

# ASIAKKAAN PILVIHALLITTAVAN VERKKOINFRASTRUKTUURIN UU- SINTA JA PALVELUKEHITYS

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Tietotekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Mikko Kumpulainen	
Työn nimi Asiakkaan pilvihallittavan verkkoinfrastruktuurin uusinta ja palvelukehitys	
Päiväys 28.01.2024	Sivumäärä/Liitteet 28/0
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Enfo Oyj	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia ja tukea toimeksiantajan asiakasprojektia, jossa pääasiallisesti tehtiin elinkaarivaihdot Cisco Meraki -pilvihallittaville verkkolaitteille asiakkaan eri toimipisteisiin.</p> <p>Verkkolaitteiden elinkaarivaihdossa vanhat, elinkaarensa päähän tulevat laitteet vaihdetaan uusiin vastaaviin laitteisiin. Kun laitteen elinkaari saavuttaa loppunsa sille ei enää saa laitevalmistajalta teknistä tukea eikä laitteelle saa enää päivityksiä, jotka voivat johtaa tietoturvapoikkeamiin. Toimipisteiden dokumentaatioiden päivittäminen ajan tasalle oli myös olennainen osa projektia.</p> <p>Työn lopputuloksena asiakkaan vanhat kytkimet ja langattomat tukiasemat saatiin vaihdettua uusiin vastaaviin malleihin ja projektiin liittyvien toimipisteiden dokumentaatiot saatiin päivitettyä vastaamaan laitteiden vaihdon jälkeisiä asennuksia.</p>	
Avainsanat LAN, WLAN, Cisco Meraki, pilvihallittava verkko	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Information Technology	
Author(s) Mikko Kumpulainen	
Title of Thesis Upgrade and Service Development of the Client's Cloud Managed Network Infrastructure	
Date 28 January 2024	Pages/Appendices 28/0
Client Organisation /Partners Enfo Oyj	
<p>Abstract</p> <p>The goal of this thesis was to research and support the Enfo Oyj 's client project in which the goal was to do lifecycle replacements for the Cisco Meraki cloud managed devices in the client's different offices.</p> <p>In lifecycle replacements the old devices which are reaching their end-of-life date will be replaced with new equivalent devices. When the device reaches its end-of-life date it will no longer receive technical support nor software updates from the manufacturer, which can lead to network security incidents. Updating the documentation of the offices was also an essential part of this project.</p> <p>The outcome of the thesis was that the old switches and wireless access points of the client were changed into new equivalent models and the documentation related to the offices on the project were all updated.</p>	
<p>Keywords</p> <p>LAN, WLAN, Cisco Meraki, cloud managed network</p>	

## ESIPUHE

Haluan kiittää Enfo Oyj:tä tilaisuudesta tehdä tämä opinnäytetyö heille ja eritoten kiitän koko verkotiimin sekä nykyisiä, että jo lähteneitä henkilöitä. Heiltä olen oppinut paljon asioita, joita tämänkin työn aikana olen tehnyt. Suuret kiitokset myös Savonian tietoverkkopuolen opettajalle Veijo Pitkäselle hyvästä ja asiantuntevasta opetuksesta.

## Sanasto

LAN – Local Area Network, Lähiverkko.

WLAN – Wireless Area Network, Langaton lähiverkko.

Kytkin – Verkkolaite, joka välittää liikennettä.

Langaton tukiasema – Verkkolaite, jonka kautta langattomat laitteet voi yhdistää verkkoon.

PoE – Power over Ethernet, teknologia, jonka avulla virta saadaan saman ethernet kaapelin kautta vietyä laitteelle.

GbE – Gigabit Ethernet, tämä Ethernet portti on kykeneväinen gigabitti per sekunnissa tiedonsiirtonopeuteen.

SFP – Small Form-factor Pluggable, pieniä moduuleita, jotka kytketään verkkolaitteen SFP-porttiin. Näitä moduuleita on saatavana sekä Ethernet, että valokuituliitännöillä.

VLAN – Virtual LAN, tekniikka kytkimillä ja reitittimillä, jolla voidaan pilkkoa yhden laitteen lähiverkko useisiin eri lähiverkkoihin.

CLI – Command Line Interface, laitteen tekstipohjainen käyttöliittymä, jossa kaikki muutokset ja asetukset tehdään pelkästään näppäimistöllä kirjoittamalla komentoja.

WPA – Wi-fi Protected Access, langattomien verkkojen salausprotokolla

TWT – Target Wake Time, Wifi6 ominaisuus, jolla voidaan säätää milloin langatonta verkkoa käyttävät laitteet, sekä tukiasemat keskustelevat keskenään

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	8
2	CISCO MERAKI JA PILVIHALLITTAVAT VERKOT .....	9
2.1	Mikä on Cisco Meraki.....	9
2.2	Cisco Meraki tuoteperhe .....	9
2.2.1	MS-sarja .....	9
2.2.2	MR-sarja .....	11
2.3	Meraki-laitteiden lisenssit.....	12
2.4	Meraki Dashboard .....	13
2.4.1	Kytkinten hallinta ja asetukset .....	14
2.4.2	Tukiasemien hallinta ja asetukset .....	17
2.5	Cisco Meraki kyberturvallisuus .....	20
3	EKAHAU JA WLAN KUULUVUUDEN SUUNNITTELU .....	21
3.1	Mikä on Ekahau .....	21
3.2	Ekahau AI Pro.....	21
3.2.1	Miksi WLAN kuuluvuutta mitataan.....	21
3.2.2	Esimerkki WLAN kuuluvuuden mittaamisesta .....	22
3.3	Langattomien tukiasemien asennuskohdan tärkeys .....	23
4	LAITTEIDEN VAIHDOT JA NIIDEN DOKUMENTOINTI.....	25
4.1	Laitteiden vaihto .....	25
4.1.1	Esivalmistelut ennen varsinaista vaihtoa.....	25
4.1.2	Laitteiden vaihtaminen asiakkaan toimipisteellä .....	25
4.2	Laitteiden vaihtojen dokumentointi .....	26
4.2.1	Verkkokuvat .....	26
5	YHTEENVETO.....	27
	LÄHTEET .....	28

## KUVALUETTELO

KUVA 1. Meraki MS-sarjan kytkimiä. Päälimmäisenä MS120-8LP, keskellä MS120-24P ja alimpana MS210-48P (Kumpulainen, 2023) .....	9
KUVA 2. Cisco Meraki Merkkinen PoE-injektori (Kumpulainen, 2023).....	10
KUVA 3. Meraki MR-sarjan langattomia tukiasemia. Ylhäällä vasemmalla MR33, oikealla MR42 ja alla MR36 (Kumpulainen, 2023) .....	11
KUVA 4. MA-ANT-3-E6 -antenni Meraki MR46E tukiasemalle (Cisco Meraki julkaisuaika tuntematon) .....	12
KUVA 5. Meraki Dashboardin näkymä, kun tietty asiakkuus on valittu (Kumpulainen, 2023) .....	13
KUVA 6. Meraki-laitteiden lisääminen Meraki Dashboardiin onnistuu Inventory-välilehden alta (Kumpulainen, 2023) .....	14
KUVA 7. Näkymä kytkimestä Meraki Dashboardissa (Kumpulainen, 2023) .....	15
KUVA 8. Kytkinportin konfiguraatioita (Kumpulainen, 2023) .....	16
KUVA 9. Meraki-kytkinten konfiguraatioiden muuttaminen käy helposti graafisen käyttöliittymän ansiosta (Kumpulainen, 2023) .....	16
KUVA 10. Kuvakaappaus HP-merkkisen kytkimen kytkinportin VLAN konfiguraatiosta (Kumpulainen, 2023) .....	17
KUVA 11. Listaus valitun toimipisteen tukiasemista (Kumpulainen, 2023) .....	17
KUVA 12. Meraki-tukiaseman tarkempia tietoja (Kumpulainen, 2024) .....	18
KUVA 13. Langattoman verkon kokonaisvaltainen tila (Kumpulainen, 2023) .....	18
KUVA 14. Langattomassa verkossa tapahtuneita yhteysongelmia käyttäjittäin ja tukiasemittain (Kumpulainen, 2023) .....	19
KUVA 15.S Merakin yhteyslokeista näkee helposti esimerkiksi, jos käyttäjä on antanut salasanan väärin yhdistäessään langattomaan verkkoon (Kumpulainen, 2023) .....	19
KUVA 16. Esimerkki WLAN-kuuluvuusmittauksessa käytetyt verkon vaatimukset (Kumpulainen, 2024) .....	21
KUVA 17. WLAN-kuuluvuus mittauksessa käytetyn pohjapiirroksen skaalaus oven mitan mukaan (Kumpulainen, 2024) .....	22
KUVA 18. Pohjapiirroksen lisätty seinille ja ikkunoille materiaalit, jolloin ohjelma osaa laskea niiden vaimentavuuden (Kumpulainen, 2024) .....	22
KUVA 19. Valmis WLAN-kuuluvuuden mittausta (Kumpulainen, 2024) .....	23
KUVA 20. Tyypillinen testi Cisco Meraki toteutus. (Kumpulainen, 2023) .....	25
KUVA 21. Microsoft Visiolla tehty L2-tason verkkokuva (Kumpulainen, 2023) .....	26

## 1 JOHDANTO

Tämän työn tarkoituksena on olla tukena asiakkaan Cisco Meraki -elinkaarivaihtoprojektissa. Projektin aikana asiakkaan kaikki elinkaarensa loppuun tulevat Meraki-laitteet vaihdetaan uusiin vastaaviin malleihin, samalla toimipisteiden verkkolaitteiden käyttöastetta on tutkittu ja hankittu mahdollisesti pienempiä laitteita täten leikaten asiakkaan kustannuksia.

Työni on jaettu kolmeen osaan, aluksi tarkastellaan Cisco Merakia, heidän pilvihallittavista verkkolaitteistaan ja näiden verkkolaitteiden hallinnasta. Toinen osa kertoo Ekahausta ja WLAN-kuuluvuuden suunnittelusta ja siihen vaikuttavista asioista. Kolmannessa osassa kerrotaan käytännön asioista eli itse verkkolaitteiden vaihdoista ja mitä kaikkea huomioitavaa niihin liittyy. Kolmannessa osassa kerrotaan myös dokumentoinnista tähän projektiin liittyen.

Työn lopussa on yhteenveto, jossa käydään lyhyesti läpi mitä projektissa tehtiin, minkälainen lopputulos oli ja pohdittiin mahdollisia jatkokehitys ideoita asiakkaalle.



## 2 CISCO MERAKI JA PILVIHALLITTAVAT VERKOT

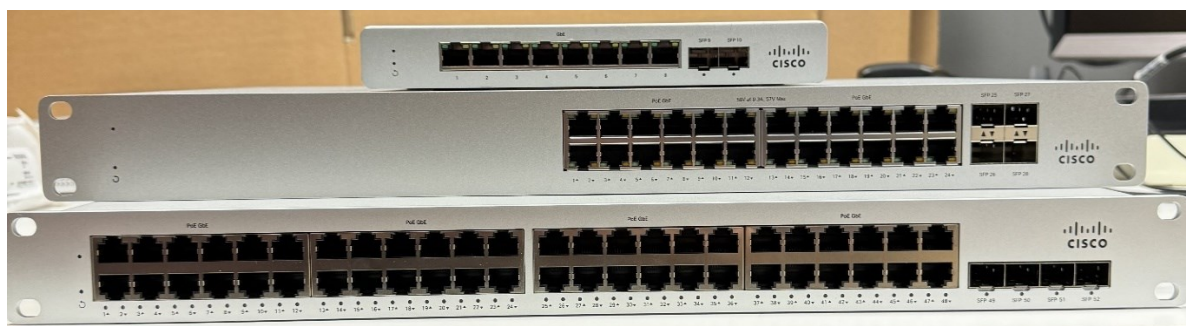
### 2.1 Mikä on Cisco Meraki

Cisco Meraki on yhdysvaltalainen pilvihallittaviin verkkolaitteisiin keskittynyt yhtiö, joka sai alkunsa vuonna 2006 Sanjit Biswasin, John Pickettin sekä Hans Robertsonin niin kutsutusta ”Roofnet”-projektista Massachusettsin teknillisessä korkeakoulussa (MIT). Merakin pääideana oli yhdistää saatavuus ja käytettävyys samalla leikaten kuluja. Alkuun Meraki ei ollut Ciscon alainen mutta vuonna 2012 Cisco näki Merakin potentiaalin langattomien verkkojen kehityksessä ja päätti ostaa heidät. Tälläkin hetkellä Cisco Meraki on yksi maailman johtavista pilvihallittavien verkkolaitteiden kehittäjistä (Abhishek Khatri 2016.).

### 2.2 Cisco Meraki tuoteperhe

Cisco Meraki -tuoteperheeseen kuuluu pääasiallisesti MX-sarjan reitittävät tietoturvalaitteet, MS-sarjan verkkokytkimet sekä MR-sarjan langattomat tukiasemat. Edellä mainittujen verkkolaitteiden lisäksi Meraki on tuottanut myös erilaisia älykameran ja sensoreita, jotka ovat myös suoraan hallittavissa Cisco Meraki Dashboardilta, samoin kuin Merakin verkkolaitteet. Käymme tässä työssä lyhyesti läpi MS-sarjan kytkimiä ja MR-sarjan langattomia tukiasemia. Jätämme MX-sarjan käymättä, sillä se ei ole relevantti tämän projektin kannalta.

#### 2.2.1 MS-sarja



KUVA 1. Meraki MS-sarjan kytkimiä. Päällimmäisenä MS120-8LP, keskellä MS120-24P ja alimpana MS210-48P (Kumpulainen, 2023)

Cisco Meraki MS-kytkinperhe pitää sisällään tätä nykyä 100, 200, 300, 400 ja Catalyst Meraki C9300-sarjan kytkimet. Kytkinmallien jälkeinen numero kertoo aina kytkinporttien määrän, Meraki-kytkimiä on saatavilla 8-, 24- ja 48-Ethernet porttisina. 8-porttisissa kytkimissä on myös 2 SFP-porttia, 24- ja 48-porttisissa on 4 SFP-porttia.

Kytkeinporttien kertovan luvun perässä on myös merkintä P, LP tai FP. Nämä kertovat siitä, että kytkin on varustettu Power-over-Ethernet (PoE) porteilla. PoE-porttien avulla voidaan mahdollistaa virransyöttö saman Ethernet-kaapelin kautta, josta myös tietoliikenne kulkee laitteelle, jolloin saadaan karsittua pois PoE-injektorien käyttöä. PoE-injektorien käyttöä kannattaa yleensä välttää, jos verkko-topologiassa on useita laitteita, joille on mahdollista syöttää virta suoraan kytkimen PoE-portista. Injektorien käyttö lisää mahdollisten tietoliikennevikojen ilmaantuvuutta, koska silloin kytkimen ja

virtaa tarvitsevan laitteen välissä on yksi laite lisää, joka voi yhtä hyvin vikaantua, kuin mikä tahansa muukin laite.

PoE-injektorit ovat pieniä laitteita, joilla voidaan mahdollistaa virransyöttö esimerkiksi langattomalle tukiasemalle, jos kytkimeltä puuttuu virtaa syöttävät Ethernet portit. PoE-injektoreissa on kaksi Ethernet-porttia: Data In ja Data & Power Out. Tietoliikennettä lähettävä laite, kuten kytkin liitetään injektorin Data In -porttiin, Data & Power Out -porttiin kytketään laite, jolle halutaan syöttää tietoliikenne sekä virta. Injektorissa on lisäksi paikka virtajohdolle.



KUVA 2. Cisco Meraki Merkkinen PoE-injektori (Kumpulainen, 2023)

Tämän projektin aikana vaihdettavat kytkimet ovat MS200-sarjan vanhaa 220-mallia, joka on poistunut myynnistä vuonna 2017, MS220-mallin tuotetuki tulee loppumaan vuoden 2024 heinäkuun loppuun mennessä. Meraki on ilmoittanut MS220-sarjan myynnin päättymisilmoituksessaan myös kytkinmallit, jotka tulevat korvaamaan nämä myynnistä poistuneet mallit, korvaavat kytkimet ovat MS120-sarjasta (Cisco Meraki julkaisuaika tuntematon).

TAULUKKO 1. MS220- ja MS120-mallien eroavaisuuksia

Malli	Portit	Idle / Full Load Power	Kytkeä kapasiteetti	PoE Kyvykkyys
MS220-24	24 x 1GbE RJ45 4 x 1GbE SFP	9 / 19 W	48 Gbps	-
MS120-24	24 x 1GbE RJ45 4 x 1GbE SFP	8 / 18 W	56 Gbps	-
MS220-24P	24 x 1GbE RJ45 4 x 1GbE SFP	30 / 447 W	48 Gbps	370 W
MS120-24P	24 x 1GbE RJ45 4 x 1GbE SFP	28 / 425 W	56 Gbps	370 W

Kuten taulukosta näemme MS220- ja MS120-kytkinmallien välillä ei ole suuria muutoksia, ainoat erot teknisesti ovat virrankulutuksessa ja kokonaiskytkentäkapasiteetissa, jotka ovat uudemmassa 120-sarjassa hieman suuremmat. 120-sarja on hieman energiatehokkaampi ja mahdollistaa nopeamman kapasiteetin.

### 2.2.2 MR-sarja



KUVA 3. Meraki MR-sarjan langattomia tukiasemia. Ylhäällä vasemmalla MR33, oikealla MR42 ja alla MR36 (Kumpulainen, 2023)

Tämän projektin aikana vanhat myynnistä poistuneet Meraki MR32 -tukiasemat vaihtuvat uudempiin MR36- ja MR46E-tukiasema malleihin. Parhaillaan käytössä olevat MR32-tukiasemat ovat poistuneet myynnistä jo 31.7.2017 ja niiden laitetuki loppuu 31.7.2024 Myös alun perin MR32:n korvaavien

MR33:n myynti on lopetettu 14.7.2022, joten tähän projektiin valittiin uusiksi tukiasemiksi MR33-mallin korvaava MR36-malli (Cisco Meraki julkaisuaika tuntematon).

MR46E-mallin tukiasemia käytettiin yhdellä asiakkaan toimipisteellä, jossa on isompi varasto ympäristö. Näiden tukiasemien mukaan tuli myös MA-ANT-3-E6 -suunta-antennit, joilla voidaan taata mahdollisimman hyvä kuuluvuus hankalassa ja suuressa ympäristössä.



KUVA 4. MA-ANT-3-E6 -antenni Meraki MR46E tukiasemalle (Cisco Meraki julkaisuaika tuntematon)

Suurin ero näiden edellä mainittujen vanhan MR32-mallin ja MR36- sekä MR46E-mallien välillä on se, että MR36 ja MR46E ovat Wi-Fi 6-kykeneviä tukiasemia.

Wi-Fi 6 tarjoaa suuremman maksimi nopeuden 9.6 Gbps verrattuna Wi-Fi 5 3.5 Gbps, paremman tietoturvan WPA3-versiolla aiemman Wi-Fi 5 WPA2 verrattuna sekä pidemmän akunkeston langatonta verkkoa käyttäville laitteille TWT-ominaisuuden ansiosta, joka tutkii, milloin laitteen tarvitsee käyttää Wi-Fiä ja pitää muuten yhteyden suljettuna (Intel julkaisuaika tuntematon).

## 2.3 Meraki-laitteiden lisenssit

Kaikki Cisco Meraki -laitteet tarvitsevat myös lisenssin toimiakseen. Laitteet voidaan ottaa käyttöön ja nostaa verkkoon enintään kuukauden ajaksi, jonka jälkeen verkko lakkaa toimimasta, jos laitteille ei ole hankittu niiden mukaisia lisenssejä. Jokaiselle Meraki-laitteelle ja niiden malleille on oma lisenssinsä poissulkien tukiasemat, jotka kaikki käyttävät samaa Enterprise- tai Advanced-lisenssiä. Kaikkia lisenssejä on saatavilla 1-, 3-, 5-, 7-, ja 10-vuoden kestolla.

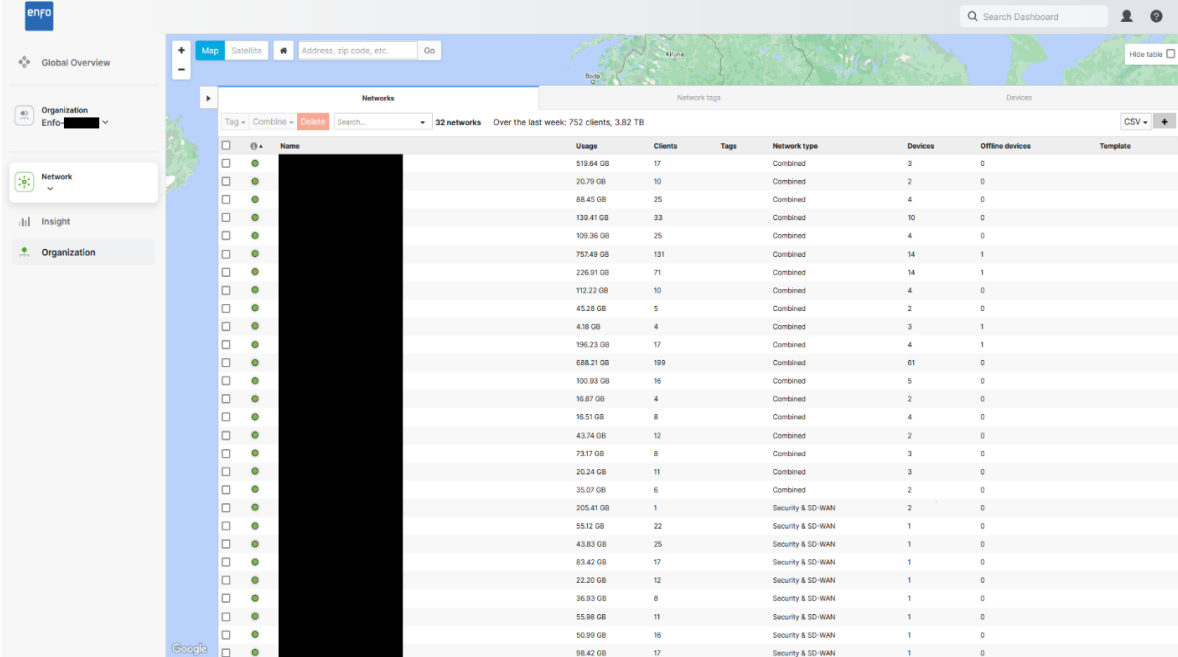
Merakilla on parhaillaan tarjottavana asiakkailleen kolmea erilaista lisensointityyppiä, jotka ovat seuraavat: "Subscription Licensing", "Co-Termination Licensing (co-term)" ja "Per-device Licensing (pdl)". Projektin asiakkuudella on käytössään Co-Termination Licensing.

Meraki Co-Term-lisensoinnissa kaikilla Meraki-tuotteilla on yhteinen lisenssien päättymispäivä. Lisenssien kesto lasketaan yhteen seuraavanlaisesti. Ensin kerrotaan lisenssien määrät, sen jälkeen ne ynnätään ja jaetaan lisenssien määrällä, tässä esimerkki: Käytössä on yksi 5 vuoden lisenssi Meraki MS120-24P-kytkimelle ja kaksi kappaletta 3 vuoden lisenssejä MR-tukiasemille. 5 vuoden lisenssi päivissä on 1825 päivää, 3 vuoden lisenssi on 1095 päivää.  $((1825*1) + (1095*2)) / 3 =$  pyöristettynä 1338. Tässä tapauksessa Co-Termination -lisensoinnilla näiden laitteiden lisenssit kestäisivät 1338 päivää siitä hetkestä lähtien, kun lisenssit aktivoidaan (Cisco Meraki julkaisuaika tuntematon).

## 2.4 Meraki Dashboard

Cisco Meraki -laitteita verrattaessa normaaleihin verkkolaitteisiin on suurin ero laitteiden hallittavuudessa. Meraki-laitteita hallitaan suurimmalta osin kokonaan verkon kautta Meraki Dashboardissa.

Meraki Dashboardin kautta voidaan hallita useita eri asiakkuuksia saman sivuston alla. Tämä helpottaa kaikenkokoisien IT-palveluntarjoajien verkkolaitteiden hallintaa, sillä kaikki löytyvät samasta paikasta ja pilvihallittavat laitteet ovat nopeampia ja yksinkertaisempia konfiguroida verrattuna normaaliin verkkolaitteeseen. Kaikissa käyttämissäni kuvissa on sensuroitu asiakkaitten tunnistamiseen johtavat tiedot.

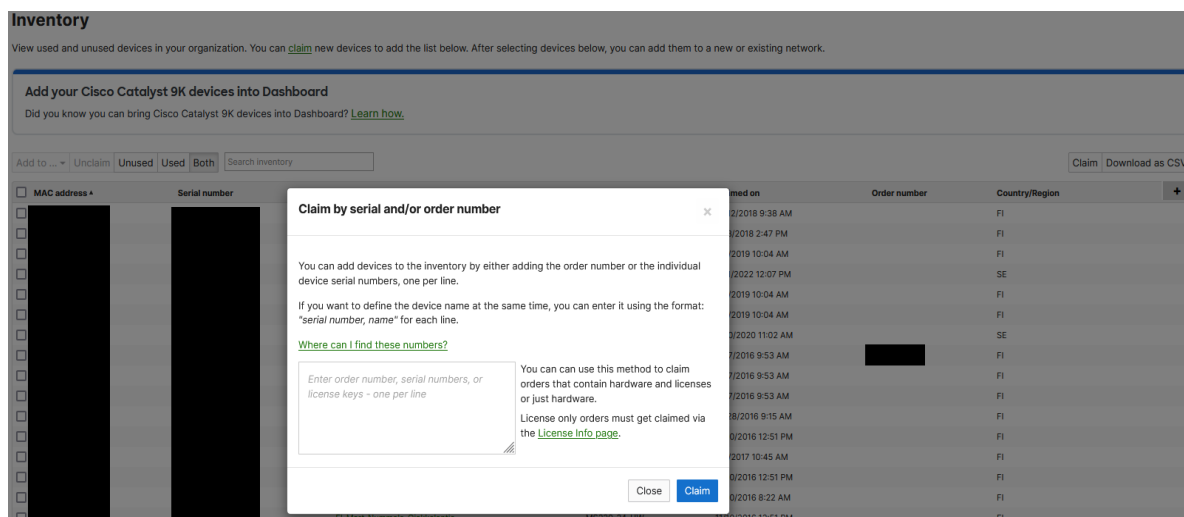


Tag	Name	Usage	Clients	Tags	Network type	Devices	Offline devices	Template
		519.64 GB	17		Combined	3	0	
		20.79 GB	10		Combined	2	0	
		88.45 GB	25		Combined	4	0	
		139.41 GB	33		Combined	10	0	
		109.36 GB	25		Combined	4	0	
		757.49 GB	131		Combined	14	1	
		226.91 GB	71		Combined	14	1	
		112.22 GB	10		Combined	4	0	
		45.28 GB	5		Combined	2	0	
		4.16 GB	4		Combined	3	1	
		196.23 GB	17		Combined	4	1	
		688.21 GB	199		Combined	61	0	
		100.93 GB	16		Combined	5	0	
		16.87 GB	4		Combined	2	0	
		16.51 GB	8		Combined	4	0	
		43.74 GB	12		Combined	2	0	
		73.17 GB	8		Combined	3	0	
		20.24 GB	11		Combined	3	0	
		35.07 GB	6		Combined	2	0	
		205.41 GB	1		Security & SD-WAN	2	0	
		55.12 GB	22		Security & SD-WAN	1	0	
		43.83 GB	25		Security & SD-WAN	1	0	
		83.42 GB	17		Security & SD-WAN	1	0	
		22.20 GB	12		Security & SD-WAN	1	0	
		36.93 GB	8		Security & SD-WAN	1	0	
		55.98 GB	11		Security & SD-WAN	1	0	
		50.89 GB	16		Security & SD-WAN	1	0	
		98.42 GB	17		Security & SD-WAN	1	0	

KUVA 5. Meraki Dashboardin näkymä, kun tietty asiakkuus on valittu (Kumpulainen, 2023)

Kun käyttöliittymän vasemmalta puolen on valittu tietty organisaatio, aukeaa näkymäksi kaikki tämän organisaation alla olevat verkkolaitteet. Vasemmalla olevasta Network-kohdasta voidaan sen jälkeen valita tietty toimipiste, jonka laitteita pääsee katsomaan tarkemmin.

Uusien laitteiden lisääminen Meraki Dashboardiin onnistuu seuraavasti. Ensin valitaan haluttu organisaatio, jonne uusi laite ollaan lisäämässä ja sen jälkeen käyttöliittymän vasemmalta valitaan kohta "Organization", jonka alta löytyy valinta "Inventory" Tämän näkymän alta näkee kaikki valitun organisaation laitteet, jotka sinne on lisätty.

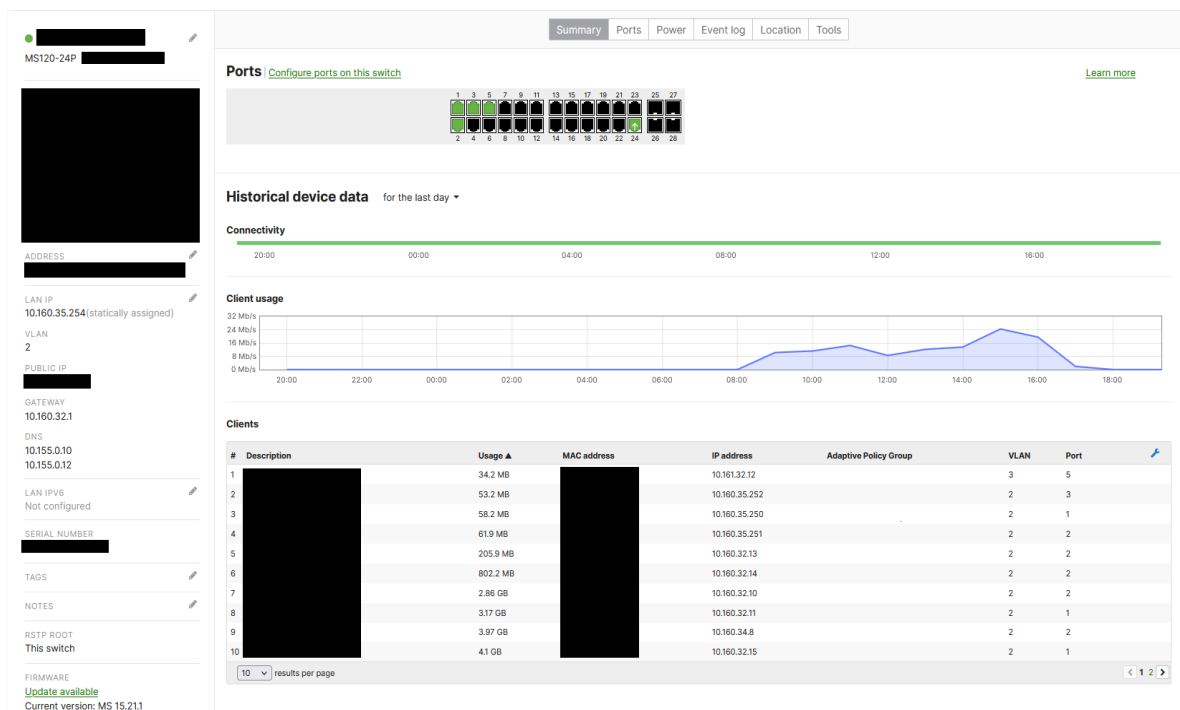


KUVA 6. Meraki-laitteiden lisääminen Meraki Dashboardiin onnistuu Inventory-välilehden alta (Kumpulainen, 2023)

Inventory näkymän oikealta puolelta klikataan "Claim" painiketta, jonka jälkeen voi valita millä tunnisteella laitteet lisätään Meraki Dashboardiin, vaihtoehtoina ovat: Tilausnumero (jonka saa tukkurilta tilauksen yhteydessä), laitteiden sarjanumero tai lisenssiavain. Tunnisteen syöttämisen jälkeen klikataan vielä "Claim" painiketta, jonka jälkeen laitteet siirtyvät Merakissa valitun organisaation laitteisiin.

#### 2.4.1 Kytkinten hallinta ja asetukset

Kun Meraki Dashboardissa on valittu tietty organisaatio, näkee siellä tarkemmat tiedot kaikista organisaatiossa olevista kytkimistä. Kytkimistä voi valita tietyn, jonka konfiguraatioita ja muita tietoja tahtoo katsoa tarkemmin.

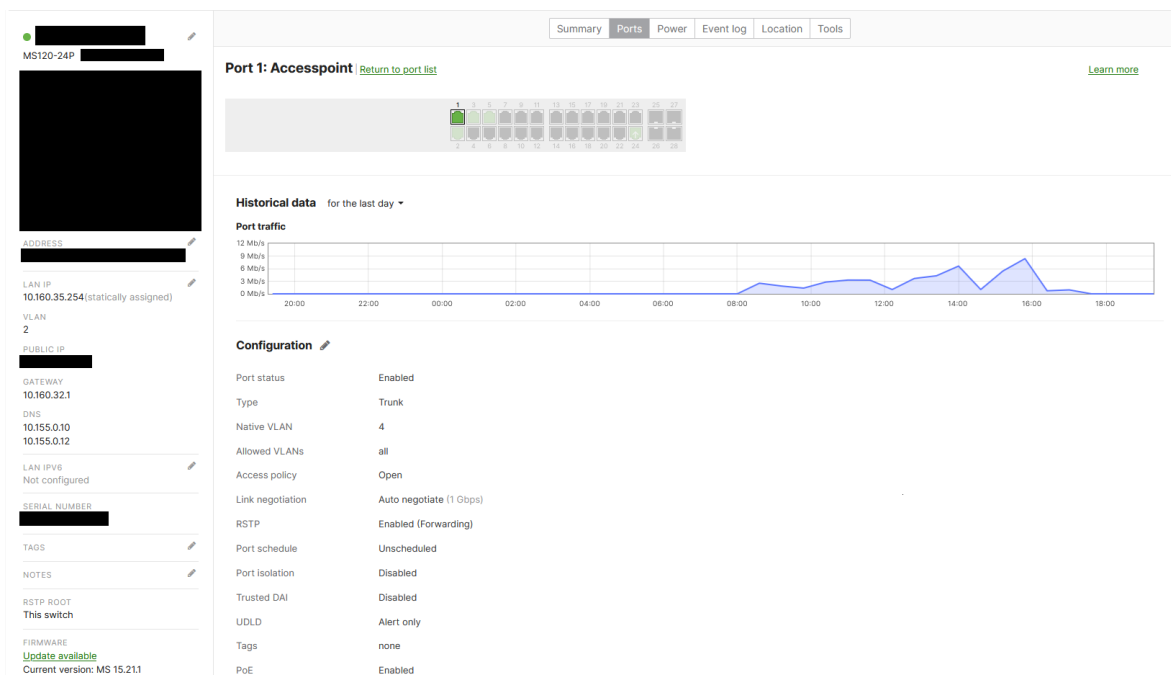


KUVA 7. Näkymä kytkimestä Meraki Dashboardissa (Kumpulainen, 2023)

Kytännäkymässä ensimmäisenä aukeaa Summary-välilehti, josta näkee nopeasti oleelliset tiedot kytkimestä: Kytkinporttien tilan, kytkimen yhteyden tila halutulta aikaväliltä aina viimeisimmästä kahdesta tunnista viimeiseen kuuteen kuukauteen, käyttäjät ja paljonko he ovat käyttäneet dataa ja paljonko millä aikavälillä.

Vasemmalla nähdään muun muassa kytkimen nimi, malli, MAC-osoite, katuosoite missä kytkin sijaitsee fyysisesti, lähiverkon IP-osoite, VLAN mihin kytkin on konfiguroitu, julkinen IP-osoite, verkon Gateway ja DNS-palvelimet, joihin kytkin osoittaa.

Kytimestä voidaan valita tietty kytkinportti klikkaamalla sitä ylhäällä olevasta "Ports" kohdasta, tällöin esiin aukeaa tarkemmat konfiguraatiodiedot kyseisestä kytkinportista kuten mihin VLANiin portti on konfiguroitu.



KUVA 8. Kytkinportin konfiguraatioita (Kumpulainen, 2023)

Kytkinportin konfiguraatioita voi muuttaa klikkaamalla "Configuration" tekstin viereistä kynä symbolia, tällöin avautuu asetukset, joita voit muokata kytkinportille.

The 'Update 1 port' window shows the configuration for Port 1. The 'Type' is set to 'Trunk'. The 'Access policy' is 'Open'. The 'Native VLAN' is '4'. The 'Allowed VLANs' are 'all'. The 'RSTP' is 'Enabled'. The 'STP guard' is 'Disabled'. The 'Port isolation' is 'Disabled'.

Switch / Port: [Redacted] 1

Name: Accesspoint

Port status: **Enabled** Disabled

Link negotiation: Auto negotiate

Port schedule: Unscheduled

Tags: +

Port profile: Enabled **Disabled**

Type: **Trunk** Access

Access policy ⓘ: Open

Native VLAN: 4

Allowed VLANs: all

RSTP: **Enabled** Disabled

STP guard: Disabled

Port isolation: Enabled **Disabled**

Buttons: Cancel Update

KUVA 9. Meraki-kytkinten konfiguraatioiden muuttaminen käy helposti graafisen käyttöliittymän ansiosta (Kumpulainen, 2023)



Merakin konfiguraatioiden muuttaminen erottuu paljon normaaliin paikallisesti tai etäyhteydellä CLI:n kautta konfiguroitavaan kytkimeen.

```
HP-2530-8# configure terminal
HP-2530-8(config)# vlan 4
HP-2530-8(vlan-4)# tagged 1
HP-2530-8(vlan-4)# show running interface 1

Running configuration:

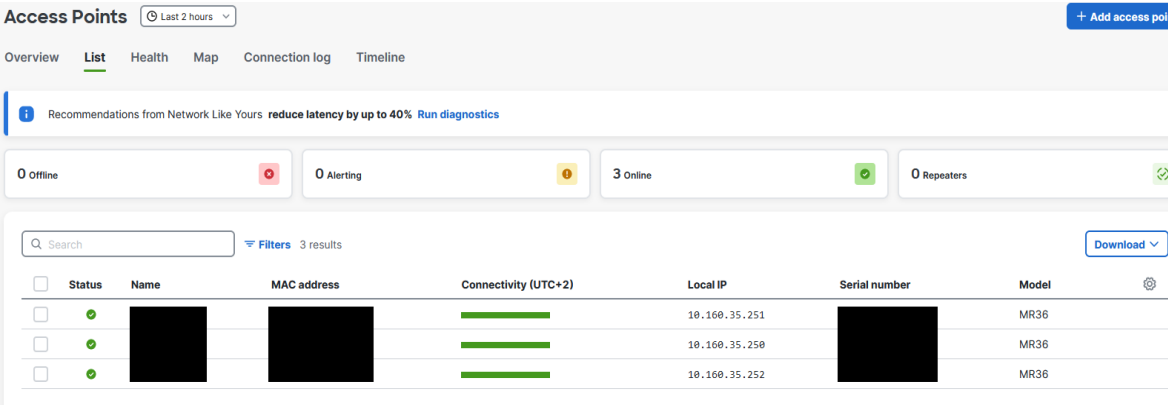
interface 1
    tagged vlan 4
    untagged vlan 1
exit
HP-2530-8(vlan-4)#
```

KUVA 10. Kuvakaappaus HP-merkkisen kytkimen kytkinportin VLAN konfiguraatiosta (Kumpulainen, 2023)

Ylhäällä olevassa kuvakaappauksessa on esimerkki, kuinka HP-merkkisen kytkimen kytkinporttiin voidaan konfiguroida VLAN 4, kuten se on konfiguroitu aiemmassa kuvakaappauksessa Meraki-kytkimellä.

#### 2.4.2 Tukiasemien hallinta ja asetukset

Meraki Dashboardissa organisaation ja halutun verkon valitsemisen jälkeen voidaan valita ”Wireless”-välilehti, josta aukeaa näkymä kaikista verkon langattomista tukiasemista.



Access Points Last 2 hours + Add access point

Overview **List** Health Map Connection log Timeline

*Recommendations from Network Like Yours: reduce latency by up to 40% Run diagnostics*

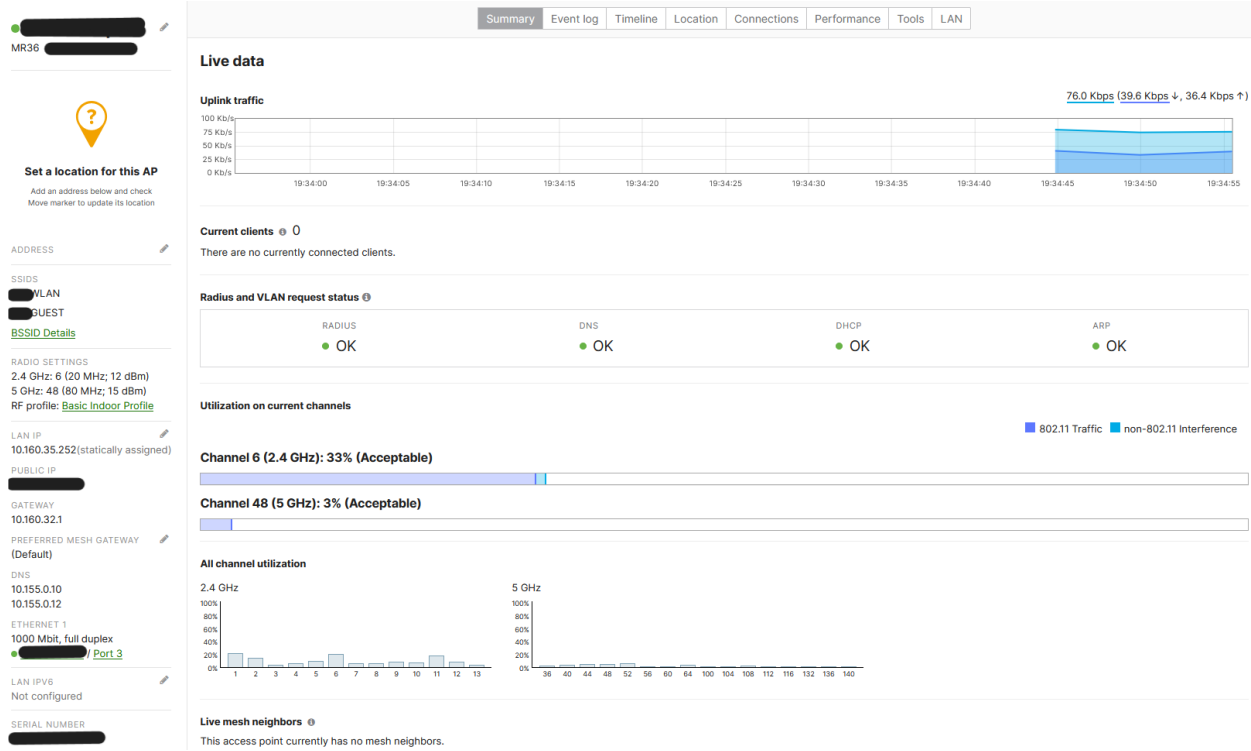
0 Offline 0 Alerting 3 Online 0 Repeaters

Search Filters 3 results Download

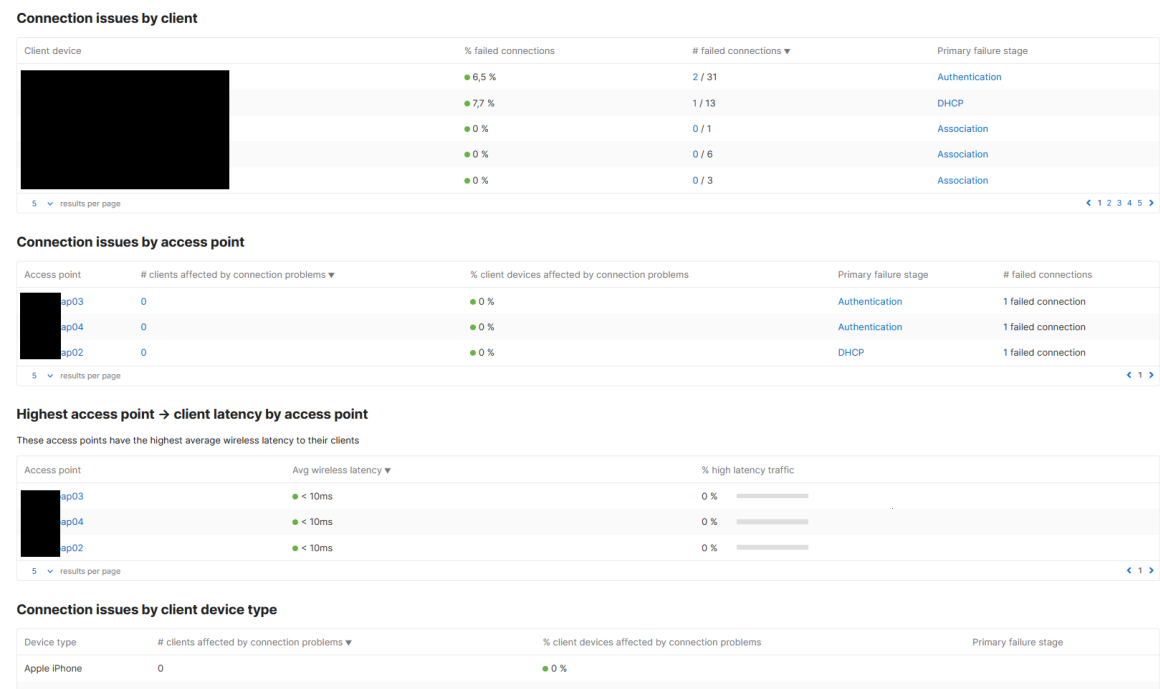
<input type="checkbox"/>	Status	Name	MAC address	Connectivity (UTC+2)	Local IP	Serial number	Model
<input type="checkbox"/>	Online	[REDACTED]	[REDACTED]	Good	10.168.35.251	[REDACTED]	MR36
<input type="checkbox"/>	Online	[REDACTED]	[REDACTED]	Good	10.168.35.250	[REDACTED]	MR36
<input type="checkbox"/>	Online	[REDACTED]	[REDACTED]	Good	10.168.35.252	[REDACTED]	MR36

KUVA 11. Listaus valitun toimipisteen tukiasemista (Kumpulainen, 2023)

Access Points -näköymästä voi valita haluamansa tukiaseman, jonka tietoja katsoa tarkemmin. Tukiaseman nimeä klikkaamalla aukeaa sen tarkemmat tiedot samoin kuten kytkimillä.

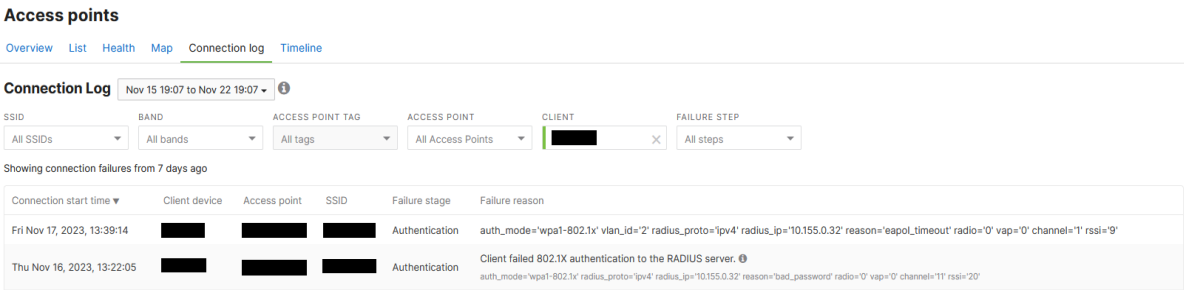


Käyttäjien ja laitteiden yhteyksien tilaa voidaan seurata tarkemmin Health-välilehden alta. Health-välilehti tarjoaa yksityiskohtaisesti tiedot kaikista käyttäjistä, tukiasemista ja niiden mainostamista langattomista verkoista.



KUVA 14. Langattomassa verkossa tapahtuneita yhteysongelmia käyttäjittäin ja tukiasemittain (Kumpulainen, 2023)

Meraki Dashboardin näyttämät tiedot ovat hyödyllisiä ongelmatilanteissa, jos tietyillä käyttäjillä esiin-tyy esimerkiksi verkon hitautta, pätkimistä tai he eivät pysty yhdistämään verkkoon ollenkaan. Kun verkon hallitsijalla on tiedossa käyttäjien laitteiden nimet tai MAC-osoitteet, voi Dashboardin kautta katsoa mihin tukiasemiin tietyt laitteet ovat yhdistäneet, ja sitä kautta katsoa yhteyslokeista syyn yh-teyden katkomiselle.



KUVA 15.S Merakin yhteyslokeista näkee helposti esimerkiksi, jos käyttäjä on antanut salasanan väärin yhdistäessään langattomaan verkkoon (Kumpulainen, 2023)

## 2.5 Cisco Meraki kyberturvallisuus

Cisco Meraki on yksi suurimmista pilviverkkojen tarjoajista, joten on myös luonnollista, että heidän kyberturvallisuutensa on laaja ja kattava.

Merakin palveluille on luvattu 99,99 % palvelutasosopimus, joka tarkoittaa niiden olevan tavoittamattomissa alle tunnin vuoteen. Ympäri maailman levitetyt konesalit pitävät huolen, ettei luonnonkatastrofit aiheuta yhteyskatkoksia Merakin palveluihin. Merakin konesalit on varustettu muun muassa biometrisillä skannereilla, laajalla kameravalvonnalla ja vartijat seuraavat vuorokauden ympäri seitsemänä päivänä viikossa kaikkea pääsyä konesaliin sekä sieltä pois.

Kaikkien Meraki-laitteiden hallintayhteydet kulkevat suojatusti laitteilta Merakin pilveen. Käyttäjien data puolestaan ei kulje Merakin pilven kautta, vaan suoraan ulkoverkkoon päin, kuten kaikissa muissakin verkkototeutuksissa. Jos Meraki-laitteiden hallintayhteys katkeaisi Merakin palveluita kohden, jatkaa silti verkko toimintaansa normaalisti käyttäjille. Hallintayhteyden katketessa laitteiden konfiguraatioita ei pääse tarkistamaan eikä niitä voi muuttaa, myöskään verkon ja sen käyttäjien liikennettä ei pääse seuraamaan.

Cisco Meraki -verkkojen ylläpitäjille on mahdollista asettaa kaksivaiheinen tunnistautuminen, joka nostaa verkkojen hallinnoinnin turvallisuutta entisestään. Kaksivaiheisessa tunnistautumisessa ylläpitäjän täytyy asettaa puhelinnumerosa Meraki Dashboardin asetuksissa, jolloin aina kirjautuessa puhelimeen tulee tekstiviesti sisältäen kertakäyttöisen koodin, joka täytyy syöttää Merakin kirjautumiskikkunaan päästäkseen sisään järjestelmään. Kaksivaiheiseen tunnistautumiseen on myös mahdollista laittaa asetus, jolloin Meraki muistaa ylläpitäjän 30 päivän ajan, kun 30 päivää on kulunut, täytyy sisään kirjautuessa jälleen asettaa tekstiviestillä tuleva koodi (Cisco Meraki julkaisuaika tuntematon).

### 3 EKAHAU JA WLAN KUULUVUUDEN SUUNNITTELU

#### 3.1 Mikä on Ekahau

Ekahau on vuonna 2000 perustettu yhtiö, joka alun perin kehitti sisäkäyttöön tarkoitettuja paikannusteknologiaa nimeltään Ekahau RTLS (Real Time Location Systems). RTLS mahdollisti merkatun henkilön tai asian paikantamista langattomien verkkojen avulla. Ajan myötä kävi kuitenkin niin, että Ekahaun sivutuotteet Ekahau Sidekick ja Site Survey (Nykyään Ekahau AI Pro) nousivat päätuotteen RTLS ohitse suosiossa (Mika Hakala 2018).

Tässä projektissa käytimme apuna Ekahau AI Pro ohjelmaa, jolla teimme kahdelle toimipisteelle WLAN mittaukset, asiakkaan tunnistamiseen johtavien asioiden vuoksi tähän työhön on tehty oma testiympäristö, jolla kerron Ekahau AI Pro ohjelman käytöstä.

#### 3.2 Ekahau AI Pro

Ekahau AI Pro on Ekahaun kehittämä ohjelma, joka on tarkoitettu WLAN-kuuluvuus mittauksien luomiseen. Ohjelmaan voidaan asettaa itse halutut vaatimukset, jotka langattoman verkon tulee täyttää, vaatimuksiin voidaan laittaa esimerkiksi haluttu signaalin vahvuus ja datan minimi- sekä maksiminopeus. Vaatimuksien asettamisen jälkeen ohjelman tekoälyominaisuus osaa suunnitella langattomien tukiasemien sijoitukset niin, että kaikki valitsemat vaatimukset täyttyvät.

Criteria	2.4GHz	5GHz	6GHz	Unit
Signal Strength	Min -67	Min -67	Min -67	dBm
Secondary Signal Strength	Min -75	Min -75	Min -75	dBm
Tertiary Signal Strength	Min OFF	Min OFF	Min OFF	dBm
Signal-to-Noise Ratio	Min 20	Min 25	Min 25	dB
Data Rate	Min 12	Min 6	Min 6	Mbps
Channel Interference	Max 3	Max 3	Max 3	dBm
at minimum Signal Strength	Min -85	Min -85	Min -85	dBm
Number of Access Points	Min OFF	Min OFF	Min OFF	dBm
at min.	Min OFF	Min OFF	Min OFF	dBm
Round Trip Time (RTT)	Max 200	Max 200	Max 200	ms
Packet Loss	Max 2	Max 2	Max 2	%

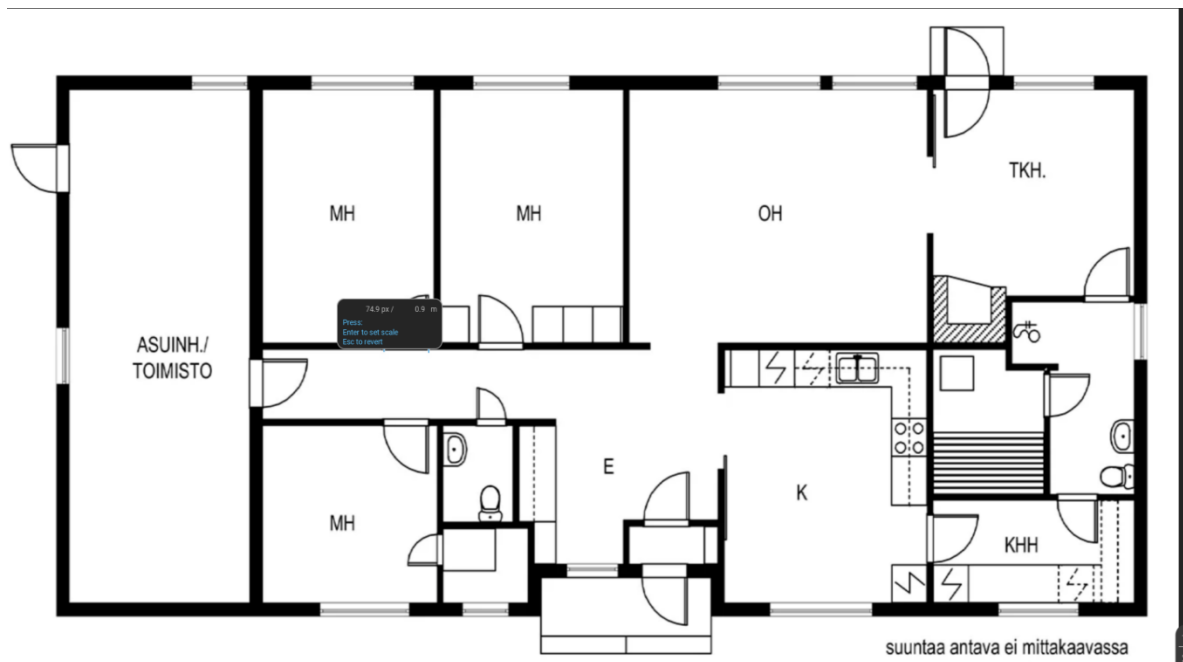
KUVA 16. Esimerkki WLAN-kuuluvuusmittauksessa käytetyt verkon vaatimukset (Kumpulainen, 2024)

##### 3.2.1 Miksi WLAN-kuuluvuutta mitataan

WLAN-kuuluvuusmittaukset ovat tärkeitä varsinkin suurissa asiakasympäristöissä, joihin langattomia tukiasemia asennetaan paljon. Mittauksen avulla voidaan taata langattoman verkon käyttäjille paras mahdollinen kuuluvuus ja sillä voidaan optimoida tukiasemien määrä, jolloin asiakas saa paremman vastineen rahoilleen tukiasemia hankittaessa.

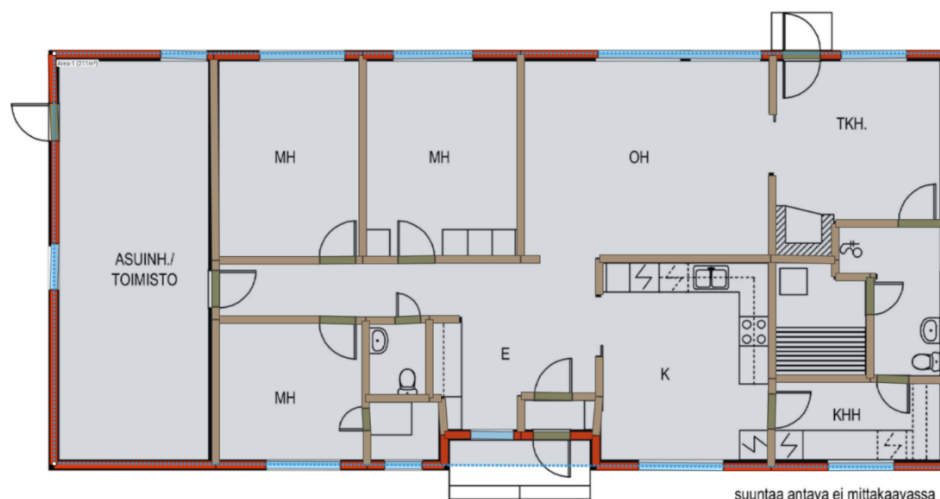
### 3.2.2 Esimerkki WLAN-kuuluvuuden mittaamisesta

WLAN-kuuluvuuden mittaaminen aloitetaan tuomalla halutun rakennuksen pohjakuva Ekahau AI Pro - ohjelmaan, tämän jälkeen pohjapiirroksen koko voidaan joko syöttää itse antamalla kokonais-pinta-ala tai se voidaan laskelmoida ohjelmalla antamalla halutun välin pituus metreissä. Esimerkki-mittauksessa skaalasimme pinta-alan antamalla oviaukon kooksi 0,9 metriä mikä on hyvin yleinen oviaukon leveys.



KUVA 17. WLAN-kuuluvuus mittauksessa käytetyn pohjapiirroksen skaalaus oven mitan mukaan (Kumpulainen, 2024)

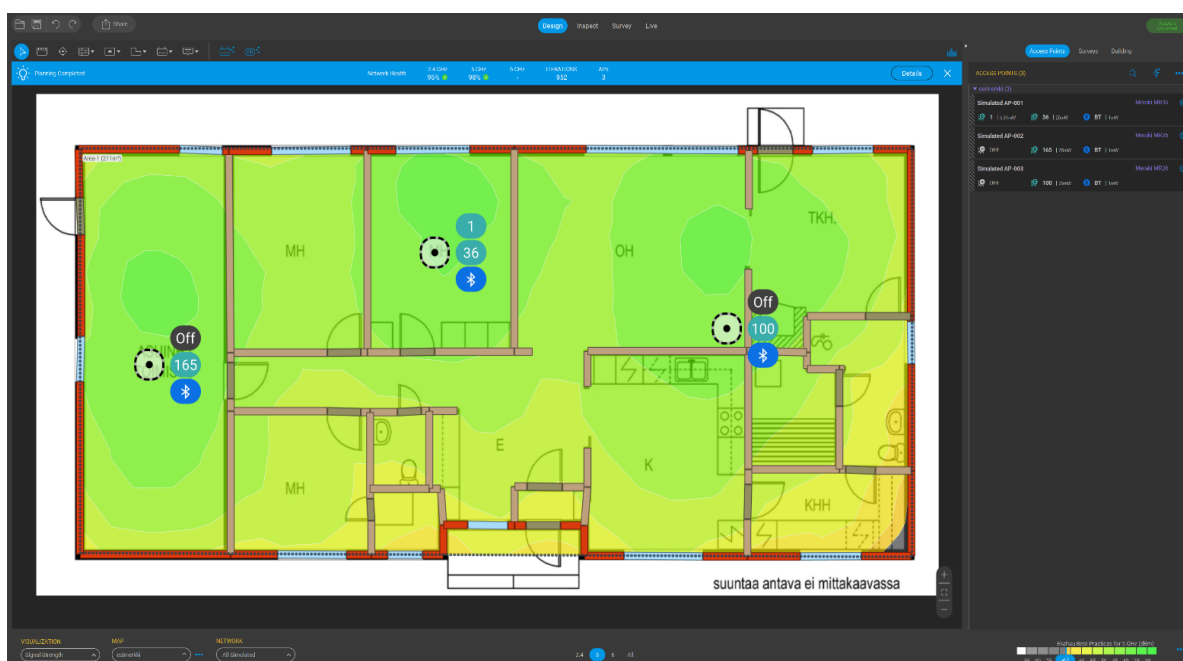
Kun pohjapiirroksen pinta-ala on saatu laskettua, voi seuraavana valita seinille niiden materiaalit. Tämä on hyvin tärkeä osa kuuluvuusmittauksen luonnissa, sillä eri materiaalit vaimentavat langatonta signaalia eri tavoin. Esimerkkinä kipsilevystä valmistettu sisäseinä vaimentaa signaalia keskimäärin noin 3dB.



KUVA 18. Pohjapiirrookseen lisätty seinille ja ikkunoille materiaalit, jolloin ohjelma osaa laskea niiden vaimentavuuden (Kumpulainen, 2024)

Seinäateriaalien valinnan ja asettamisen jälkeen voi valita minkä merkkisiä ja mallisia langattomia tukiasemia mittauksessa halutaan käyttää. Esimerkkitilauksessa on valittu Cisco Meraki MR36 - tukiasema, sillä sama malli on käytössä myös työhön kuuluvassa projektissa.

Tukiasemia voi alkaa itse asettamaan kuvaan, jolloin ohjelma näyttää tukiaseman signaalin kuuluvuuden pohjapiirroksessa. Ekahau AI Pro tarjoaa myös tekoälyn apua, jolloin yhtä painiketta painamalla ohjelma aloittaa automaattisesti tukiasemien asettelun parhaimman kuuluvuuden saavuttamiseksi pohjapiirrokseseen. Kuuluvuusmittaus kannattaa aina tarkistaa tekoälyn sijoittaessa tukiasemat pohjapiirrokseseen, kuten esimerkkitilauksessa yksi tukiasemista oli sijoitettu takahuoneen takan kohdalle, jolloin sitä täytyi itse siirtää toiseen kohtaan.



KUVA 19. Valmis WLAN-kuuluvuuden mittaus (Kumpulainen, 2024)

### 3.3 Langattomien tukiasemien asennuskohdan tärkeys

Langattomien tukiasemien asennuksessa yksi tärkeimmistä asioista on mihin ja miten se asennetaan. Langattomat verkot ovat hyvin altistuvia häiriöille ja yhteydelle kannattaa aina suunnitella reitti tukiasemalta loppukäyttäjille niin, ettei niiden välissä olisi paljon esteitä, kuten seiniä ja suuria huonekaluja.

Langattomat tukiasemat kannattaa yleisesti asentaa kattoon seinän sijaan, näin saadaan katettua laajempi kuuluvuusalue per tukiasema. Kattoasennuksissa on kuitenkin hyvä ottaa huomioon, ettei tukiasemia kannata asentaa välikaton sisään. Välikaton materiaali vaikuttaa heti tukiaseman signaalin vahvuuteen negatiivisesti, tämän lisäksi välikaton sisässä saattaa kulkea ilmastointikanavia ja esteitä, jotka heikentävät signaalin vahvuutta entisestään, myös välikaton sisällä on monesti epäpuhtauksia, jotka vaikuttavat negatiivisesti laitteen elinikään (AccessAgility 2018).

Seinien ja muiden esteiden materiaali vaikuttaa paljon, kuinka se heikentää langattoman verkon signaalin vahvuutta. Eniten signaalin vahvuuteen negatiivisesti vaikuttaa metalli. Suuret varastot ja hallit, joissa on metallisia hyllyköitä ovat yksiä haasteellisimpia ympäristöjä toteuttaa hyvä langaton verkko, näihin ympäristöihin on suotavaa käyttää ylimääräisiä suunta-antenneja, joilla tukiasemien verkko saadaan ohjattua hyllyjen välikköihin mahdollisimman tehokkaasti. Metallin lisäksi tiili- ja betoniseinät heikentävät huomattavasti langattoman verkon signaalia (Sam 2023).



## 4 LAITTEIDEN VAIHDOT JA NIIDEN DOKUMENTOINTI

### 4.1 Laitteiden vaihto

#### 4.1.1 Esivalmistelut ennen varsinaista vaihtoa

Projektin aikana kaikki uudet Meraki-laitteet tarroitetaan ensin vaihdettavan laitteen mukaan. Laite siirretään Meraki Dashboardissa oikeaan verkkoon, jonka jälkeen se käytetään virtoihin ja verkkoon, jotta laite pääsee päivittämään ohjelmistonsa. Kun laite on päivittänyt itsensä, voidaan vanhasta laitteesta katsoa tarvittavat konfiguraatiot, jotka voidaan nyt tehdä jo etukäteen uudelle laitteelle. Uuden laitteen valmiiksi konfiguroinnilla vastaamaan vanhaa laitetta voidaan lyhentää vaihdossa tapahtuvaa yhteyskatkosta.

#### 4.1.2 Laitteiden vaihtaminen asiakkaan toimipisteellä

Laitevaihdolle sovitaan asiakkaan kanssa heille parhaiten sopiva aikaikkuna, jonka aikana vanhat laitteet vaihdetaan uusiin niin, että siitä olisi loppukäyttäjille mahdollisimman vähän haittaa.

Olin itse mukana yhdessä laitevaihdossa kollegani kanssa, muissa toimipisteissä vaihdon suoritti asiakkaan oma IT-vastaava tai meidän kauttamme tilattu lähituki.

Itse laitteiden vaihtaminen on yksinkertaista. Kytkimien vaihdossa, jos mahdollista asennetaan uusi kytkin vanhan rinnalle ja laitetaan se virtoihin, kun uusi kytkin on käynnistynyt ja käyttövalmiina, voidaan alkaa siirtämään vanhasta kytkimestä Ethernet-kaapelit uuteen yksitellen.

Langattomien tukiasemien vaihdoissa vanha tukiasema irrotetaan kiinnitysraudasta ja siihen kytketty Ethernet-kaapeli irrotetaan myös. Vanha kiinnitysrauta otetaan pois ja tilalle asennetaan uuden tukiaseman mukana tullut kiinnitysrauta, tämän jälkeen kytketään Ethernet-kaapeli uuteen tukiasemaan, joka puolestaan laitetaan kiinni kiinnitysrautaansa.



KUVA 20. Tyypillinen testi Cisco Meraki toteutus. (Kumpulainen, 2023)

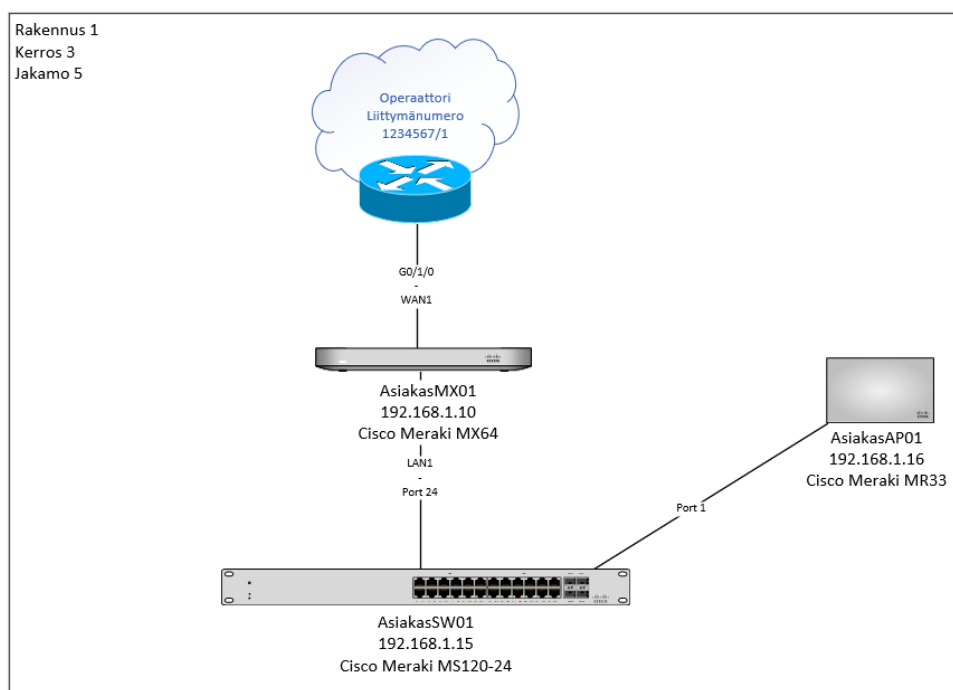
Ylhäällä olevassa kuvassa nähdään asiakkaan tyypillinen pienen toimiston verkkoratkaisu, kuva on toimipisteeltä, jossa vaihdoin vanhan 220-sarjan kytkimen uuteen 120-sarjan kytkimeen. Tiukan aikataulun ja mahdollisimman lyhyen katkoksen vuoksi kytkentöjä ei ehditty vetämään siistimmin tietoliikennekaapissa. Keskimmäinen laite on operaattorin hallinnoima reititin, johon tulee valokuituyhteys. Reititin on yhdistetty ylempänä olevaan Meraki MX64 -laitteeseen, joka puolestaan on yhdistetty alimpana olevaan Meraki MS120-24P-kytkimeen. Kytkimeltä lähtee kaapelit toimiston langattomille tukiasemille ja seinärasioille, joista kaapelilla kytketyt työasemat ja tulostimet saavat verkkoyhteytensä.

## 4.2 Laitevaihtojen dokumentointi

Kaikki projektin aikana tapahtuneet laitevaihdot on huomioitu myös meidän dokumentoinnissamme. Toimipisteistä tehtyt verkkokuvat päivitetään laitteiden mallien osalta ja tarkistamme niistä, onko fyysisiin kytkentöihin tullut muutoksia ja päivitämme ne myös ajan tasalle. Verkkokuvien lisäksi pidämme dokumentaatioissamme kuvia verkkolaitteiden kytkennöistä. Kuvat verkkolaitteiden asennuksista ja kytkennöistä helpottavat huomattavasti vikatilanteissa vian selvitystä, jos niissä tarvitaan tietoja fyysisistä kytkennöistä.

### 4.2.1 Verkkokuvat

Suurin osa verkkokuvistamme on tehty Microsoftin Visio -ohjelmalla. Microsoft Visio on osa Microsoft Office -pakettia, ja sitä käytetään kaavioiden piirtämiseen. Vision kaltainen ilmaissivusto ja oma ladattava ohjelma Draw.io on myös toinen vaihtoehto kaavioiden piirtämiseen. Meidän osallamme Visiota ja Draw.io:ta käytetään verkkokuvien luomiseen. Verkkokuvat ovat hyvin olennainen ja tärkeä osa kaikkien verkkojen dokumentointia, niistä saa nopeasti hyvän käsityksen verkon kokonaisuudesta ja siihen merkityt laitteet ja niiden IP-osoitteet auttavat verkkojen hallinnoinnissa.



KUVA 21. Microsoft Visiolla tehty L2-tason verkkokuva (Kumpulainen, 2023)

## 5 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia ja tukea siihen liittyvää asiakasprojektia, jonka aikana asiakkaan Cisco Meraki -laitteita vaihdettiin vanhentuneista malleista uusiin vastaaviin malleihin. Projektin aikana myös keskityttiin Enfon sisäiseen dokumentaatioon projektin liittyvän asiakkaan kohdalla.

Langattoman verkon toimivuus parani ja nopeutui toimipisteillä, joilla vanhat MR32-mallit vaihtuivat Wi-Fi6 tukeviin MR36-tukiasemiin ja suurimman toimipisteen kytkinten määrää saatiin vähennettyä, jolloin asiakas säästää rahaa lisenssien suhteen.

Sain työn aikana kerrytettyä tietoa Cisco Meraki -laitteista ja opin myös lisää niiden hallinnasta Meraki Dashboardissa. Työn aikana opin myös kuinka tärkeä osa sisäverkkojen suunnittelua WLAN-kuuluvuusmittaukset ovat, jolloin tilaan saadaan optimoitua oikea määrä tukiasemia.

Dokumentaatioiden osalta saimme paranneltua ja uudistettua verkkokuvat vastaamaan verkkojen nykyistä rakennetta. Verkkokuvien lisäksi saimme otettua itse kuvia verkkolaitteiden fyysisistä kytkennöistä ja pyysimme asiakkaan IT-vastaavaa lähettämään kuvia kytkennöistä laitevaihtojen jälkeen.

Jatkokehityksen osalta nousi idea ottaa käyttöön langalliseen verkkoon 802.1X tunnistautuminen, tällä saataisiin lisättyä asiakkaan verkkojen tietoturva.

## LÄHTEET

- AccessAgility 02.03.2018. Tips for Proper Wireless Access Point Placement. Verkkojulkaisu. <https://www.accessagility.com/blog/tips-for-proper-wireless-access-point-placement>. Viitattu 17.01.2024
- Cisco Meraki julkaisuaika tuntematon. Cloud Managed Access Switches MS220 & MS 320 Series. Verkkojulkaisu. [https://meraki.cisco.com/lib/pdf/meraki\\_datasheet\\_ms\\_220\\_320\\_only.pdf](https://meraki.cisco.com/lib/pdf/meraki_datasheet_ms_220_320_only.pdf). Viitattu 12.11.2023
- Cisco Meraki julkaisuaika tuntematon. End-of-Sale Announcement. Verkkojulkaisu. [https://meraki.cisco.com/lib/pdf/eol/meraki\\_eol\\_ms220.pdf](https://meraki.cisco.com/lib/pdf/eol/meraki_eol_ms220.pdf). Viitattu 12.11.2023
- Cisco Meraki 2023. Meraki Licensing. Verkkojulkaisu. [https://documentation.meraki.com/General\\_Administration/Licensing/Meraki\\_Licensing](https://documentation.meraki.com/General_Administration/Licensing/Meraki_Licensing). Viitattu 14.11.2023
- Cisco Meraki julkaisuaika tuntematon. MR32 End-of-Sale Announcement. Verkkojulkaisu. [https://files.mtstatic.com/site\\_13505/17009/0?Expires=1699985348&Signature=RX8ix9dohz0Hj0wAECWI-jwtO-zzzvCVszMM6pjEIriZpac~0kiy4Zu8wEp54~UEmHdh3fYcOZkFFHM45HX-Xbsh5M6hL8Jrp2zNEPwFtCeyyJXMsfRSaIpHOiAV5II3FCFuKNLE6wV9UWU~Mudwy-Z89apnc94dWOk-zPwIaT88\\_&Key-Pair-Id=APKAJ5Y6AV4GI7A555NA](https://files.mtstatic.com/site_13505/17009/0?Expires=1699985348&Signature=RX8ix9dohz0Hj0wAECWI-jwtO-zzzvCVszMM6pjEIriZpac~0kiy4Zu8wEp54~UEmHdh3fYcOZkFFHM45HX-Xbsh5M6hL8Jrp2zNEPwFtCeyyJXMsfRSaIpHOiAV5II3FCFuKNLE6wV9UWU~Mudwy-Z89apnc94dWOk-zPwIaT88_&Key-Pair-Id=APKAJ5Y6AV4GI7A555NA). Viitattu 14.11.2023
- Cisco Meraki julkaisuaika tuntematon. MR33 End-of-Sale Announcement. Verkkojulkaisu. [https://files.mtstatic.com/site\\_13505/draft\\_18677/0?Expires=1699984938&Signature=hSveAmxjR0UfsBQLDp22L4Cbj2HxSzv3ym-BRC3BgcbogrDfkxZQF9vA83T0MW5yIuR5K4zwXYuj~-ympTH8HkRIBlPIbfJu1gLTwr~BNKIHTa-bOW3oEtAKi9dNRmbSMvVS73rmL2dLRUGo-S~WPqaOwcCkbjZp2K95K49szezN4\\_&Key-Pair-Id=APKAJ5Y6AV4GI7A555NA](https://files.mtstatic.com/site_13505/draft_18677/0?Expires=1699984938&Signature=hSveAmxjR0UfsBQLDp22L4Cbj2HxSzv3ym-BRC3BgcbogrDfkxZQF9vA83T0MW5yIuR5K4zwXYuj~-ympTH8HkRIBlPIbfJu1gLTwr~BNKIHTa-bOW3oEtAKi9dNRmbSMvVS73rmL2dLRUGo-S~WPqaOwcCkbjZp2K95K49szezN4_&Key-Pair-Id=APKAJ5Y6AV4GI7A555NA). Viitattu 14.11.2023
- Cisco Meraki 2023. MS120 Overview and Specifications. Verkkojulkaisu. [https://documentation.meraki.com/MS/MS\\_Overview\\_and\\_Specifications/MS120\\_Overview\\_and\\_Specifications](https://documentation.meraki.com/MS/MS_Overview_and_Specifications/MS120_Overview_and_Specifications). Viitattu 12.11.2023
- Cisco Meraki julkaisuaika tuntematon. Trust Security, reliability & privacy information for Meraki cloud services. Verkkojulkaisu. <https://meraki.cisco.com/trust/>. Viitattu 25.01.2024
- Hakala, Mika 2018. Ekahau Acquired by Ookla. Verkkojulkaisu <https://www.ekahau.com/blog/ekahau-acquired-by-ookla/>. Viitattu 19.11.2023
- Intel julkaisuaika tuntematon. What is Wi-Fi 6? Verkkojulkaisu <https://www.intel.com/content/www/us/en/gaming/resources/wifi-6.html>. Viitattu 16.01.2024
- Khatri, Abhishek 2016. Platform Origin Story. Verkkojulkaisu. <https://www.linkedin.com/pulse/platform-origin-story-cisco-meraki-abhishek-khatri/>. Viitattu 11.11.2023
- Sam 15.01.2023. Wireless Access Point Placement best practices. Verkkojulkaisu. <https://www.cablify.ca/wireless-access-point-placement-best-practices/>. Viitattu 17.01.2024
- Vincent 2021. SFP Module: What's It and How to Choose it?. Verkkojulkaisu. <https://community.fs.com/article/sfp-module-what-is-it-and-how-to-choose-it.html>. Viitattu 12.11.2023