminen alkaa.





KUVA 8. Mittaus on valmis aloitettavaksi

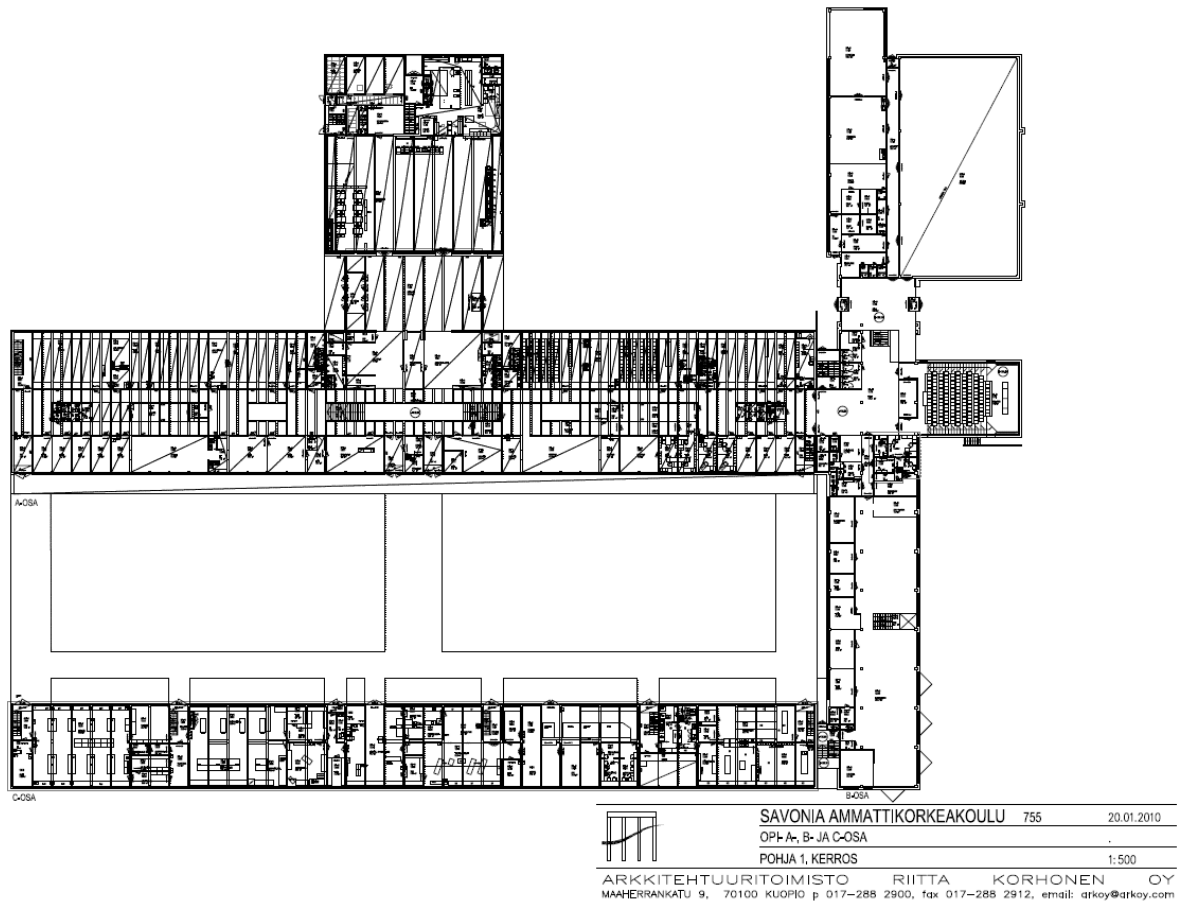
Mittauksen aikana oikeaan laitaan tulee näkyviin kaikki langattomat verkot, mitä ohjelma tunnistaa sen aikana. Kun mittaus on valmis, voidaan tarkastella minkä tahansa langattoman verkon kerättyä dataa kartoitusnäkyssä. Pistevana merkitsee kartassa reittiä, jota pitkin on kuljettu mittausta tehdessä. Tämä täytyy tehdä manuaalisesti, jos GPS Position Tracking Mode ei ole päällä. Kuvien epä-tarkan skaalautuvuuden vuoksi päätin käyttää toimintoa, jossa sijainti merkitään karttaan manuaalisesti.



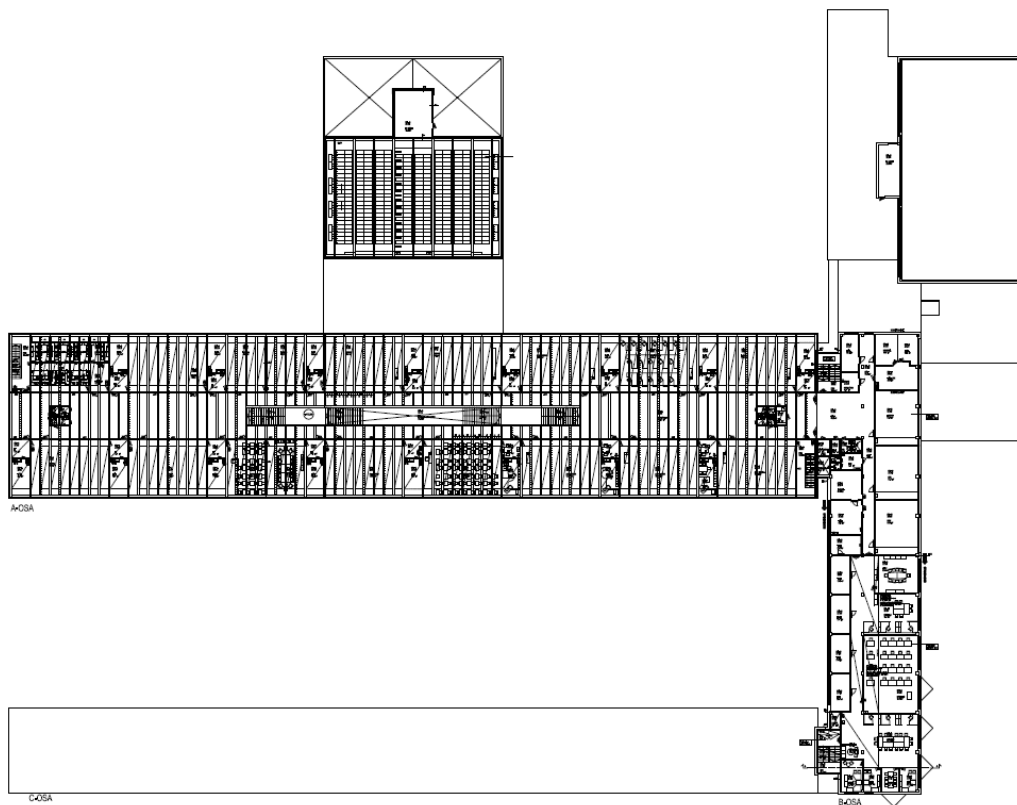
KUVA 9. Mittaus on suoritettu ja kuvan oikeassa reunassa näkyvät ohjelman tunnistamat langattomat verkot

### 5.3 OPISTOTIEN KAMPUKSEN POHJAPIIRUSTUKSET

Pohjapiirustukset sain työni ohjaajalta. Niistä voidaan hahmottaa helposti sijainti, missä päin rakennusta liikutaan. Piirustukset ovat vuodelta 2010 ja soveltuvat edelleen käytettäviksi kiitettävällä tasolla. Pieniä muutoksia on havaittavissa, mutta nämä eivät vaikuta mittaustuloksiin. Muutokset ovat lähinnä siirreltyjä laitteistoja ja huonekaluja, mitkä näkyvät kuvissa.



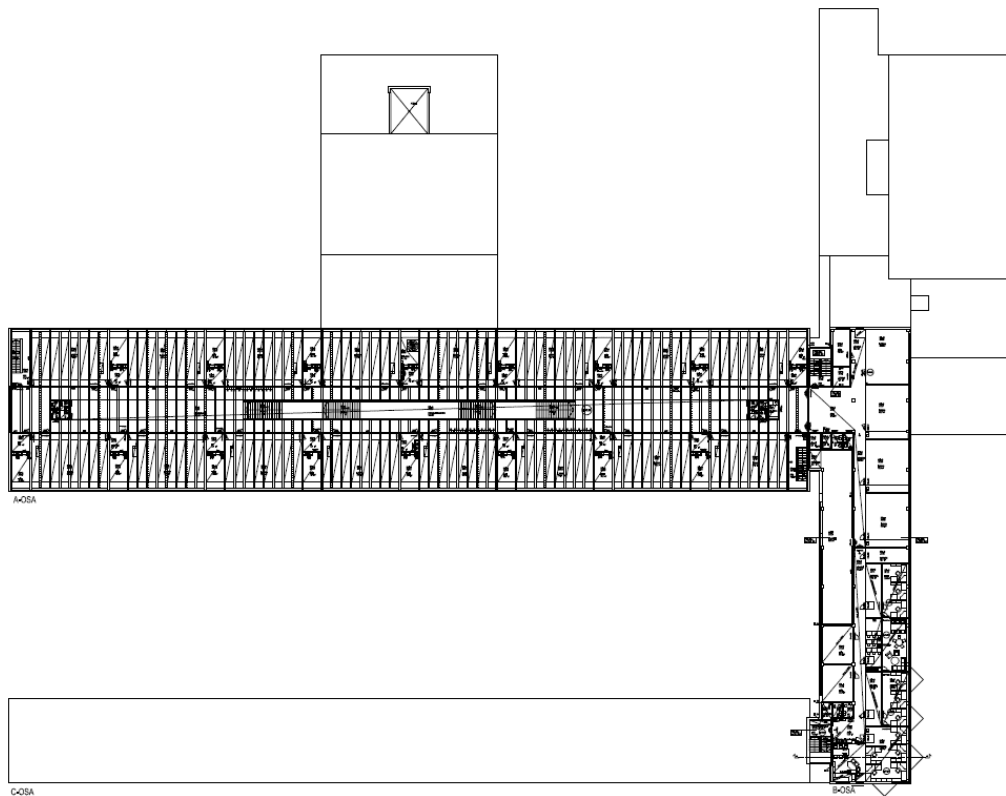
KUVA 10. OPI- A-, B- ja C-Osa 1.Kerros



SAVONIA AMMATTIKORKEAKOULU 755 20.01.2010  
 OPI-A, B- JA C-Osa  
 POHJA 2. KERROS 1:500

ARKKITEHTUURITOIMISTO RIITTA KORHONEN OY  
 MAHERRANKATU 9, 70100 KUOPIO p 017-288 2900, fax 017-288 2912, email: arkoy@arkoy.com

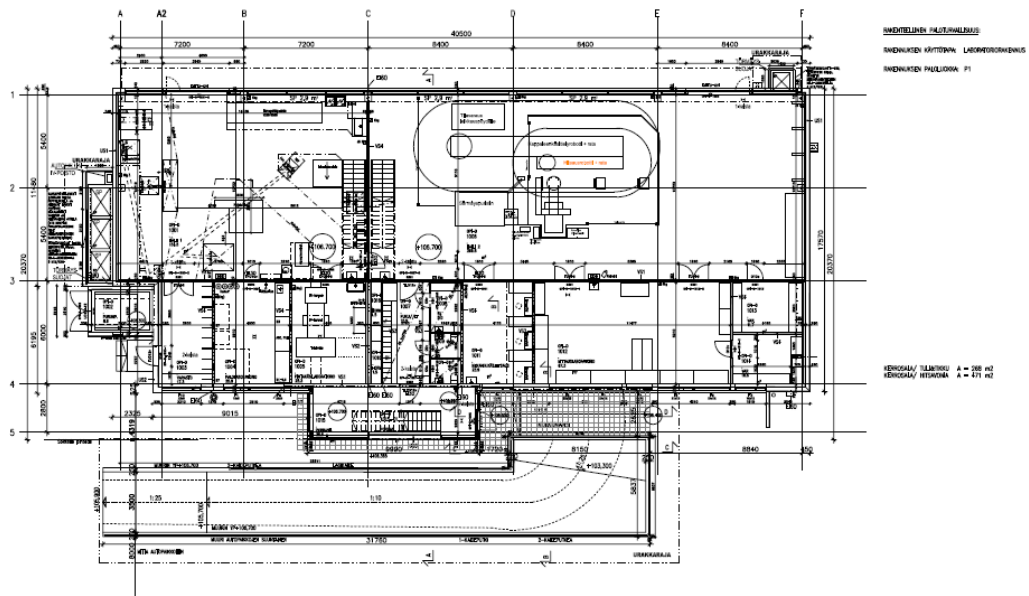
KUVA 11. OPI- A-, B- ja C-Osa 2.Kerros



SAVONIA AMMATTIKORKEAKOULU 755 20.01.2010  
 OPI-A, B- JA C-Osa  
 POHJA 3. KERROS 1:500

ARKKITEHTUURITOIMISTO RIITTA KORHONEN OY  
 MAHERRANKATU 9, 70100 KUOPIO p 017-288 2900, fax 017-288 2912, email: arkoy@arkoy.com

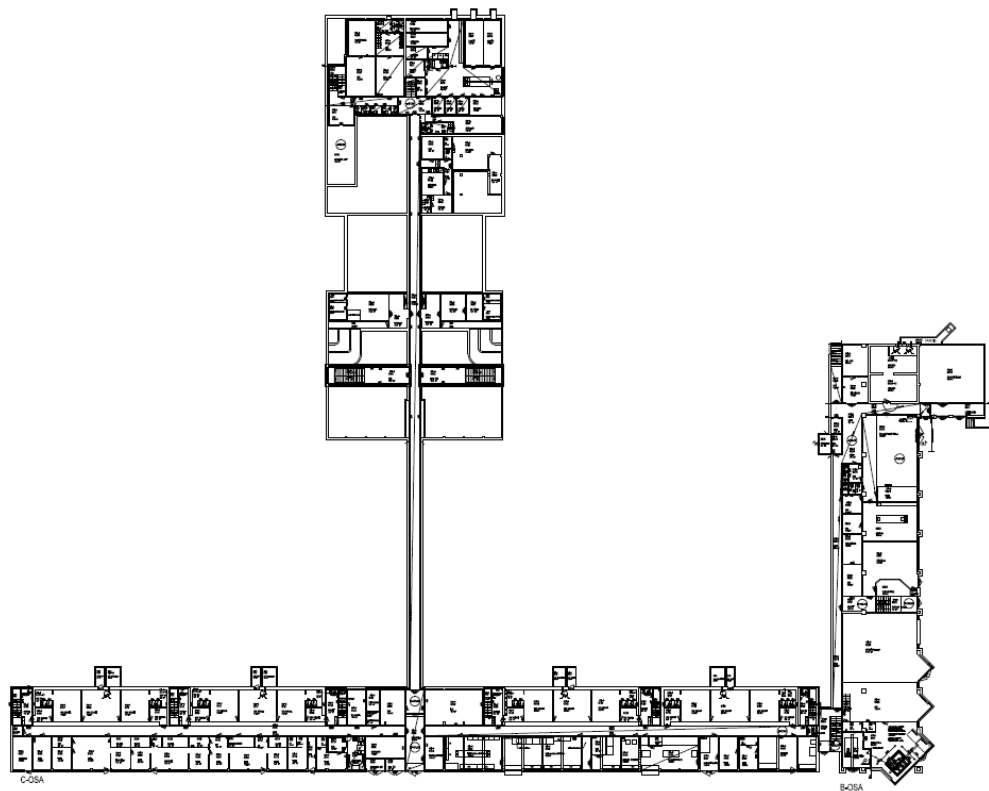
KUVA 12. OPI- A-, B- ja C-Osa 3.Kerros



SAVONIA-AMMATTIKORKEAKOULU 743 22.01.2010  
 OPH-D-OSA  
 POHJA 1, KERROS D-OSA 1:200

ARKKITEHTUURITOIMISTO RIITTA KORHONEN OY  
 MAAHERRANKATU 9, 70100 KUOPIO p 017-288 2900, fax 017-288 2912, email: arkoy@arkoy.com

KUVA 13. OPI-D-Osa 1.Kerros



SAVONIA AMMATTIKORKEAKOULU 755 20.01.2010  
 OPI- OPI-A-, OPI-B- JA OPI-C-OSA  
 POHJA 0, KERROS 1:500

ARKKITEHTUURITOIMISTO RIITTA KORHONEN OY  
 MAAHERRANKATU 9, 70100 KUOPIO p 017-288 2900, fax 017-288 2912, email: arkoy@arkoy.com

KUVA 14. OPI- A-, B- ja C-Osa 0.Kerros

## 5.4 KARTOITUKSEN TULOKSET

Kartoitus saatiin suoritettua jokaisessa mainitussa rakennuksen osassa. Passiivisissa kuuluvuuskar-toissa näkyy langattoman Savonia-verkon signaalin vahvuus. Pienet pisteet kuvissa ovat reittejä, joita pitkin käveltiin mittauslaitteen kanssa. Tulokset olivat lähes identtiset Savonia-web-verkossa. Ero on niin pieni, etten katsonut tärkeäksi laittaa molempia kuuluvuuskarttoja näkyviin. Kuuluvuus-kartoista huomaa, että signaalin voimakkuus on yleisesti ottaen hyvällä tasolla Opistotien kampuk-sella. Tämä on varmasti otettu huomioon langattoman verkon suunnittelussa. Mittauksessa käytetyn kannettavat työaseman tehot vaikuttavat myös mittaustuloksiin. Käytössäni oli kannettava työ-asema, jolla voidaan saada keskimääräistä paremmat mittaustulokset. Vanhemmalla ja hieman te-hottomammalla työasemalla mittaustulokset olisivat olleet luultavasti hieman huonommat.

OPI- A-, B- ja C-Osa 0.Kerroksen kuuluvuuskartassa huomaa selvästi vaikutuksen siihen, että nämä tilat ovat osittain maan alla. Paikoitellen kuuluvuus on vahvaa, mutta osittain hieman heikompaa. En päässyt tekemään tämän osan kartoitusta täysin, sillä ovet olivat lukittuina osassa tiloista. Kuitenkin kuuluvuus olisi tullut olemaan luultavasti samankaltaista kyseisessä kerroksessa. 0.Kerroksessa si-jaitsee KINRA:n tilat. En kuitenkaan usko, että näihin tiloihin on tarvetta lisätä langattomia tukiase-mia, sillä näissä tiloissa ei käytetä luultavasti niin paljoa langatonta kaistaa, kuin ylemmissä kerrok-sissa.

OPI- A-, B- ja C-Osa 1.Kerroksen kuuluvuus on yleisesti hyvä jokaisella alueella. Langattomien tuki-asemien lisääminen on toki mahdollista, mikäli huomataan, ettei kaistaa ole riittävästi käytettäväksi useammalle opiskelijalle paikoitellen. Kuvassa näkyy kulkureitti pihan poikki, missä kuuluvuus on heikkoa. Ohjelmisto on piirtänyt sen kuvaan vaalean sinisellä. Tämä on luonnollinen ilmiö, sillä tuki-asemia ei ole välittömässä läheisyydessä ja seinät estävät osittain kuuluvuutta kyseiselle alueelle.

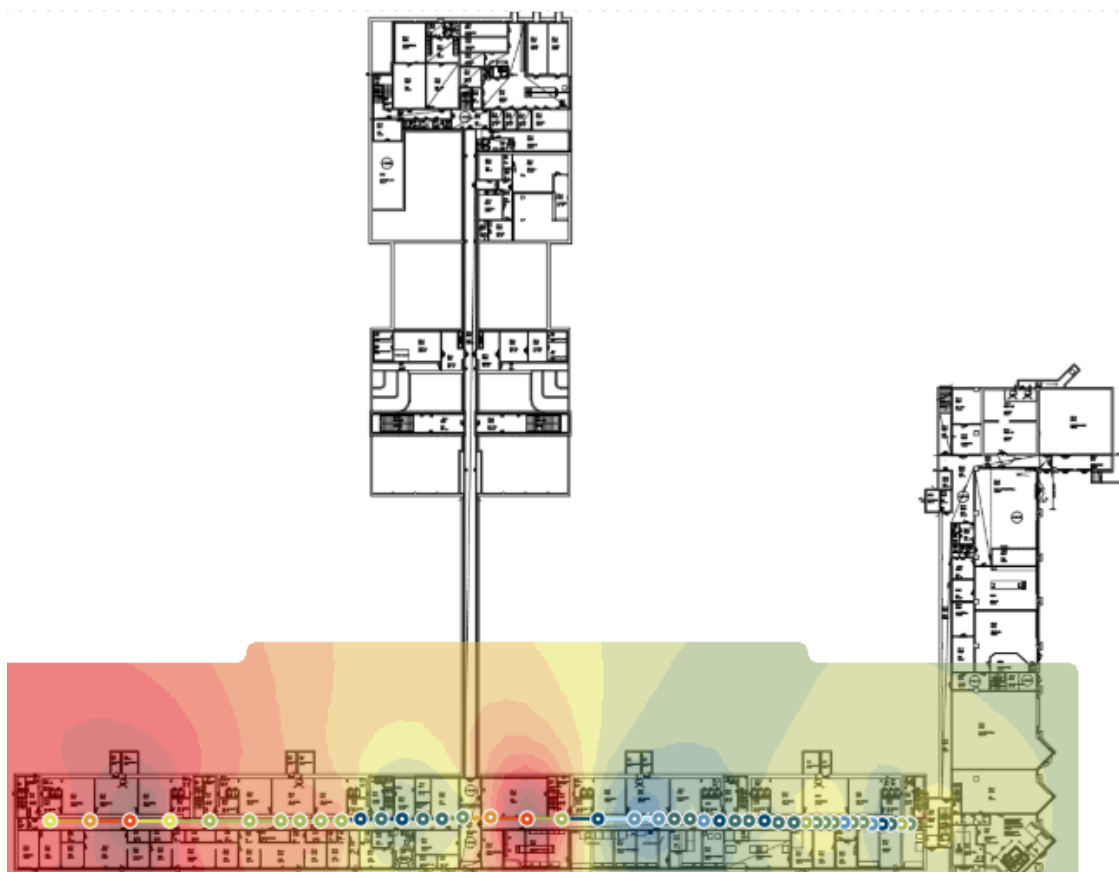
OPI- A-, B- ja C-Osa 2.Kerroksen kuuluvuus on erittäin hyvä. Ainoa huonompi kuuluvuusalue löytyy kuvan oikeasta yläkulmasta. Tämä ei ole kuitenkaan merkittävä alue.

OPI- A-, B- ja C-Osa 3.Kerroksen kuuluvuus on myös erittäin vahva. Ainoastaan kuvan oikeassa lai-dassa näkyy yksi alue, jossa kuuluvuus on jostain syystä huono. Tänne voisi tarpeen mukaan lisätä yhden langattoman tukiaseman, mikäli huomataan, että kyseessä on ongelmallinen alue.

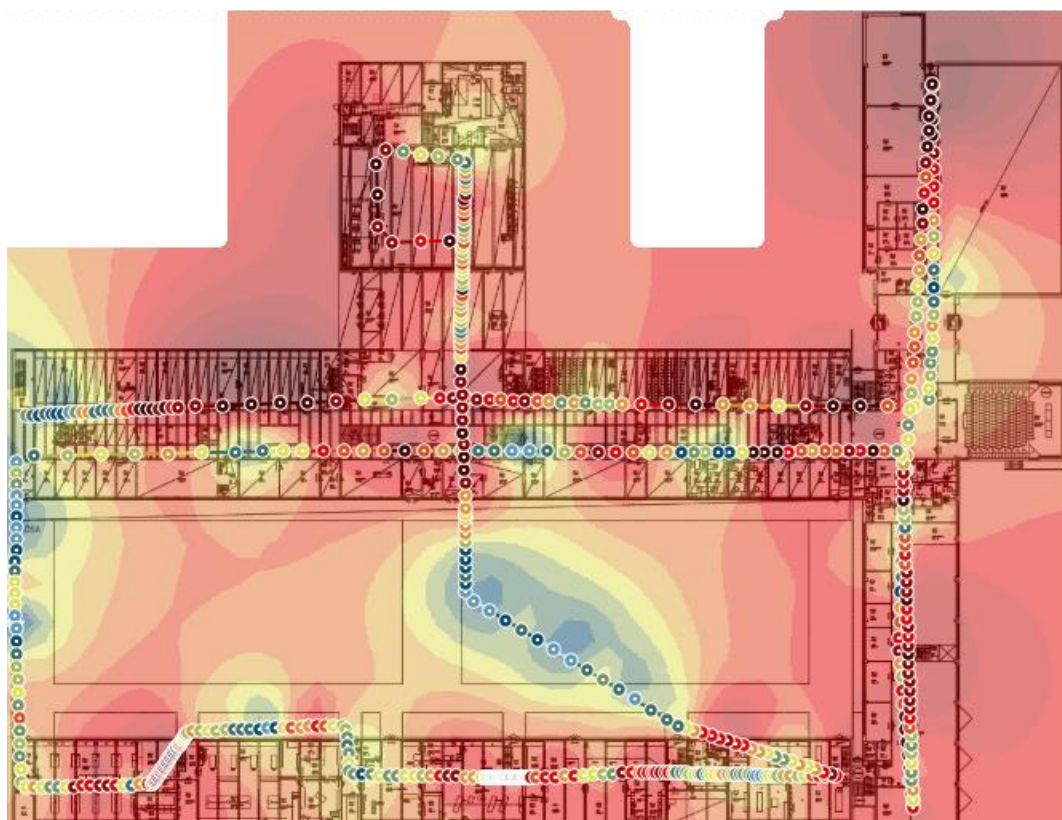
OPI-D-Osa 1.Kerroksen kartoitus suoritettiin ainoastaan ulkopuolelta. Ovet olivat lukittuina, enkä löytänyt ketään avaamaan ovia kyseisiin tiloihin. Kuitenkin siitä huolimatta, vaikka mittauksessa oli seinät välissä saatiin luotettava tulos aikaiseksi. D-Osasta saatiin mitattua vanha kuuluvuus myös sen ulkopuolelta. Kyseessä on sellaiset työtilat, joissa ei välttämättä tarvita niin paljon kaistaa, kuin A-, B- ja C-Osissa.



KUVA 11. Signaalin voimakkuus (dBm) väreittäin VisiWave Site Surveyssä. Vaalean sininen on erit-täin heikko signaali ja punainen on todella vahva signaali (VisiWave 2018.)

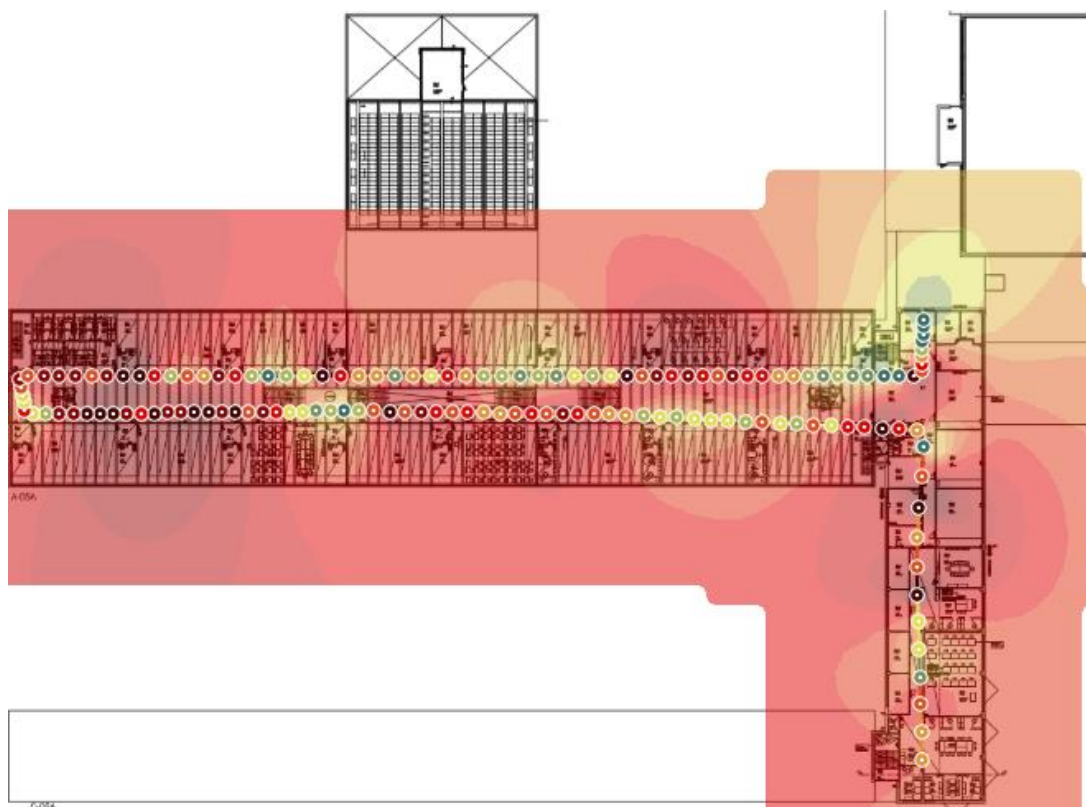


KUVA 11. Kartoitus OPI- A-, B- ja C-Osa 0.Kerros

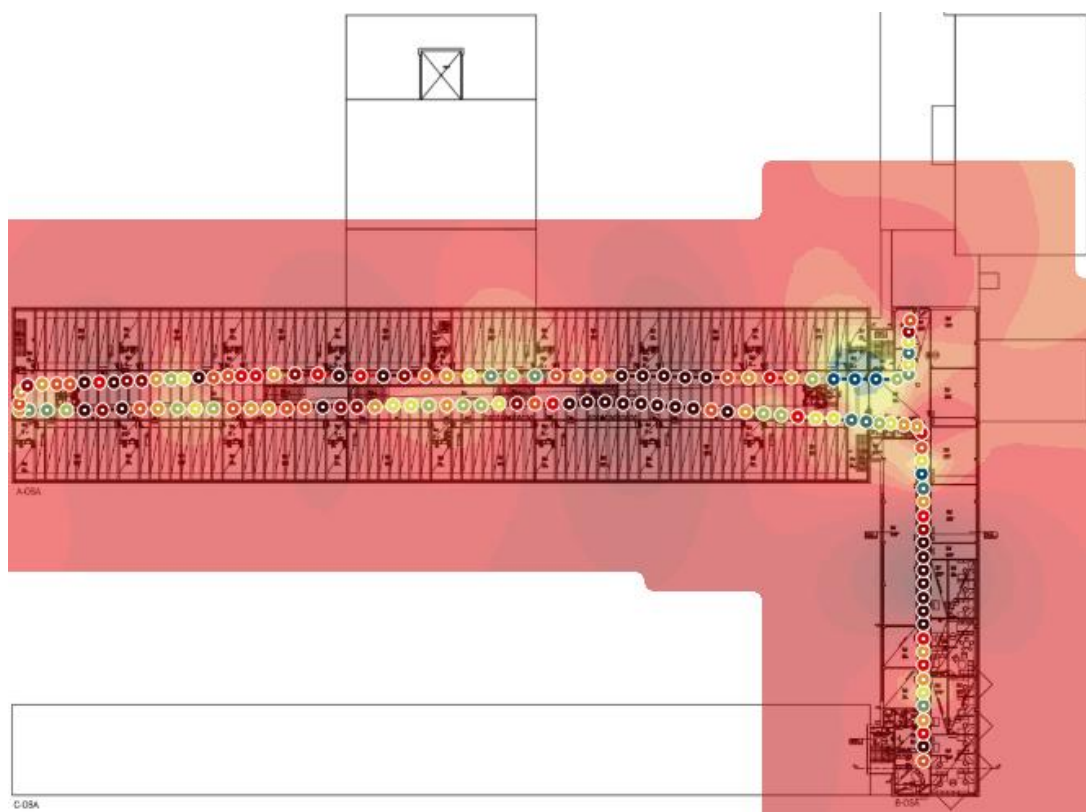


KUVA 12. Kartoitus OPI- A-, B- ja C-Osa 1.Kerros

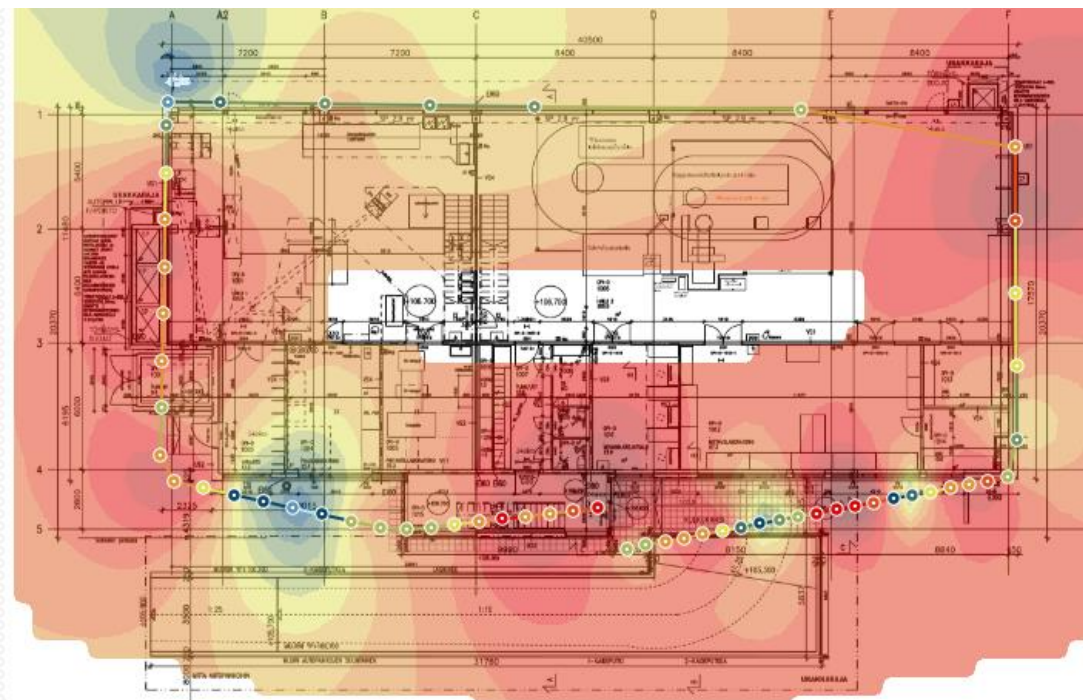




KUVA 13. Kartoitus OPI- A-, B- ja C-Osa 2.Kerros



KUVA 14. Kartoitus OPI- A-, B- ja C-Osa 3.Kerros



KUVA 15. Kartoitus OPI-D-Osa 1.Kerros

## 6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön aihe oli alusta alkaen mielenkiintoinen. WLAN-verkot ovat aina kiinnostaneet minua ja voisin kuvitella työskenteleväni niiden parissa myös tulevaisuudessa. Tehdessäni tätä opinnäytetyötä opin paljon uutta tietoa langattoman lähiverkon toimintaan liittyen syvemmällä tasolla. Työn aikana tutuksi tulivat muun muassa WLAN-standardit, radiotekniikka, WLAN-salausprotokollat ja erilaiset langattoman verkon kartoitusmenetelmät. Tiedon haku oli kohtalaisen helppoa alusta alkaen ja sitä löytyi Internettiä selaamalla suhteellisen paljon. Kirjallisuutta koulun kirjastosta ja Kuopion Kautungin kirjastosta aiheeseen liittyen ei ollut kovinkaan paljoa saatavilla. Tiedonhakutaidot kehittyivät myös opinnäytetyötä tehdessä. On pystyttävä vertailemaan saman aiheen eri lähteitä ja valitsemaan niistä parhaat vaihtoehdot.

Tavoitteena opinnäytetyössä oli tutkia Savonia-ammattikorkeakoulun Opistotien kampuksen WLAN-verkkoa ja tehdä siitä kartoitus pohjapiirustuksia hyväksi käyttäen. Kartoituksen lisäksi voitiin ehdottaa lisättäviä langattomia tukiasemia kampuksen tiloihin. Kartoitus onnistui kiitettävästi. Muutamien osien tiloista jäi mittaamatta pieni osa, mutta näiden tulokset on pääteltävissä.

Opinnäytetyöprosessi oli mielenkiintoinen kokemus kaikilta osin. Siinä piti opetella ja perehtyä itse tietoihin kyseisestä aihepiiristä. Tiedonhaku ja sen soveltaminen olivat alusta alkaen tärkeässä osassa opinnäytetyötä. Mielenkiintoisinta opinnäytetyössä oli kartoitusohjelmiston valitseminen ja opetteleminen. Muutaman tunnin perehtymisellä valitsemani ohjelmistoa oli suhteellisen helppo käyttää, sillä tietotekninen osaaminen tässä vaiheessa opintoja ovat jo kiitettävällä tasolla.



## LÄHTEET

- Cisco Systems, inc. 2008. Wi-Fi Protected Access (WPA) in a Cisco Unified Wireless Network Configuration Example. [verkkoaineisto]. [Viitattu 2018-3-10.] Saatavissa: <https://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/wireless/4400-series-wireless-lan-controllers/100708-wpa-uwn-config.html?dtid=osscdc000283>
- Cisco Systems, inc. 2007. Wired Equivalent Privacy (WEP) on Aironet Access Points and Bridges Configuration Example. [verkkoaineisto]. [Viitattu 2018-3-5.] Saatavissa: <https://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/wireless-mobility/wireless-lan-wlan/10953-conf-wep.html>
- COLEMAN, D. WESTCOTT, D. 2009. CWNA®: Certified Wireless Network Administrator Official Study Guide. [verkkoaineisto]. [Viitattu 2018-2-20.] Saatavissa: [http://my.safaribooksonline.com/book/certification/cwna/9780470438909/radio-frequency-fundamentals/radio\\_frequency\\_behaviors](http://my.safaribooksonline.com/book/certification/cwna/9780470438909/radio-frequency-fundamentals/radio_frequency_behaviors)
- GENWAVE. Enterprise Wi-Fi – Everyone Deserves Great Wireless. [verkkoaineisto]. [Viitattu 2018-2-1] Saatavissa: <http://genwave.com/wireless-lan-wlan/>
- MIND COMMERCE. WLAN 2012: Wireless Local Area Network Market Study & Business. [verkkoaineisto]. [Viitattu 2018-2-3.] Saatavissa: <http://web.b.ebscohost.com.ezproxy.savonia.fi/ehost/detail/detail?vid=0&sid=2db92515-2c81-4882-8f8c-358f816d42d6%40session-mgr104&bdata=Jmxhbmc9Zmkmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#db=nlebk&AN=491211>
- OFFICIAL IEEE 802.11. WORKING GROUP PROJECT TIMELINES – 2018-03-. [verkkoaineisto]. [Viitattu 2018-2-5.] Saatavissa: [http://grouper.ieee.org/groups/802/11/Reports/802.11\\_Timelines.htm](http://grouper.ieee.org/groups/802/11/Reports/802.11_Timelines.htm)
- PUSKA, Matti. 2005. Langattomat lähiverkot. Helsinki: Talentum.
- RIIHIKALLIO, Petri. 2017. WLAN-luuluvuuskartoitus. [verkkoaineisto]. [Viitattu 2018-3-20.] Saatavissa: <https://metis.fi/fi/2017/09/kartat/>
- SIISKONEN, Mika. 2017. Kirjautumishje Savonian verkkoon. [verkkoaineisto]. [Viitattu 2018-3-15.] Saatavissa: [https://reppu.savonia.fi/opiskelu/IT\\_palvelut/kirjautumishje\\_Savonian\\_verkkoon/Sivut/default.aspx](https://reppu.savonia.fi/opiskelu/IT_palvelut/kirjautumishje_Savonian_verkkoon/Sivut/default.aspx)
- THE ELECTROMAGNETIC SPECTRUM. [verkkoaineisto]. [Viitattu 2018-2-15.] Saatavissa: [http://myNASAdata.larc.nasa.gov/images/EM\\_Spectrum3-new.jpg](http://myNASAdata.larc.nasa.gov/images/EM_Spectrum3-new.jpg)
- Viestintävirasto. 2008. Langattomasti, mutta turvallisesti – Langattomien lähiverkkojen tietoturvasuudesta. [verkkoaineisto]. [Viitattu 2018-2-25.] Saatavissa: [https://www.viestintavirasto.fi/attachments/cert/certtiedostot/Langattomasti\\_mutta\\_turvallisesti.\\_Langattomien\\_lahiverkkojen\\_tietoturvasuudesta.pdf](https://www.viestintavirasto.fi/attachments/cert/certtiedostot/Langattomasti_mutta_turvallisesti._Langattomien_lahiverkkojen_tietoturvasuudesta.pdf)
- VISIWAVE. [verkkoaineisto]. [Viitattu 2018-2-1.] Saatavissa: <http://www.visiwave.com/>

VISIWAVE. [verkkoaineisto]. [Viitattu 2018-3-25.] Saatavissa: <http://www.visiwave.com/wifi/images/wifi-survey-data-collection.png>