



**LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU**  
*Lahti University of Applied Sciences*

# VALOKUITUVERKON SUUNNITTELU HAJA-ASUTUSALUEELLA

Orimattila - Myrskylä - Lapinjärvi

LAHDEN  
AMMATTIKORKEAKOULU  
Tekniikan ala  
Tietotekniikka  
Tietoliikennetekniikka  
Opinnäytetyö  
Kevät 2014  
Juuso Ojala

Lahden ammattikorkeakoulu  
Tietotekniikan koulutusohjelma

OJALA, JUUSO:

Valokuituverkon suunnittelu haja-  
asutusalueella

Orimattila - Myrskylä - Lapinjärvi

Tietoliikennetekniikan opinnäytetyö, 41 sivua

Kevät 2014

TIIVISTELMÄ

---

Tietoliikenneyhteysiltä vaaditaan vuosi vuodelta enemmän kapasiteettia ja luotettavuutta. Kupariyhteyksien nopeus ja langattomien järjestelmien luotettavuus sekä kuuluvuus eivät varsinkaan haja-asutusalueella enää riitä vastaamaan nykyaikaisen tietoliikenneverkon vaatimuksia. Haja-asutusalueilla on kuitenkin paljon asukkaita sekä yrityksiä, jotka tarvitsevat nopeaa ja luotettavaa tietoliikenneyhteyttä päivittäin. Nykyisten järjestelmien tilalle tulee valokuitu. Valokuituverkossa voidaan kuljettaa kaikki kuviteltavissa oleva tieto, eikä verkon kapasiteetti lopu kesken. Valokuitu on nopea ja luotettava siirtotie, jonka kaistanleveys on käytännössä rajoittamaton.

Orimattilan – Myrskylän – Lapinjärven verkkosuunnitelmahankkeen sekä tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää näiden alueiden asukkaiden ja yritysten mielenkiinto ja tarpeet nopeaa valokuituyhteyttä kohtaan ja suunnitella alueelle valokuituverkko kiinnostuksen mukaan. Lisäksi tavoitteena oli jakaa tietoa valokuidusta ja innostaa alueen toimijoita parantamaan tietoliikenneyhteysiään ja tätä kautta toimintamahdollisuuksiaan.

Valokuituverkko koostuu asiakkaiden päätelaitteista, verkon aktiivi- ja passiivilaitteista, kuten lähettimistä, vastaanottimista ja toistimista, sekä verkossa käytettävistä kaapeleista. Verkon topologiat ovat aktiivinen tähti, passiivinen tähti sekä PON-verkko (Passive Optical Network). Lisäksi valokuituverkoissa käytetään aallonpituuteen perustuvia kanavointitekniikoita.

Valokuituverkon tarve sekä mielenkiinto alueella kartoitettiin ja suunnitteluohjelmistoksi valittiin Keypro Oy:n toimittama KeyCom, jolla suunniteltiin verkko Orimattilaan sekä Myrskylään. Verkon toteuttaminen tulee maksamaan pelkästään Orimattilan osalta 10 - 20 miljoonaa euroa, joten verkon rahoittajan löytäminen aiheuttaa haasteita.

Asiasanat: valokuitu, verkkosuunnitelma

Lahti University of Applied Sciences  
Degree Programme in Information Technology

OJALA, JUUSO:

Planning of fiber optic network in a  
sparsely populated area  
Case: Orimattila - Myrskylä - Lapinjärvi

Bachelor's Thesis in Telecommunications, 41 pages

Spring 2014

ABSTRACT

---

Year by year more capacity and reliability is required from network connections. The speed of telephone lines and the coverage and reliability of today's wireless connections is not enough to meet the requirements of a modern telecommunications network, especially in sparsely populated areas. In those areas there are lot of residents and companies, who need fast and reliable connections every day. The solution is optical fiber. A fiber optic network can be used to carry all imaginable information, and the capacity of the network is almost unlimited. Optical fiber provides a fast and reliable connection and the bandwidth is practically unlimited.

The aim of this Bachelor's Thesis and the Orimattila - Myrskylä - Lapinjärvi network planning project was to find out whether residents and companies of this area are interested to have a fiber optic connection and to plan the network in this area on the basis of this interest. In addition, the aim was to distribute knowledge about optical networks and inspire the residents and companies to improve their network connections.

The fiber optic network consists of user-end devices, active and passive devices such as transmitters, receivers and repeaters, and the cables used in the network. Topologies of network are active star, passive star and passive optical network (PON). Some wavelength-based multiplexing techniques are also used in fiber optic networks.

The need for and interest in the fiber optic network was surveyed, and KeyCom, made by KeyPro Oy, was chosen as the network planning program. It was used to plan the network in Orimattila and Myrskylä. Building this network just in Orimattila is going to cost from ten to twenty million euros, so it is going be a challenge to find the investor for the network.

Keywords: fiber optic, network plan

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	OPTINEN SIIRTOTIE	4
2.1	Optiset kuidut	5
2.1.1	Optisen tiedonsiirron perusteet	5
2.1.2	Kuidun valmistaminen	7
2.1.3	Optisen kuidun ominaisuuksia	8
2.2	Valokaapelit	11
2.2.1	Kaapelirakenteet	11
2.2.2	Kaapelien ominaisuudet	14
3	VALOKUITUVERKON TEKNIikka	17
3.1	Valokuituverkossa käytettävät laitteet	17
3.1.1	Aktiivilaitteet	17
3.1.2	Passiiviset komponentit	19
3.2	Valokuituverkon siirtotekniikat	19
3.2.1	Jakeluverkot	20
3.2.2	Runkoverkot	22
4	VERKON SUUNNITTELU	24
4.1	Olemassa olevien ja tulevien verkkojen kartoitus	24
4.2	Tarpeen sekä mielenkiinnon kartoittaminen	25
4.3	Suunnitteluohjelma ja sen valinta	28
4.3.1	Suunnitteluohjelmistojen esittely	28
4.3.2	Suunnitteluohjelmiston valintakriteerit	29
4.3.3	Suunnitteluohjelmiston valinta	29
4.4	Verkon suunnittelu	32
4.4.1	Reittisuunnittelu	32
4.4.2	Tekninen suunnittelu	33
4.5	Verkon kustannuslaskenta	38
5	YHTEENVETO	39
5.1	Työn onnistuminen ja tavoitteiden täytyminen	39
5.2	Valokuidun tulevaisuus Orimattilassa, Myrskylässä ja Lapinjärvellä	39
5.3	Valokuidun tulevaisuus Suomessa ja maailmalla	40
	LÄHTEET	42

## LYHENNELUETTELO

ATM	Asynchronous Transport Module, asynkroninen siirtomuoto
FTTB	Fibre To The Building, kuitu talojakamoon
FTTC	Fibre To The Curb, kuitu jakokaapille
FTTH	Fibre To The Home, kuitu kotiin
FTTN	Fibre To The Node, kuitu keskittimelle
IP	Internet Protocol, IP-pakettien perille hoitamisesta huolehtiva protokolla
LED	Light Emitting Diode, valodiodi
NA	Numeerinen aukko
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy, plesioskroninen digitaalinen hierarkia
PON	Passive Optical Network, passiivinen optinen verkko
P2P	Point-to-point, pisteestä-pisteeseen-verkkotekniikka
P2MP	Point-to-multipoint, pisteestä-moneen-pisteeseen-verkkotekniikka
SDH	Synchronous Digital Hierarchy, synkroninen digitaalinen hierarkia
VLAN	Vitual Local Area Network, looginen lähiverkko

# 1 JOHDANTO

Tietoliikenneverkossa siirrettävän datan määrä kasvaa jatkuvasti, ja yhteyksiltä vaaditaan koko ajan enemmän ja enemmän siirtonopeutta sekä luotettavuutta. Nykyaikaiset langattomat yhteydet eivät varsinkaan haja-asutusalueilla ole riittäviä liikkuvan kuvan ynnä muun suurta kapasiteettia ja luotettavaa yhteyttä vaativan datan siirtoon. Niinpä valokuidun kysyntä kasvaa koko ajan ja verkkoja rakennetaan ympäri Suomea.

Valokuitu on laadukas siirtotie tietoliikenneverkossa. Tiedonsiirron nopeus on moninkymmenkertainen mihin tahansa muuhun siirtotiehen verrattuna. Lisäksi kuitu on immuuni sähköisille sekä radiotaajuuksisille häiriöille, sillä kuidussa ei kulje ollenkaan sähköä. Valokuidun käyttöikä on pitkä, jopa 50 vuotta, ja häviöt siirtotieillä ovat pieniä verrattuna esimerkiksi kupariyhteyksiin. Yksi valokuidun eduista on se, että kaapelit menevät pääosin maan alla, jolloin ne eivät ole alttiina sääoloille tai fyysisille vauriotekijöille. Tällöin valokuitu on hyvin luotettava siirtotie.

Valokuituverkko mahdollistaa mitä moninaisimmat palvelut, joita nyt ja tulevaisuudessa voidaan edes kuvitella tarvittavan. Verkon kautta hoituvat niin häiriöttömät videoneuvottelut, puhelut kuin isojen tiedostojen sujuvat ja luotettavat siirrotkin. Tämä mahdollistaa sujuvan etätöiden tekemisen, jolloin välillisesti säästetään myös luontoa ja rahaa. Lisäksi valokuitu on toimivin ratkaisu myös viihdekäytössä, sillä yhteys mahdollistaa muun muassa sujuvan internetin selaamisen, verkkopelit sekä mitä erilaisimmat TV- ja musiikkipalvelut. Valtaosa palveluntarjoajista tarjoaa myös kaapeli-tv:n palvelut valokuituverkossaan.

Myös eteläisessä Suomessa on merkittäviä puutteita tietoliikenneinfrastruktuurissa, jopa isommissa taajamissakin. Esimerkiksi Orimattilassa sekä Myrskylässä valtaosa yhteyksistä on vanhoja kupariyhteyksiä, joiden teoreettinen nopeus on maksimissaan 8/1 Mbit/s. Todellinen nopeus jää usein vieläpä murto-osaan tästä. On selvää, ettei tällainen tietoliikenneyhteys riitä tehokäyttäjälle tai etätöitä tekeväälle ihmiselle, saati sitten kasvavan yrityksen tarpeisiin.

Myrskylän kunnanhallitus on jo muutama vuosi sitten tehnyt periaatepäätöksen, että sinne, minne kunta vie vesijohtoa tai viemäriä, rakennetaan samalla myös valokuitua. Kun mistään ei näyttänyt löytyvän toimijaa, joka olisi verkkoja alueelle rakentanut, päätti Myrskylän kunta perustaa yhdessä Lapinjärven kunnan kanssa verkkoyhtiön, jonka tarkoituksena oli rakentaa kuntien alueelle valokuituverkko.

Kuitenkin juuri ennen verkkoyhtiön perustamista tuli tieto, että eräs eteläsuomalainen valokuitutoimija olisikin halukas ostamaan kuntien olemassa olevat valokuituyhteydet ja rakentaamaan omat verkkonsa kuntiin. Niinpä yhtiö jätettiin perustamatta ja kunnat saivat omat rahansa pois valokuituverkoistaan. Samaan aikaan alueelle puuhattiin ELY-keskuksen rahoittamaa verkkosuunnitelmahanketta, jonka tarkoitus olisi suunnitella Lapinjärvelle sekä Myrskylään tulevat verkot.

Orimattilassa puolestaan oli järjestetty Sadan megan maakunta -hankkeen toimesta loppuvuodesta 2011 laajakaistakysely, ja siihen vastanneista kaupunkilaisista valtaosa oli kiinnostunut parantamaan internetyhteyttään. Vastaajista jopa 65 % halusi sadan megan yhteyden muutaman vuoden sisällä, joten myös Orimattilassa oli selkeää tilausta valokuituverkolle. (Orimattilan laajakaistakysely 2011, 30.)

Myös Orimattilan ja entisen Artjärven yhdistymissopimus piti sisällään pykälän Orimattilan kaupungin osallistumisesta entisen Artjärven alueen laajakaistayhteyksien parantamisesta. Myös Orimattilassa oli pyöritelty ajatuksia koko kaupungin kattavasta valokuituverkosta, joten oli luontevaa yhdistää Orimattila samaan suunniteluhankkeeseen. (Orimattilan ja Artjärven yhdistymissopimus 2010, 10.)

Hankkeen toteuttajaksi valikoitui Lahden tiede- ja yrityspuisto Oy. Tätä kautta hankkeeseen saatiin luotettava toimija. Hankkeen aikana tapahtui yritysfuusio, jonka seurauksena yrityksen nimeksi vaihtui Lahden Seudun Kehitys LADEC Oy. Hanke alkoi lokakuussa 2012 kartoitus- ja selvitystyöllä. Sen jälkeen siirryttiin suunnittelemaan verkkoa. Hankkeen teknisen osan oli määrä olla valmis kesäkuun lopussa 2013 ja kokonaisuudessaan hanke päättyi joulukuussa 2013.

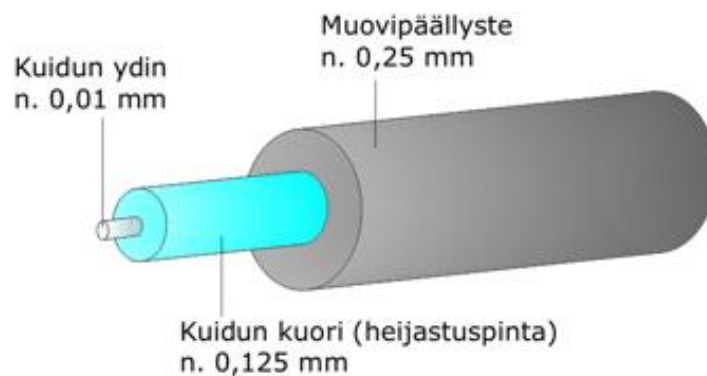
Hankkeen tavoitteena oli selvittää Orimattilan, Myrskylän ja Lapinjärven asukkaiden ja yritysten mielenkiinto valokuituverkkoa kohtaa sekä suunnitella verkko alueelle ja laskea verkon toteuttamiskustannuksia. Lisäksi tavoitteena oli lisätä alueen ihmisten tietoisuutta ja mielenkiintoa valokuitua kohtaan.



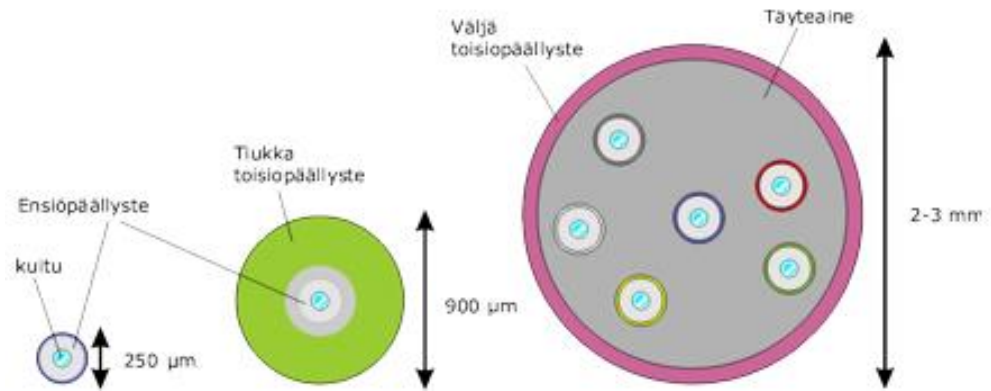
## 2 OPTINEN SIIRTOTIE

Valokuidun toimintaperiaate on yksinkertainen. Kuidun ytimessä kulkee valopulseja, joista jokainen vastaa yhtä bittiä. Yksi optinen kuitu voi kuljettaa jopa satoja megabittejä dataa sekunnissa. Valokuitu on myös immuuni sähköisille häiriöille, ja signaalin vaimeneminen siirtotiellä on lähes olematonta. (Kurose & Ross 2001, 37.)

Valokuidun perusrakenne koostuu ytimestä sekä vaipasta. Vaipassa on usein ensiö- ja toisiöpäällyste sekä täyteaine. Ensiöpäällysteen tehtävä on suojata kuitua naarmuuntumiselta ja kosteudelta. Kuitujen jatkamisen takia päällysteen on kuitenkin oltava helposti kuorittavissa. Päällysteeseen tehdään usein myös värjäys kuitujen tunnistamista helpottamaan. Etenkin vesistökaapeleissa kuoren päälle lisätään usein ohut hiili- tai metallikerros estämään veden tai kosteuden pääsyä kuituun. Tällaista kuitua kutsutaan hermeettiseksi kuiduksi. Ensiöpäällysteen lisäksi kuidun suojana käytetään toisiöpäällystettä tai muuta vastaava suojausta. Jos toisiöpäällyste on polymeerikerros, joka on suoraan kiinni ensiöpäällysteessä, on kyseessä tiukka toisiöpäällyste. Tällaisen päällysteen halkaisija on noin 900 µm. Väljän päällysteen tapauksessa on kyse muoviputkesta, jonka sisällä on yksi tai useampia kuituja. Kuidun perusrakenne sekä toisiöpäällysteiden erot selviävät kuvioista 1 ja 2. (Peltonen, Perkkiö & Vierinen 2007, 197 - 198; Kuitu.net 2013.)



KUVIO 1. Optisen kuidun rakenne (Kuitu.net 2013)



KUVIO 2. Toisiopäällysteiden erot (Kuitu.net 2013)

## 2.1 Optiset kuidut

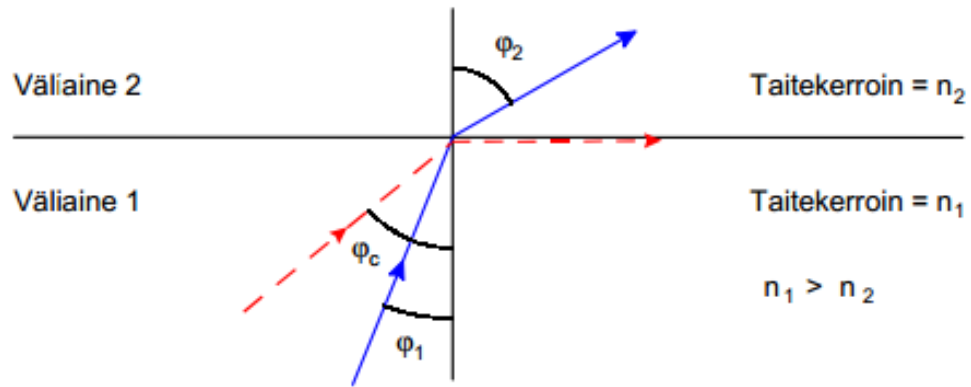
### 2.1.1 Optisen tiedonsiirron perusteet

Optisen kuidun toiminta perustuu valon taittumiseen ja heijastumiseen kahden aineen rajapinnassa. Kuituun saapuu valonsäteitä, joiden taittuminen ja heijastuminen noudattavat Snellin lakia, joka nähdään kaavasta 1:

$$n_1 \sin \varphi_1 = n_2 \sin \varphi_2$$

KAAVA 1. Snellin laki (Peltonen, Perkkö & Vierinen 2007, 194.)

Kaavassa 1  $n_1$  on väliaineen 1 taitekerroin,  $\varphi_1$  valonsäteen tulokulma,  $n_2$  väliaineen 2 taitekerroin ja  $\varphi_2$  valonsäteen heijastunut kulma. Kuviossa 3 nähdään valonsäteiden käyttäytyminen rajapinnassa, kun  $n_1 > n_2$ .

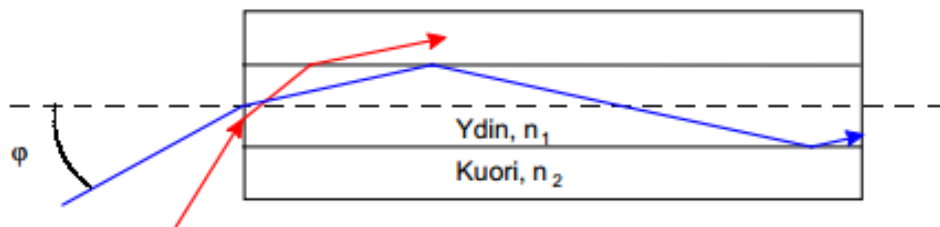


KUVIO 3. Snellin laki ja kriittinen kulma (Helkama 2004, 17)

Kuviossa 3 nähdään myös kriittinen kulma, joka tarkoittaa sitä kulmaa, jossa valo ei enää heijastu väliaineesta toiseen, vaan taittuu takaisin tulosuuntaan. Kriittinen kulma voidaan laskea kaavasta 2:

$$\varphi_c = \arcsin \frac{n_2}{n_1}, \text{ tällöin } \varphi_2 = 90^\circ$$

KAAVA 2. Kriittinen kulma (Helkama 2004, 17)



KUVIO 4 Optisen kuidun poikkileikkaus (Helkama 2004, 18)

Kuviossa 4 on esitetty optisen kuidun poikkileikkaus, josta ilmenee valonsäteiden etenemismalli kuidun sisällä. Kuidun ytimen taitekerroin on suurempi kuin kuoren taitekerroin. Kun valonsäteiden tulokulma  $\varphi$  on riittävän pieni, heijastuu valonsäde kuoren ja ytimen rajapinnasta ja lähtee etenemään kuidun ydintä pitkin. Jos tulokulma on liian suuri, valonsäteet etenevät rajapinnan läpi kuoreen. Suurimman sallitun tulokulman sin-arvoa kutsutaan numeriseksi aukoksi NA, ja se voidaan laskea kaavalla 3:

$$NA = \sin\varphi_{max}$$

KAAVA 3. Numeerinen aukko. (Helkama 2004, 18)

Suurimman sallitun tulokulman avulla voidaan määritellä hyväksymiskartio, eli se sektori, jonka alueelta tulevat valonsäteet lähtevät etenemään kuidussa. (Helkama 2004, 17 - 18; Peltonen ym. 2007, 199.)

### 2.1.2 Kuidun valmistaminen

Optinen kuitu valmistetaan kvartsilasista, koska sillä on huomattavasti tavallaista ikkunalasia paremmat ominaisuudet tiedonsiirtokäyttöön. Lämpölaajeneminen on pientä, mutta kestävyys ja valonläpäisykyky taas ovat huippuluokkaa. Lasiin sekoitetaan sopivaa lisäainetta, kuten germaniumoksidia, jotta ytimen kuoren välille saadaan muodostettua riittävä taitekerroin. Kuitu valmistetaan noin metrin mittaista ja 20 - 100µm paksua lasisauvaa venyttämällä ja yhdestä metrin mittaisesta sauvasta voidaankin valmistaa jopa noin 250 kilometriä valmista kuitua. Jotta kuidun valmistus onnistuisi, täytyy lasin lämpötilan olla hyvin korkea, jopa yli 2 000 celsiusastetta. (Kuitu.net 2013; Helkama 2004, 20.)

Ohueksi venytetty lasi on hyvin herkkä katkeamaan, joten se täytyy pinnoittaa. Pinnoitus tehdään nestemäisellä akrylaatilla, jolla saadaan riittävä vahvuus kuidun käsittelyyn. Akrylaatti kovetetaan kuidun päälle ultravioletisäteillä. Kuitu on heti akrylaatin kovetuttua täysin käsiteltävissä, ja se rullataankin heti kelalle jatkokäsittelyä ja kuljetusta varten. (Kuitu.net 2013.)

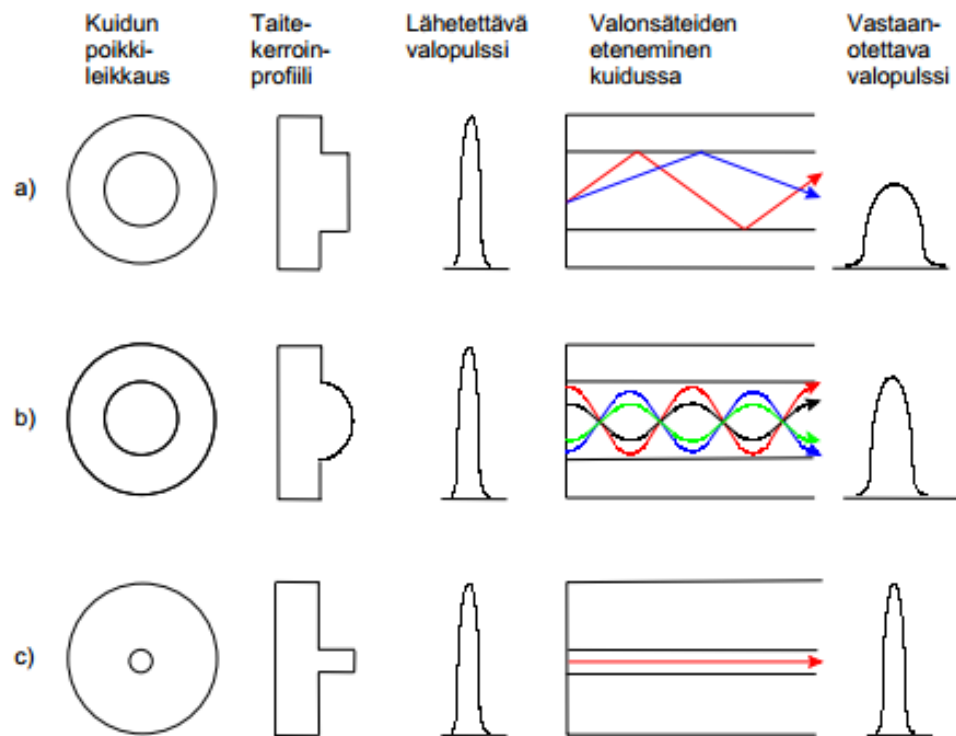
Ennen kuin kuitu lähtee tehtaalta, siitä testataan useita asioita, kuten esimerkiksi vetolujuus. Tällä keinoin taataan kuidun oikea toiminta ja pitkä käyttöikä. Sen lisäksi kuidun optiset ominaisuudet, kuten esimerkiksi vaimennus ja sironna, mitataan tehtaalla. Myös kuidun pinnoitteen lujuus testataan erilaisilla taivutuskokeilla ja mittauksilla. (Kuitu.net 2013.)

### 2.1.3 Optisen kuidun ominaisuuksia

Optiset kuidut voidaan jaotella kolmeen pääryhmään valon etenemisen perusteella. Ensimmäinen tyyppi on askeltaitekertoiminen monimuotokuitu eli askelkuitu, jossa valo heijastuu suoraan verrannollisesti tulokulmaan, koska kuidun ytimen halkaisija on huomattavasti suurempi kuin käytetyn valon aallonpituus. Eri taajuuksilla valolla on eri matka kuljettavana, joten matkalla syntyy muotodispersiota, eli pulssi levenee edetessään. (Kuitu.net 2013.)

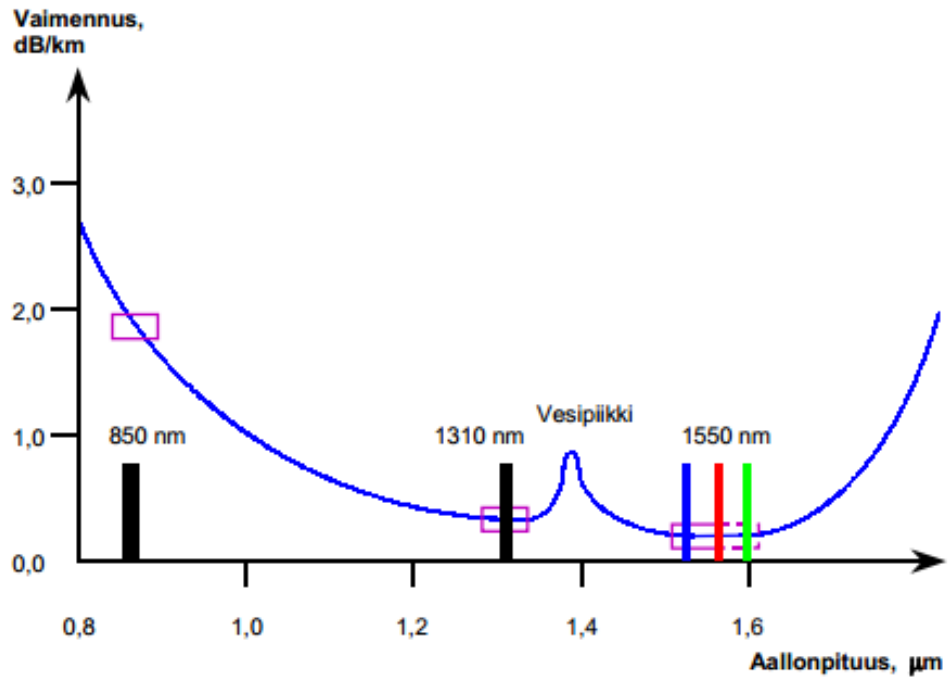
Toinen tyyppi on asteittaistaitekertoiminen monimuotokuitu eli asteittaiskuitu, jossa valonsäteet taittuvat vähitellen kuorta lähestyttäessä toisin kuin askelkuidussa. Tästä syystä valonnopeus on suurempi kuidun laidoilla kuin keskiosassa, joten muotodispersio on pienempi. (Kuitu.net 2013.)

Kolmannen tyypin muodostavat yksimuotokuidut. Niissä ytimen halkaisija on niin pieni, ettei valon taittumista juurikaan tapahdu, vaan valo etenee suoraviivaisesti. Yksimuotoisessa kuidussa ei tapahdu ollenkaan muotodispersiota, mutta sen sijaan siinä ilmenee kromaattista dispersiota. Yksimuotokuiduissa vaimennus on huomattavasti pienempi kuin monimuotokuiduissa, koska signaali etenee kuidussa suoraan. Kuviossa 5 nähdään valon käyttäytyminen eri kuitutyypeissä. Askelkuitua ei juurikaan käytetä käytännön sovelluksissa sen optisten ominaisuuksien takia. (Helkama 2004, 18 - 19; Kuitu.net 2013.)



KUVIO 5. Askelkuidun (a), asteittaiskuidun (b) ja yksimuotokuidun (c) toimintaperiaate (Helkama 2004, 19)

Valokuidun tärkeimmät optiset ominaisuudet ovat vaimennus, kaistanleveys (monimuotokuiduissa), dispersio (yksimuotokuiduissa), raja-aallonpituus (yksimuotokuiduissa) sekä numeerinen aukko (monimuotokuiduissa, määritelmäluvussa 2.1.1). Vaimennus tarkoittaa kuidussa etenevän valotehon pienenemistä, ja sen yksikkö on dB/km. Vaimennus aiheutuu pääasiassa absorptiosta ja sironnasta. Absorptio tarkoittaa sitä, että valoteho imeytyy kuidun materiaaliin. Sironna taas tarkoittaa kuidussa olevien hyvin pienten taitekerroinerojen aiheuttamaa valon satunnaista heijastumista. Optisen tiedonsiirron eri taajuusalueilla esiintyvät vaimennukset on esitetty kuviossa 6. Vaimennusta aiheuttavat myös kuidun mikrotaijummat (säde  $< 1$  mm) ja makrotaijummat (säde  $\gg 1$  mm) sekä vety ja radioaktiivinen säteily. Näitä tekijöitä pyritään minimoimaan sopivilla kaapelirankenteilla sekä asennusmenetelmillä. (Helkama 2004, 22; Peltonen ym. 2007, 198.)



KUVIO 6. Optisen kuidun vaimennuksen periaatekuva (Helkama 2004, 23)

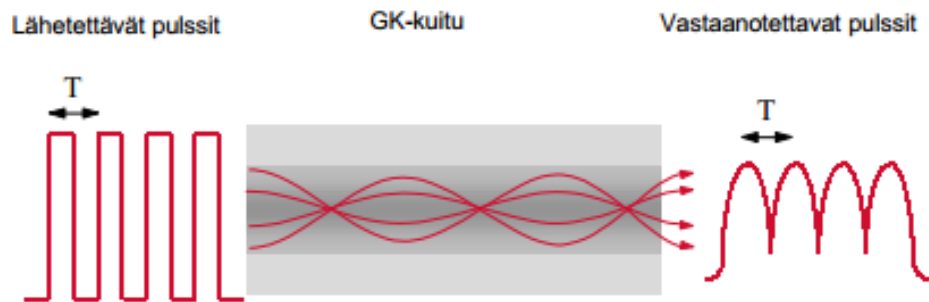
Dispersio johtuu pääasiassa siitä, että eri valon aallonpituudet etenevät hieman eri nopeudella. Dispersio esitetään arvolla  $\text{ps}/(\text{nm} \cdot \text{km})$ . Negatiivinen dispersio tarkoittaa sitä, että pitemmät aallonpituudet etenevät nopeammin kuin lyhyet ja positiivinen dispersio taas päinvastoin. Mitä kapeampaa valon taajuusaluetta käytetään, sitä pienempää on dispersio. (Helkama 2004, 23 - 24.)

Yksimuotokuidun raja-aallonpituus on pienin aallonpituus, jolla valo etenee kuidussa yksimuotoisesti, eikä muutu useiksi erilaisiksi etenemismuodoiksi. Raja-aallonpituuden pitääkin olla pienempi, kuin kuin kuidussa käytettävän valon aallonpituus. (Helkama 2004, 24.)

Monimuotokuidun kaistanleveys tarkoittaa siirrettävän signaalin suurinta mahdollista taajuutta. Kaistanleveys riippuu käytetystä aallonpituudesta, ja sen yksikkö on  $\text{MHz} \cdot \text{km}$ . Jos kuidun kaistanleveydeksi ilmoitetaan esimerkiksi  $1\,000 \text{ MHz} \cdot \text{km}$ , on suurin kilometrin matkalla siirrettävä taajuus  $1\,000 \text{ MHz}$ .

Vastaavasti jos etäisyys kaksintertaistuu, tippuu suurin mahdollinen käytettävä taajuus puoleen. Kaistanleveys siis rajoittaa sekä siirtonopeutta että etäisyyttä. Valokuidun rajallinen kaistanleveys johtuu disperisota eli valon eri aallonpituuksien kuluaikaeroista. Kuviossa 7 nähdään, miten monimuotokuituun

tietyllä aikaväleillä lähetetyt pulssit muuttuvat siirtotiellä. Tämän aikavälin on oltava riittävän suuri, jotta pulssit eivät leviä liikaa ja sekoitu, eli taajuuden on oltava riittävän matala. Kaistanleveys kuvaa juuri tätä taajuutta. (Helkama 2004, 25 – 26.)



KUVIO 7. Monimuotokuidun kaistanleveys (Helkama 2004, 26)

## 2.2 Valokaapelit

Optisista kuiduista valmistetaan valokaapeleita. Kaapelirakenteen tehtävän on suojata kuituja rasituksilta sekä vaurioitumiselta. Tavoitteena pidetään rakennetta, jolla kuidun kestoikäksi saadaan jopa 30 vuotta. Kaapelin on myös oltava helposti asennettavaa sekä edullista. Tämä asettaa omat haasteensa kaapelien suunnitteluun ja valitsemiseen. (Helkama 2004, 29.)

Valokaapeli koostuu useista osista. Ensimmäinen osa on itse optinen kuitu sekä sen suojustus. Lisäksi kaapelissa on sydänrakenne ja jokin täyteaine sekä erilaisia veto- ja lujite-elementtejä. Kaapelin ulointa osaa kutsutaan vaipaksi. (Helkama 2004, 29.)

### 2.2.1 Kaapelirakenteet

Valokaapelit voidaan jakaa rakenteensa puolesta kolmeen pääryhmään. Ensimmäisen tyyppi on kerrattu rakenne. Siinä toisiopäällystetyt kuidut on kerrattu keskielementin ympärille. Rakenne voi olla tiukka tai väljä riippuen siitä, millainen kuitujen toisiopäällyste on. Kerratussa rakenteessa keskielementti toimii samalla veto- ja lujite-elementtinä; tämä onkin yksi vanhimmista kaapelirakenteista. (Helkama 2004, 30 – 31.)

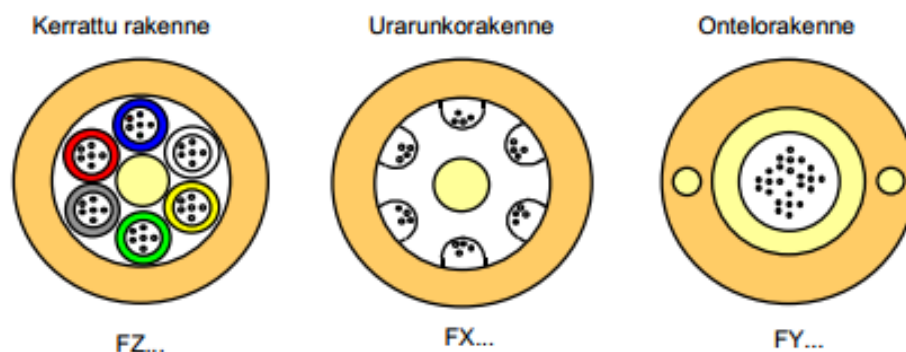


Toisen tyyppin muodostavat urarunkorakenteelliset kaapelit. Niissä kaapelin sydän muodostuu muovitangossa, jossa on pituussuuntaisia uria. Urat kiertävät rungon ympäri, ja kuidut sijaitsevat väljästi näissä urissa. Tällaisen rakenteen etuja ovat hyvä puristuslujuus sekä kuitujen ja rakenteen selkeys asennuksissa. Kuidut voidaan helposti irrottaa toisistaan hitsausten tekemiseksi. Urarungon halkaisija on 6 - 12 millimetriä, ja rungon keskellä on vetoelementti. Kuviossa 8 on havainnekuva valokaapelista, joka on tehty urarunkorakenteella. (Helkama 2004, 31.)



KUVIO 8. Urarunkorakenteellinen kaapeli sisä- ja ulkokäyttöön (Helkama 2004, 31)

Kolmas tyyppi on ontelorakenne, jossa kaapelin ydin muodostuu halkaisijaltaan 6-10 millimetriä paksusta putkesta, jonka sisällä kuidut ovat vapaasti. Kuidut on niputettu eri ryhmiin asennusta helpottamaan. Tällaisella rakenteella on hyvä puristuslujuus. Riittävä vetolujuus saadaan aikaan joko vaipan ja ytimen välissä olevalla lujitekerroksella tai sitten vaipassa olevalla vetoelementillä. (Helkama 2004, 31.)



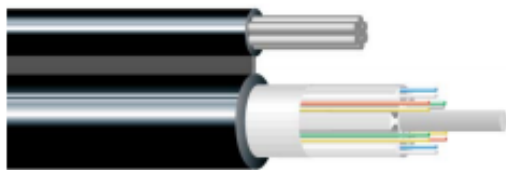
KUVIO 9. Erilaiset valokaapelirakenteet (Helkama 2004, 31)

Täyteaineita on olemassa erilaisia. Ulkokaapeleissa sydän on yleensä täyterasvaa tai geeliä, jotta kuidut saadaan suojattua vedeltä ja kosteudelta. Myös väljässä

kerratus rakenteessa putket on yleensä täytetty. Kunnollisessa kaapelissa ei ole tilaa vedelle, ja vaikka vettä jostain syystä pääsisikin kaapelin, on sen eteneminen kaapelin sisällä estetty. (Helkama 2004, 32.)

Valokaapelin rakenteen on oltava sellainen, ettei siihen aiheudu asennuksessa tai käytössä rasitusta, joka vaikuttaa kaapelin toimimiseen tai käyttöikään. Rasitus kohdistetaan veto- tai lujite-elementteihin, jotka mitoitetaan siten, että vetorasituksen aiheuttama venymä ei ylitä sallittuja arvoja. Usein vetoelementti sijaitsee kaapelin keskellä, ja se voi olla metallinen tai metalliton. Metallinen vetoelementti valmistetaan usein teräslangasta ja metalliton lasikuidulla vahvistetusta muovista. Metalliton vetoelementti antaa kaapelille hyvän vetolujuuden ilman, että kaapelista tulee painavaa. Lisävahvistuksena voidaan käyttää aramidikuitukerrosta tai lasikuitunauhoja sydämen ja vaipan välissä. (Helkama 2004, 32.)

Ontelorakenteessa ei ole keskielementtiä, vaan vetoelementtinä käytetään vaipassa olevia teräksestä tai lasikuitumuoviseoksesta valmistettuja lankoja. Myös vaipan ja kuoren väliin voidaan sijoittaa vahvikekerros. Ilmakaapeleissa vetoelementtinä käytetään teräslangoista valmistettua kannatinköyttä, joka on yleensä sijoitettu varsinaisen valokaapelin yläpuolelle niinsanotuksi 8-rakenteeksi. Kuviossa 10 nähdään havainnekuva ilmakaapelista. (Helkama 2004, 38 – 39.)

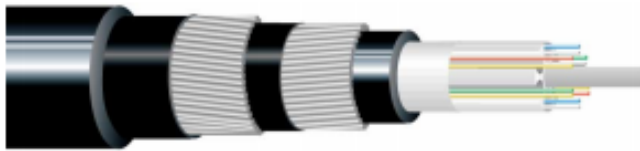


KUVIO 10. 8-rakenteinen ilmakaapeli (Helkama 2004, 39)

Vaippa pitää kaapelin kossa ja suojaa kaapelia ulkoisilta vaurioilta. Ulkokaapelin vaippa on yleensä polyeteenimuovia, johon on sekoitettu pieni määrä hiilimustaa, jotta se kestää auringonvaloa. Vaippaan on laminoitu alumiini- tai teräsnauha, joka tukee vaipan rakennetta ja estää kosteutta pääsemästä kaapelin sisään. Sisäkäyttöön sopivissa kaapeleissa vaippa on tehty itsestään sammuvasta ja vähän savua muodostavasta termoplastisesta polymeerista. Kaapelin vaippaan merkitään kaapelin pituus- ja tyyppimerkinnot. Näistä selviää esimerkiksi kaapelityyppi,

kutumäärä, valmistaja sekä valmistusaika. Lisäksi vaippaan tehdään pituusmerkinnät metrin välein. (Helkama 2004, 33.)

Vesistöissä kaapeleilta vaaditaan hyvää suojaa kosteutta vastaan, joten niissä käytetään pöyrölanka-armeerattuja valokaapeleita. Teräksisten armeerauslankojen määrä riippuu olosuhteista, johon kaapeli tullaan asentamaan. Kaapeleiden on kestävä vedon ja kosteuden lisäksi veden liikkeestä johtuvaa hankausta ja vedenalaista painetta. Rakenteen tulee myös olla sellainen, että kaapeli asettuu tukevasti vesistön pohjaa vasten. Matalan veden kaapeleille riittää kaksi kerrosta 1,4 mm armeerauslankoja, kun taas syvän veden kaapelit vaativat useita armeeraus- ja vaippakerroksia. Lisäksi kuidut suojataan kupari- ja lyijyputkilla tai hermeettisellä päällystyksellä. (Helkama 2004, 39.)



KUVIO 11. Vesistökaapeli (Helkama 2004, 39)

### 2.2.2 Kaapelien ominaisuudet

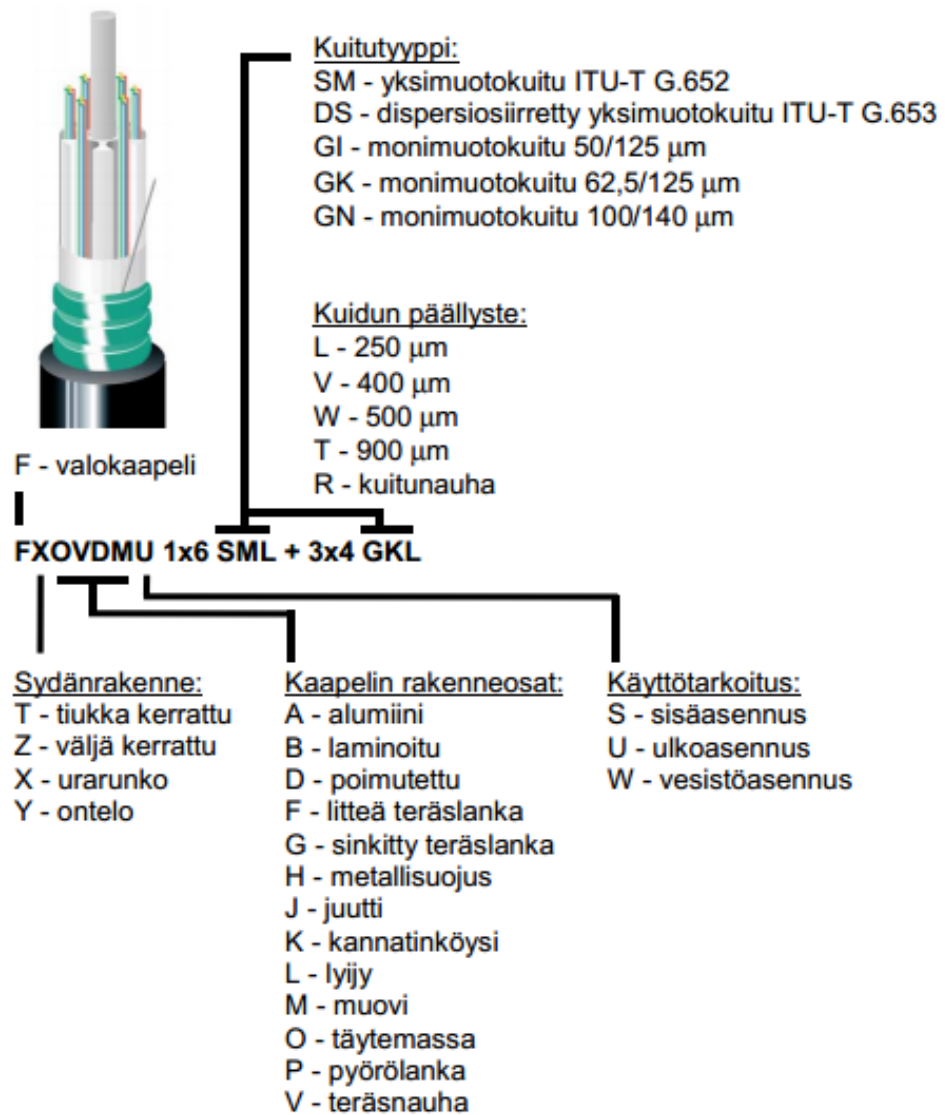
Valokaapelin tärkeimmät ominaisuudet ovat riittävä mekaaninen kestävyys sekä käyttötarkoitukseen sopiva käyttölämpötila-alue. Kaapelin lämpötila-alueet on määritelty sekä asennuksen että käytön osalta. Käytön lämpötila-alue tarkoittaa sitä aluetta, jolla kaapeli toimii valmistajan speksien mukaisesti.

Asennuslämpötila taas tarkoittaa sitä lämpöaluetta, jossa kaapeli voidaan asentaa vaurioittamatta sitä. (Helkama 2004, 34.)

Kaapeleiden käytön takia niiden jako sisä- ja ulkokaapeihin on hyvin tärkeää. Sisällä ja ulkona vallitsevat olosuhteet aiheuttavat kaapeleille hyvin erilaisia vaatimuksia. Sisäkaapeleiden on oltava metallittomia ja kuivia. Niissä pitää olla itsestäänsammuttava vaippa, joka tuottaa palaessaan vain vähän savua, ja niiden on myös oltava helposti asennettavissa ahtaisiin paikkoihin. Ulkokaapeleiden taas tulee olla mekaanisesti kestävämpiä kuin vastaavien sisäkaapeleiden, koska niiden tulee kestää ulkona vallitsevat olosuhteet, kuten kosteus, kylmyys, auringonpaiste

ynnä muut. Sen lisäksi niiden on myös kestettävä käsittelyä ulkona. On olemassa myös kaapeleita, joita voidaan käyttää sekä sisällä että ulkona. Tällaisia kaapeleita käytetäänkin yleisesti aluekaapeloinneissa sekä nousukaapeleina. (Helkama 2004, 34 – 35.)

Valokaapeilla on käytössä tunnistusjärjestelmä, jonka avulla kaapelin tyyppimerkintä muodostetaan. Lisäksi on olemassa tunnistusjärjestelmä, jolla kuidut ja kuituryhmät erotetaan toisistaan. Kuviossa 12 on esitetty kaapelin tyyppimerkinnän muodostaminen. Standardissa SFS 5648 on määritelty suomalaiset tyyppimerkinnät sekä tunnistusjärjestelmät. (Helkama 2004, 39 – 40.)



KUVIO 12. Valokaapelin tyyppimerkinnän muodostuminen (Helkama 2004, 40)

### 3 VALOKUITUVERKON TEKNIikka

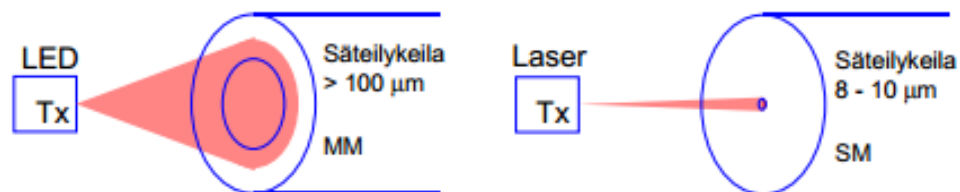
#### 3.1 Valokuituverkossa käytettävät laitteet

##### 3.1.1 Aktiivilaitteet

Valokuituverkossa tarvitaan pelkän kaapelin lisäksi myös erilaisia laitteita, joilla valoa lähetetään, ohjataan ja vastaanotetaan. Lähetintä käytetään muodostamaan sähköisestä signaalista valoa, joka etenee kuidussa. Lähetin voi toimia joko ledillä tai laserilla. Laserilla on lediä lyhyempi nousuaika, suurempi lähtöteho sekä kapeampi spektri. Tästä syystä pitkille yhteyksille käytetään lähinnä laserlähetintä ja lediä käytetään vain lyhyillä etäisyyksillä ja alhaisemmillä siirtonopeuksilla. Ledejä käytetään tavallisesti 10 Mbits/s ja 100 Mbit/s sovelluksissa lähinnä niiden huomattavasti edullisemmän hinnan takia. Ledejä ei kuitenkaan voida käyttää enää 1 Gbit/s sovelluksissa ledien ominaisuuksien takia, vaan näissä sovelluksissa joudutaan turvautumaan laser-lähettimiin. (Helkama 2004, 72.)

Led-lähtetimen teho on tavallisesti -20 - -5 dBm ja laserin -10 - +10 dBm. Ledin säteilypinta-ala ja numeerinen aukko ovat usein suurempia kuin kuidun pinta-ala ja numeerinen aukko. Näistä syistä ledistä saadaan kuituun huomattavasti pienempi teho. Laserlähetin sen sijaan on yleensä varustettu kuidunpätkällä, joka hitsataan käytettävään kuituun. Tällöin laserin tehoa ei mene hukkaan. Ledin ja laserin muodostaman valon kytkeytyminen kuituun nähdään kuviosta 13.

Kummankin lähtetimen kohdalla tulee huomioida, mille kuitutyypille lähtöteho on ilmoitettu. (Helkama 2004, 72.)

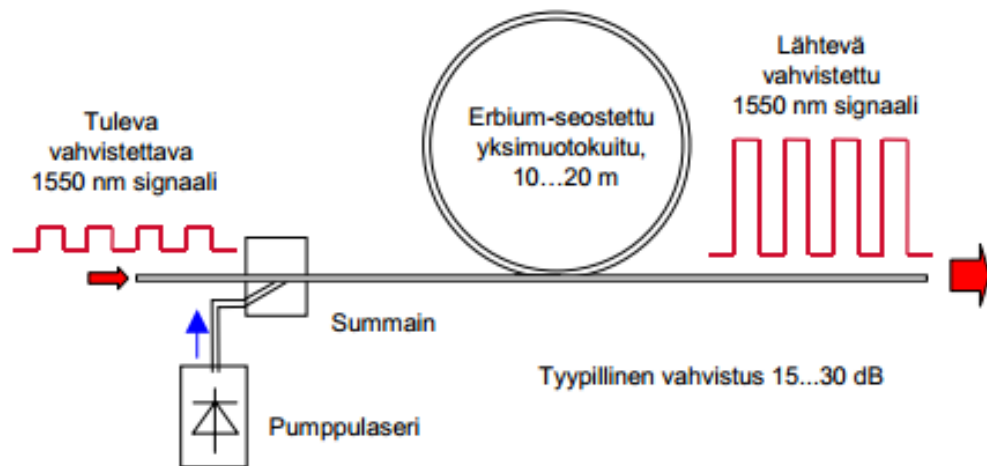


KUVIO 13. Ledin ja laserin säteilypinta-alat (Helkama 2004, 72)

Optisen siirtotien toisessa päässä käytetään vastaanotinta, joka muuttaa kuidussa etenevän valon takaisin sähköiseksi signaaliksi. Valon ilmaisinkomponentina

käytetään erilaisia diodeja. Vastaanottimen tärkeimmät ominaisuudet ovat herkkyys ja dynamiikka. Herkkyys tarkoittaa pienintä valotehoa, jolla signaali voidaan vastaanottaa riittävän virheettömästi. Dynamiikalla taas tarkoitetaan sitä tehoaluetta, jolla vastaanottimen toiminta on riittävän virheetöntä. Jos vastaanottimen dynamiikka ei ole riittävän suuri, joudutaan käyttämään erillistä optista vaimenninta. (Helkama 2004, 73.)

Pitkillä yhteysväleillä joudutaan toisinaan käyttämään optista vahvistinta. Optisen vahvistimen tehtävä on vahvistaa kuidussa kulkevaa valoa muuttamatta sitä välillä sähköiseen muotoon. Niitä käytetään pääasiassa merikaapeleissa, kuitutukissa sekä pitkissä runko-yhteyksissä. Valtaosa käytettävistä vahvistimista on niinsanottuja kuitulasereita, joiden toiminta perustuu pumppulaseriin sekä erbium-seostettuun kuitusilmukkaan, joka liitetään osaksi varsinaista siirtokuitua. Valo johdetaan pumppulaserista silmukkaan, joka saadaan näin viritystilaan. Tämä tila purkautuu samaan tahtiin varsinaisen signaalin kanssa, ja näin siirrettävää signaalia saadaan vahvistettua. Vahvistimen toimintaperiaate on havainnollistettu kuviossa 14. (Helkama 2004, 73.)



KUVIO 14. Optisen vahvistimen toimintaperiaate (Helkama 2004, 73)

Valokuituverkossa käytetään myös reitittimiä ja kytkimiä. Reitittimen tehtävä on yhdistää useita verkkoja ja ohjata liikennettä oikeaan paikkaan. Lisäksi reitittimellä voidaan ohjata liikenne kulkemaan haluttua reittiä, esimerkiksi suuremman kapasiteetin omaavan reitin kautta. Kytkimillä taas voidaan laajentaa verkkoa sekä sekä parantaa verkon suorituskykyä ja turvallisuutta jakamalla

verkko virtuaalisiin aliverkkoihin eli VLAN:eihin. Kytkimien ja reitittimien tehtävät ja ominaisuudet valokuituverkossa ovat siis aivan samat kuin kupariverkossa sillä eroavaisuudella, että portteihin kytketään kuitukaapelit eikä kuparia. (Kuitu.net 2013.)

### 3.1.2 Passiiviset komponentit

Optisessa verkossa on myös passiivisia komponentteja. Yksi tärkeimmistä on häntäkuitu, jota käytetään kaapelin päättämiseen sekä ulkokaapelin liittämiseksi sisäkaapeliin. Häntäkuitu on yleensä noin kaksi metriä pitkä optinen kuitu, jonka päässä on optinen liitin. Liitimet asennetaan kuituhin yleensä jo tehtaalla. Liittimet kytketään joko mekaanisesti tai hitsaamalla. Hitsaaminen on kuitenkin parempi vaihtoehto, sillä silloin liitos on optisesti parempi sekä mekaanisesti kestävämpi. (Kuitu.net 2013.)

Verkossa on myös passiivisia laitteita. Ensimmäinen niistä on optinen vaimennin, jonka tehtävänä on nimensä mukaisesti vaimentaa kuidussa kulkevaa valotehoa. Usein tämä tehdään siksi, että valo saadaan vastaanottimelle sopivaksi. Toinen passiivinen laite on optinen jaotin, jolla yhden kuidun valoteho jaetaan useisiin kuituihin. Tätä sovellusta käytetään sekä kaapeli-tv -verkoissa että PON - verkoissa (Passive Optical Network). Tällä tavalla voidaan vähentää verkossa tarvittavien aktiivilaitteiden määrää sekä hyödyntää liityntäverkkoa tehokkaasti. (Arvinen 2011, 20 – 21; Kuitu.net 2013.)

## 3.2 Valokuituverkon siirtotekniikat

Valokuitua voidaan käyttää tietoverkoissa erilaisilla ulottuvuuksilla. Tätä kuvataan termillä FTTX. Kirjain X kuvaa sitä, mihin asti verkko ulottuu optisena. FTTN (Fibre To The Node), kuitu keskittimelle, tarkoittaa sitä, että verkkoon tuleva runkoyhteys toteutetaan kuidulla, mutta itse verkkototeutetaan jollakin muulla tekniikalla. Verkko voi kattaa esimerkiksi kaupunginosan tai kylän. FTTC (Fibre To The Curb), kuitu jakokaapille, tarkoittaa käytännössä samaa asiaa. FTTB (Fibre To The Building) tarkoittaa kuidun tuomista rakennukseen, esimerkiksi talojakamoon, josta yhteys jaetaan esimerkiksi kuparilla asuntoihin.



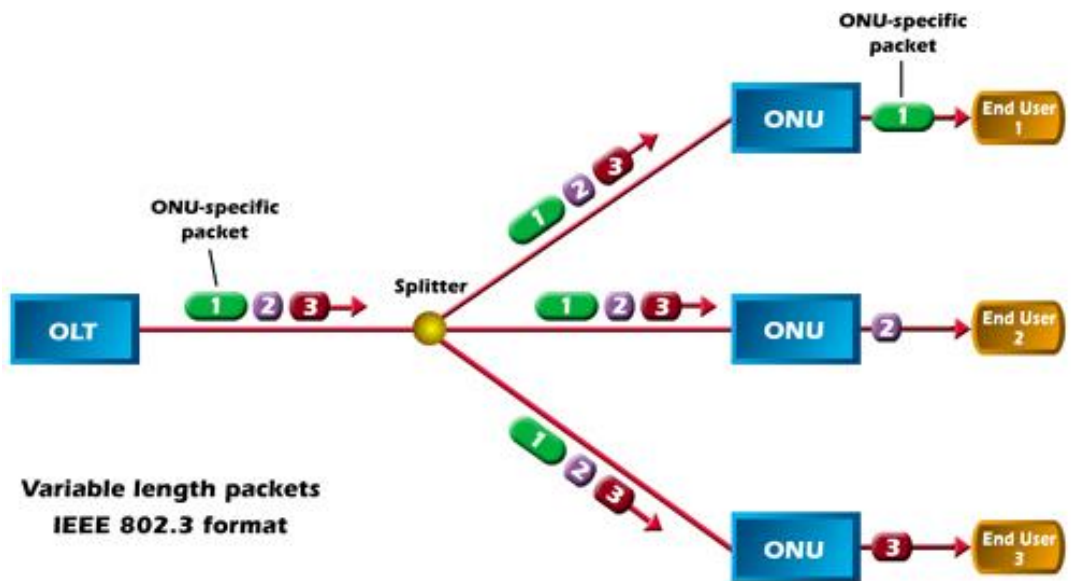
Neljäs vaihtoehto on FTTH (Fibre To The Home), jossa kuitu tuodaan jokaiseen pientaloon sekä asuntoon sisälle. (Koivisto 2011, 11 - 13.)

### 3.2.1 Jakeluverkot

Jakeluverkot voidaan toteuttaa erilaisilla topologioilla. Käytetyimpiä malleja ovat kuviossa 17 esitetyt täysi tähti, aktiivinen tähti sekä passiivinen optinen verkko. Täysi tähti sekä aktiivinen tähti ovat pisteestä-pisteeseen-siirtotiehen perustuvia Ethernet-verkkoja, kun taas passiivinen optinen verkko (PON) on pisteestä-moneen-pisteeseen-tekniikkaan perustuva verkkotekniikka (P2MP, point-to-multipoint). Näiden lisäksi optisessa tietoliikenneverkossa käytetään myös kaapeli-tv-teknologiaa. (Koivisto 2011, 14.)

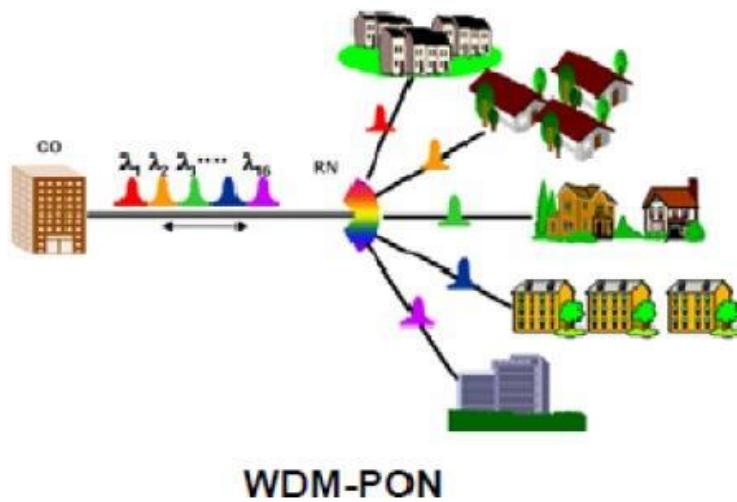
Täysi tähti ja aktiivinen tähti ovat hyvin samanlaisia topologioita, ja niiden ainoa ero on se, että aktiivisessa tähdessä kytkinten välinen liikenne on kanavoitu samoihin kuituihin, kun täydessä tähdessä jokaiselle asiakkaalle on varattu omat kuidut keskukselta asiakkaalle asti. PON-teknologia vastaa kaapeloinniltaan aktiivista tähteä, jossa viimeinen kytkin on korvattu passiivisella jaottimella. PON-teknologian hyviä puolia ovat edullinen hinta, parempi olosuhteiden kesto sekä se, ettei jaotin tarvitse sähköä ollenkaan. (Viestintävirasto 2006, 13.)

PON-teknologia toimii siten, että yhteen kuituun lähetetään liikenne, joka jaetaan optisella jaottimella kaikille vastaanottajille. Vastaanottajan päätelaite tunnistaa liikenteestä sille tarkoitetun datan ja vastaanottaa sen jättäen sille kuulumattoman datan huomiotta, kuten kuviossa 15 havaitaan. Vastaavalla tavalla myös päätelaitteista verkkoon kulkeva liikenne yhdistetään prisman kautta yhdeksi signaaliksi, joka kuljetetaan yhtä kuitua pitkin keskukseen. Kehittynein PON-teknologia perustuu kuviossa 16 esitettyyn teknologiaan, jossa jokainen signaali ajetaan omalla taajuudella samassa kuidussa, ja signaalit jaetaan taajuuksien mukaan vastaanottajille. Tällöin kaikkea liikennettä ei tarvitse välittää kaikille vastaanottajille. (Wikipedia 2014.)

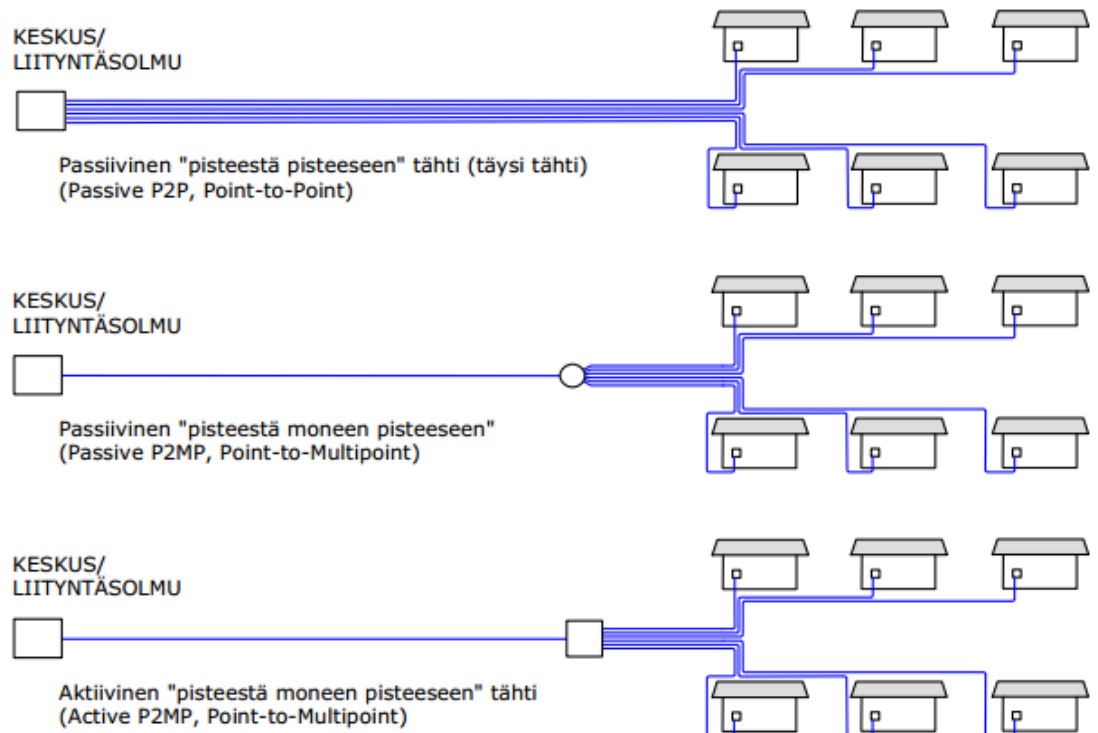


KUVIO 15. Passiivisen optisen verkon toimintaperiaate (Infocellar 2014)

A WDM-PON deployment dedicates a single wavelength, or 'color' per user



KUVIO 16. Taajuusperusteinen PON-verkko (GizmoPhiliacs 2014)



KUVIO 17. Passiivisen tähden, passiivisen optisen verkon sekä aktiivisen tähden topologiakuvat (Viestintävirasto 2009, 16)

### 3.2.2 Runkoverkot

Nykyaikaisen valokuituverkon toiminta perustuu pitkälti SDH-tekniikkaan (Synchronous Digital Hierarchy), jolla on korvattu PDH-tekniikka (Plesiochronous Digital Hierarchy). SDH soveltuu sekä PDH- että ATM- (Asynchronous Transport Module) ja IP-signaalien (Internet Protocol) siirtoalustaksi. (Helkama 2004, 62.)

ATM eli asynkroninen siirtomuoto on nopeaan paketinvälitykseen perustuva tekniikka, jota käytetään digitaalisessa siirrossa. Siirtää voidaan dataa, kuvaa sekä ääntä ja siirtoalustana käytetään SDH-järjestelmää, WDM-kanavaa tai optista kuitua. (Helkama 2004, 63.)

Monet palvelut käyttävät siirtoprotokollana IP-protokollaa. Tämä tarkoittaa pakettikytkentäistä verkkoa, missä siirrettävä data jaetaan paketteihin, joista jokainen sisältää kohdeosoitteen. Paketit ohjataan perille näiden osoitteiden

perusteella, ja ne voivat saapua määränpäähensä eri reittejä sekä eri järjestyksessä. (Helkama 2004, 64.)

Yhdessä kuidussa voidaan kuljettaa dataa useilla eri aallonpituuksilla samaan aikaan. Tätä kutsutaan WDM-teknologiaksi (wavelength division multiplexing). Siinä kuidussa siirrettävät signaalit erotetaan toisistaan aallonpituuksien pohjalta. Harvassa aallonpituuskanavoinnissa (CWDM, coarse wavelegth multiplexig) on kyse nimensä mukaisesti harvasta jaosta aallonpituuden mukaan. Siinä eri aallonpituuksien väli on 20 nm, jolloin 1270 - 1610 nm aallonpituuskaistalle mahtuu korkeintaan 18 samanaikaista siirrettävää signaalia. (Helkama 2004, 64 - 65; Wikipedia 2013.)

DWDM (dense wavelength multiplexing) eli tiheä aallonopituuskanavointi tarkoittaa pienempää väliä siirrettävien aallonpituuksien välillä. Tällä tekniikalla voidaan siirtää useita kymmeniä eri signaaleja kuidussa samaan aikaan. Tihein tunnettu kanavointi on UWDM (ultra dense wavelength division multiplexing), jossa kanavien väliä on kavennettu entisestään. Tällä tavalla yhdessä kuidussa voidaan ajaa jopa 160 eri signaalia samaan aikaan. Aallonpituudet liikkuvat 1500 – 1600 nm:n alueella, ja kanavien välinen ero on pienimmillään vain 0.2 nm. (Wikipedia 2013.)

## 4 VERKON SUUNNITTELU

Orimattilan-Myrskylän-Lapinjärven verkkosuunnitelmahankeeseen tavoitteena oli kartoittaa alueen asukkaiden ja yritysten tarpeet sekä mielenkiinto nopean tietoliikenneverkon toteuttamiseksi sekä suunnitella alueelle kattava ja luotettava valokuituverkko. Verkolla maaseudun kunnat voivat vahvistaa palveluntarjontaa ja luoda yrityksille paremmat toimintamahdollisuudet. Suunnitellulla nopealla verkolla mahdollistetaan muun muassa etätöiden tekeminen, verkko- ja etäopetus kouluissa, parannetaan yritysten toimintaedellytyksiä sekä vähennetään ympäristön kuormitusta.

Hankkeen pääasialliseen kohderyhmään kuuluivat Orimattilan kaupungin sekä Myrskylän ja Lapinjärven kuntien haja-asutusalueiden asuin-, vapaa-ajan- ja yritys kiinteistöt sekä julkiset kiinteistöt ja ylipäätään kaikki ne, jotka eivät ole nopeiden yhteyksien tavoitettavissa. Lisäksi verkon toteuttamiseen annettiin neuvoja muun muassa tekniikan ja kustannusten osalta.

### 4.1 Olemassa olevien ja tulevien verkkojen kartoitus

Hanke lähti käyntiin selvitystyöllä, jossa kartoitettiin teleoperaattorien sekä muiden alueellisten valokuitutoimijoiden jo olemassa olevia sekä tulevia verkkoja. Nyrkkisäännöksi muodostui, että jos alueella oli jo valokuituverkko tai sellainen oli sinne vuoden 2014 loppuun mennessä varmuudella tulossa, alue jäi suunnittelutyön ulkopuolelle.

Melko nopeasti selvisi, etteivät isot teleoperaattorit olleet kiinnostuneita sijoittamaan rahaa maaseudun valokuituinfrastruktuuriin kuin korkeintaan uusilla asutusalueilla. Sellaisia ei alueella tulevaa Hennan aluetta lukuunottamatta ollut, joten se mahdollisuus, että joku teleoperaattori olisi alueita verkottanut, voitiin sulkea pois.

Tapaamisissa selvisi kuitenkin, että eräs eteläsuomalainen valokuitutoimija oli aikeissa investoida merkittävän summan rahaa alueelle ja rakentaa verkot lähes koko Lapinjärven alueelle. Samalla toimijalla oli tarkoitus rakentaa verkko myös Myrskylän keskustaan ja lähiympäristöön sekä verkottaa keskustasta Lapinjärven suuntaan vievän tien varsi. Koko Lapinjärven kunta ja Myrskylän keskusta-alue

jäivät kartoituksen sekä suunnittelutyön ulkopuolelle. Hennan alueelle suunnitelmaa ei myöskään tehty, koska alueen kaavoitus on vielä työn alla, eikä operaattoreiden aikeista alueen suhteen ole tietoa. Suunnitelmassa alue kuitenkin huomioitiin viemällä yksi kyläkeskus aivan tulevan Hennan alueen läheisyyteen, jolloin verkkoa voidaan tarvittaessa helposti laajentaa alueelle.

#### 4.2 Tarpeen sekä mielenkiinnon kartoittaminen

Selvitystyön kanssa samaan aikaan aloitettiin myös alueen asukkaiden sekä yritysten mielenkiinnon ja tarpeiden selvittäminen. Hankealueesta rajattiin se alue, jolle verkko oltiin suunnittelemassa, ja alueen kiinteistönomistajille lähetettiin kyselykirje valokuidusta. Kiinteistöjen omistajatiedot osoitteineen saatiin pyytämällä kunnan kiinteistörekisteritiedoista. Orimattilan alueen kyselyiden mukana lähetettiin kaupungin koosta johtuen myös valmiiksi maksettu palautuskuori, ja Myrskylän alueella keskustaan sijoitettiin yksi vastauslaatikko. Kyselyyn vastaaminen oli mahdollista myös sähköisesti hankkeen verkkosivuilla, missä oli Googlen lomake-editorilla tehty vastauslomake. Googlen vastauslomakkeen vastaukset saatiin suoraan excel-tilukkaan. Paperiset vastaukset lisättiin lopuksi taulukkaan manuaalisesti. Kiinteistönomistajille lähetetty kyselylomake löytyy kuviosta 18.

## KYSELYLOMAKE



## ORIMATTILAN-MYRSKYLÄN-LAPINJÄRVEN VERKKOSUUNNITELMAHANKE

Oletko kyllästynyt hitaaseen internet-yhteyteen? Pätiikö tv-kuva ikävästi? Onko etätyöskentely hankalaa? Valokuituverkko on ratkaisu näihin ongelmiin. Lisäksi verkko mahdollistaa tulevaisuudessa lääkäri- ja hoitajapalveluiden luotettavan ja sujuvan käytön kotoa käsin.

Orimattilan, Myrskylän ja Lapinjärven alueella on käynnistynyt Lahden tiede- ja yrityspuiston toteuttama verkkosuunnitelmahanke, jonka tavoitteena on suunnitella kattava ja nopea tietoliikenneverkko niille alueille, joilla sitä ei vielä ole. Tässä yhteydessä haluaisimme kuulla Sinun mielipiteesi aiheesta. Vastaamalla muutamaan kysymykseen edesautat verkon kehittämistä ja samalla parannat alueen elinkeilopuutusta, arvoa ja viihtyisyyttä. **Tähän kyselyyn vastaaminen ei sido sinua mihinkään, vaan kyselyssä halutaan kartoittaa mielenkiintoa nopeaa tietoliikenneyhteyttä kohtaan.**

Toivomme, että kyselyyn vastataan 10.12.2012 mennessä ensisijaisesti sähköisesti osoitteessa [www.ormyla.fi](http://www.ormyla.fi). Myös alla olevalla paperilomakkeella vastaaminen onnistuu. Paperilomakkeiden palautuslaatikko on Myrskylän postissa, Ravintola Myrskytähdessä, osoitteessa Keskustie 14.

**Kaikkien 10.12. mennessä vastanneiden kesken arvomme 3 kpl 40 € arvoisia joulukukoreja.**

## Kyselylomake

1. Nimi \_\_\_\_\_
2. Puhelinnumero \_\_\_\_\_
3. Sähköpostiosoite \_\_\_\_\_
4. Myrskylän kiinteistösi lähiosoite \_\_\_\_\_
5. Myrskylän kiinteistösi postinro ja -toimipaikka \_\_\_\_\_

## 6. Kuinka nopeasti haluaisit valokuituyhteyden käyttöösi?

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> niin pian kuin mahdollista | <input type="checkbox"/> 5 vuoden sisällä              |
| <input type="checkbox"/> 2 vuoden sisällä           | <input type="checkbox"/> en tarvitse valokuituyhteyttä |

## 7. Miten paljon valokuituyhteys voisi maksaa?

- |                                     |                                     |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 10-20 €/kk | <input type="checkbox"/> 40-60 €/kk |
| <input type="checkbox"/> 20-40 €/kk | <input type="checkbox"/> 60-80 €/kk |

## 8. Paljonko valokuituverkkoon liittyminen voisi maksaa?

- |                                      |                                      |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 500-1000 €  | <input type="checkbox"/> 1500-2000 € |
| <input type="checkbox"/> 1000-1500 € | <input type="checkbox"/> 2000-2500 € |

## Lisätietoja voit kysyä:

Puhelin 044 773 4105  
Sähköposti [ormyla@aamos.fi](mailto:ormyla@aamos.fi)  
Verkkosivut [www.ormyla.fi](http://www.ormyla.fi)

Lahden tiede- ja yrityspuisto Oy  
Lahti Science and Business Park Ltd

## Yhteyshenkilöt:

Reijo Korhonen, suunnittelija  
Juuso Ojala, markkinointi- ja tutkimusassistentti



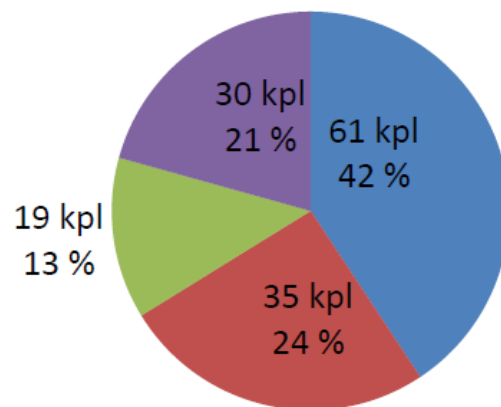
Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus

Niemenkatu 73, FI-15140 LAHTI FINLAND | Tel. +358 3 8314 11 | Fax +358 3 8833 000 | info@lahtisbp.fi | www.lahtisbp.fi  
Y-tunnus 0855115-7 | VAT Nr. FI08551157 | Pankki/Bank: Nordea Pankki Suomi Oyj | IBAN: FI2420281800002539 | SWIFT/BIC: NDEAFIHH

Kuvio 18 Kiinteistönomistajille lähetetty kyselylomake

Kyselyyn saatiin kiitettävästi vastauksia. Myrskylän osalta vastausprosentiksi muodostui 14,3 % ja Orimattilan osalta jopa 24,8 %. Myrskylässä vastaajista lähes 80 % halusi valokuituliittymän enemmän tai myöhemmin. Kiinnostuneet olivat myös jakautuneet melko tasaisesti ympäri kuntaa. Myrskylän vastausten tarkempi jakautuminen selviää kuvioista 19. Orimattilassa vastanneista 65 % oli kiinnostunut saamaan valokuituyhteyden, ja kun vastausprosenttikin oli yllättävän korkea, oli järkevämpää suunnitella verkko koko kaupungin alueelle eikä vain kiinnostuksen mukaan. Orimattilassakin kiinnostuneet olivat tasaisesti ympäri kaupunkia. Vastausten osuudet näkyvät kuviossa 20.

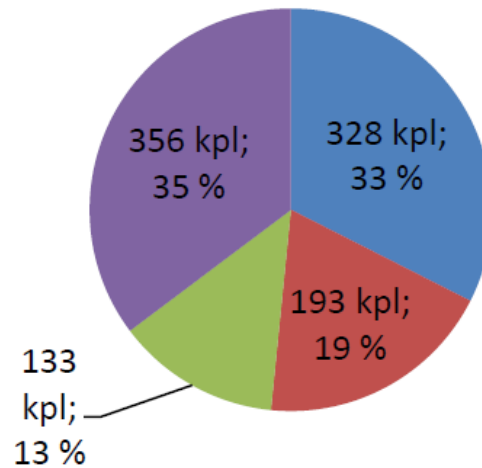
■ niin pian kuin mahdollista      ■ 2 vuoden sisällä  
 ■ 5 vuoden sisällä                      ■ en tarvitse valokuituyhteyttä



KUVIO 19. Myrskyläläisten kiinnostus valokuituyhteyttä kohtaan



■ niin pian kuin mahdollista      ■ 2 vuoden sisällä  
 ■ 5 vuoden sisällä                    ■ en tarvitse valokuituyhteyttä



KUVIO 20. Orimattilalaisten kiinnostus valokuituyhteyttä kohtaan

### 4.3 Suunnitteluohjelma ja sen valinta

#### 4.3.1 Suunnitteluohjelmistojen esittely

Suunnitteluohjelmasta kysyttiin tarjoukset Keypro Oy:ltä, Tieto Oyj:ltä sekä Telenorilta. Samalla selvitettiin ohjelmien tarjoamat mahdollisuudet sekä vaatimukset. Tieto Oyj:n Tigers sekä Telenorin Nims tarvitsivat Autocadin taustalle sekä olivat työasemakohtaisia. Keypro Oy:llä oli tarjolla kaksi vaihtoehtoa: KeyCom sekä KeyRNS. Näiden olennaisin ero oli se, että KeyCom toimi selaimella, kun taas KeyRNS asennettiin kiinteästi työasemaan.

Laitteisto- ja ohjelmavaatimusten lisäksi valintaan vaikutti hinta. KeyComin hinta oli 3 000 €, KeyRNS:n 29 000 €, Tigersin 60 000 € ja Nimsin 200 000 €. Nämä hinnat määräytyivät siis sen mukaan, kuinka paljon ohjelmiston käyttäminen olisi yhteensä tullut koko hankkeen aikana maksamaan.

#### 4.3.2 Suunnitteluohjelmiston valintakriteerit

Suunnitteluohjelman tuli olla edullinen, sujuva käyttää sekä varmatoiminen. Lisäksi suunnitelman ja aineiston tuli olla luotettavasti varmuuskopioitua sekä helposti saavutettavissa sekä hankkeen toimipisteessä että tulevia verkon käyttäjiä tavattaessa.

Ohjelmistoa oli myös tarpeen päästä hyödyntämään usemmalta päätelaitteelta sekä monenlaisissa paikoissa. Lisäksi laitteistovaatimusten tuli olla kohtuullisia rajallisen budjetin takia. Suunnitteluohjelmien ominaisuuksia on vertailtu kuviossa 21.

	KeyCOM	KeyRNS	Tigers	Nims
Hinta	€€€€	€€€€€	€€€€€€	€€€€€€€€
Vaatimukset	Selain ja internetyhteys		Autocad	Autocad
Asennus työasemaan	ei	kyllä	kyllä	kyllä

KUVIO 21. Suunnitteluohjelmien vertailutaulukko

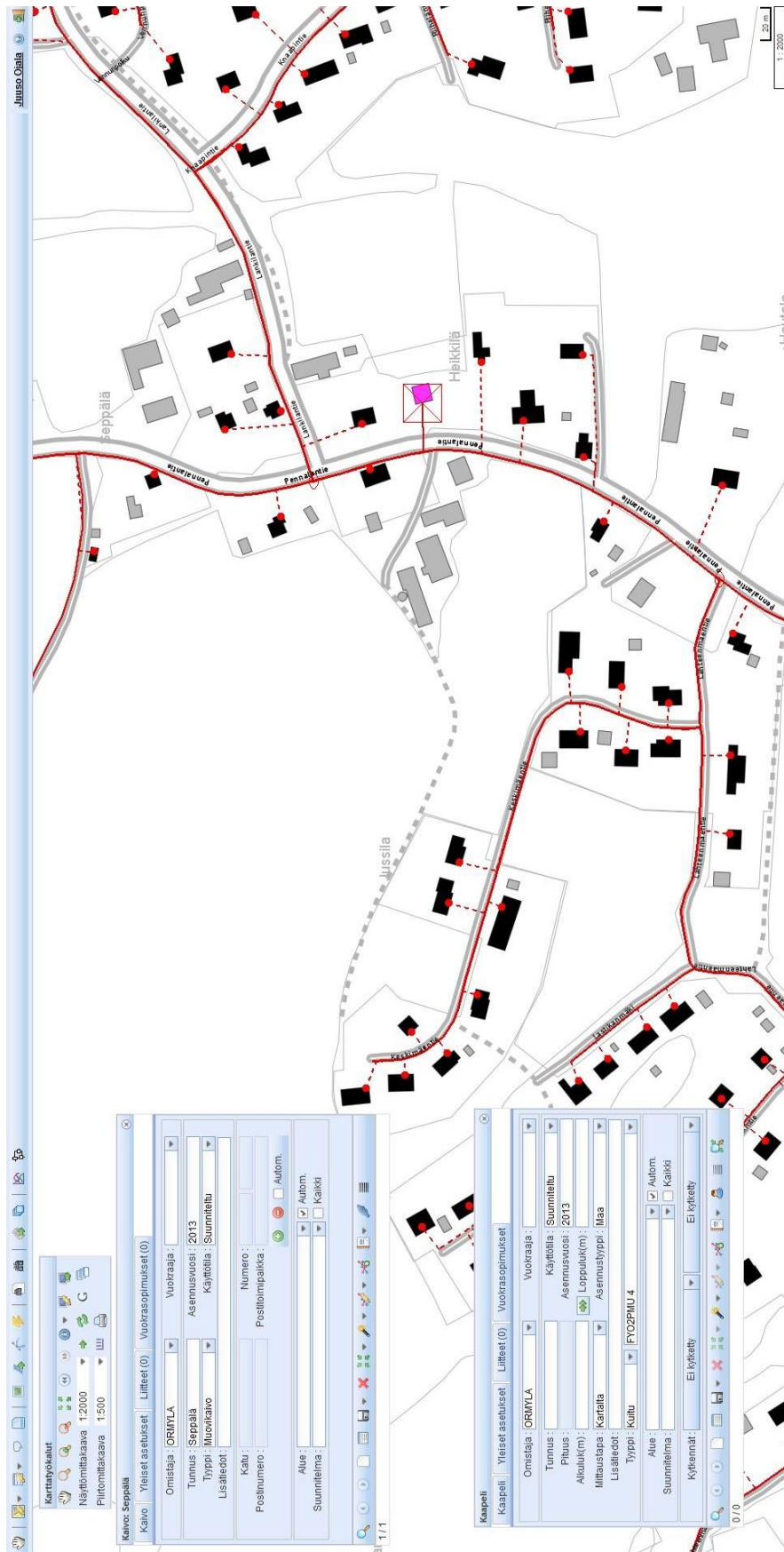
#### 4.3.3 Suunnitteluohjelmiston valinta

Käytännössä jo pelkkien tarjousten perusteella suunnitteluohjelman valinta oli selvä. Valittu ohjelma oli ominaisuuksiltaan sopiva, ja siitä oli hyviä kokemuksia jo LADEC:n aiemmista hankkeista. Ohjelmaa pystyi käyttämään mistä tahansa työasemasta pelkällä selaimella, eikä se tarvinnut minkäänlaisia taustaohjelmistoja. Näistä syistä suunnitteluohjelmaksi valittiin KeyPro Oyn toimittama KeyCom.

KeyComin hyviä ominaisuuksia ovat muun muassa selainpohjaisuus, jolloin käyttäjän koneelta ei vaadita muuta kuin selain ja internetyhteys. Varsinainen ohjelma toimii KeyPrn palvelimella, ja keyPro huolehtii myös karttojen ynnä muiden aineistojen päivittämisestä sekä suunnitelman säilytyksestä ja varmuuskopioinnista. Lisäksi KeyCom:n hinta määriteltiin tuhansissa euroissa, kun taas seuraavaksi edullisin ohjelma olisi maksanut kymmeniä tuhansia ja

vaatinut muun muassa asennuksen jokaiseen työasemaan ja muutaman maksullisen lisäohjelman toimakseen.

Hankkeen aikana KeyCom osoittautuikin hyväksi ja luotettavaksi suunnitteluohjelmaksi, jonka käyttö oli varsin sujuvaa. Kesken hankkeen päästiin testaamaan ohjelman uutta kehitysversiota, eikä senkään kanssa ilmennyt minkäänlaisia ongelmia. Kuviosta 22 löytyy KeyCom:n suunnittelunäkymä.



KUVIO 22. KeyComin suunnittelunäkymä

#### 4.4 Verkon suunnittelu

Koko hankkeen ehdottamasti työläin osuus oli verkon suunnittelu. Heti kyselyjen tulosten valmistuttua oli selvää, että verkko suunniteltaisiin Orimattilassa koko kaupungin alueelle ja Myrskylässäkin lähes jokaiseen taloon. Samalla päätettiin, että verkko tultaisiin suunnittelemaan teknologiariippumattomaksi, jotta kuka vain voi sen toteuttaa. Käytännössä tämä tarkoitti sitä, että verkon topologiaksi valittiin täysi tähti ja jokaiseen pientaloon tultaisiin viemään viestintäviraston suositusten mukaisesti neljä kuitua ja rivitaloihin kuusi kuitua. (Viestintävirasto 2006, 15.)

Verkko suunniteltiin kokonaan aina tilaajalta teletilalle asti. Ainoastaan laitteisto jätettiin suunnittelemaan, koska verkkoon tuleva teknologia ei ollut tiedossa. Tuleva toteuttaja myös todennäköisesti tulisi kilpailuttamaan laitehankinnat, joten näin yksityiskohtaista suunnittelua ei nähty tarpeelliseksi.

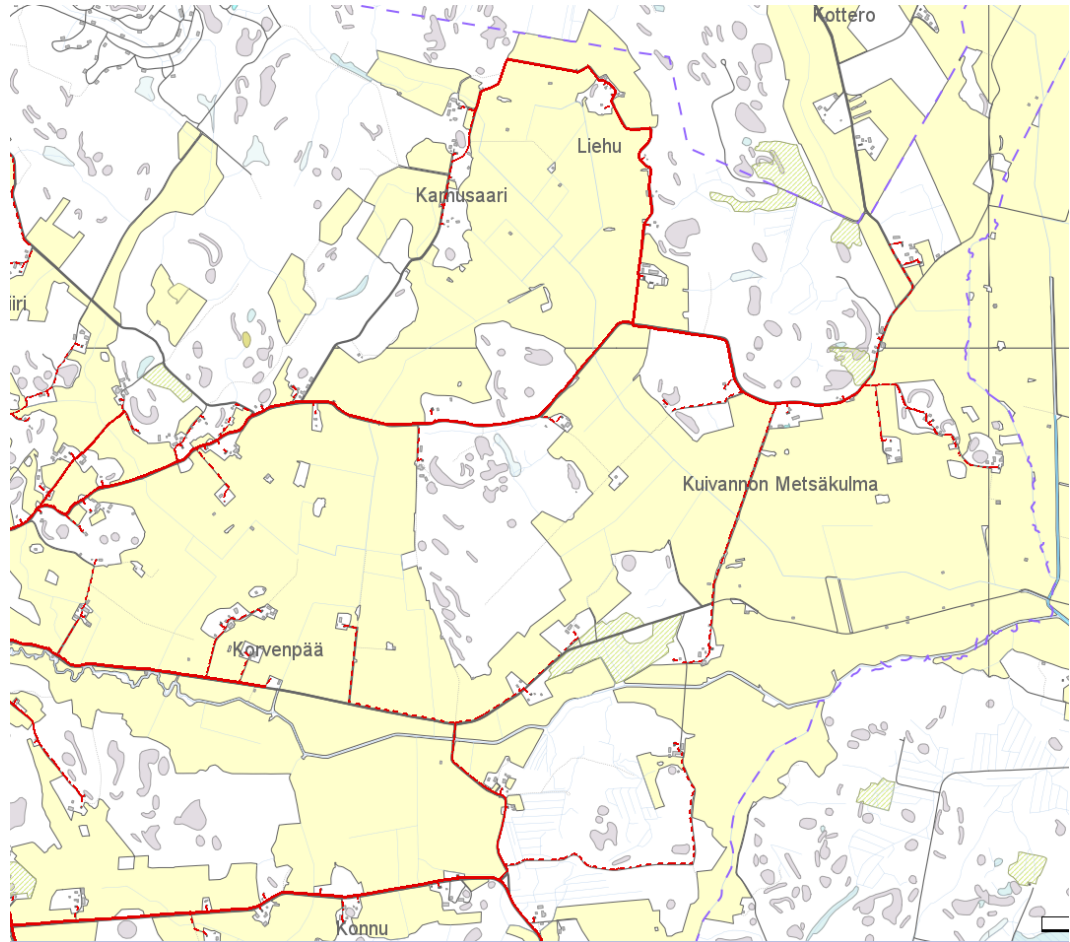
##### 4.4.1 Reittisuunnittelu

Verkon suunnittelu aloitettiin sijoittamalla verkosta kiinnostuneet kartalle. Tätä pohjalta alettiin miettiä kaapelien reittejä sekä tulevia verkon solmupisteitä. Reiteistä yritettiin tehdä mahdollisimman järkevät siten, että kaikki kiinteistöt kuitenkin saataisiin tarvittaessa kytkettyä verkkoon. Aluksi kartalle sijoitettiin mahdollisiin solmukohtiin muovisia kaivoja, joihin jatkokset tai PON-jaottimet voidaan tulevaisuudessa sijoittaa. Kartalle piirrettiin aurareitit kaapeleita varten solmupisteiden välille.

Reittisuunnittelussa sijoitettiin myös tarvittaviin kohtiin mahdolliset siltakiinnitykset ja isompien teiden alitukset. Siltakiinnitysten toteuttamisen ei otettu suunnittelussa kantaa. Mahdolliset toteutustavat ovat käyttää mahdollisesti jo olemassa olevaa kaapelikourua, asentaa sellainen tai sitten upottaa kaapelit sillan kanteen. Isompien teiden alitukset taas hoidettiin tunkkauksilla. Tunkkaus tarkoittaa sitä, että tien molemmille puolille kaivetaan kuoppa, ja tien ali kuopasta toiseen työnnetään putki, jossa kaapelit kulkevat. Näin päällystettä ei tarvitse rikkoa ja tietä katkaista liikenteeltä.

Kaapelien reitit pyrittiin suunnittelemaan pääosin kaupungin tai valtion omistamien teiden varteen, eikä kaapeleita myöskään lähdetty kuljettamaan

metsien tai peltojen halki. Tällä tavalla säästetään toteutusvaiheessa monelta vastoinkäymiseltä, kun maanomistajien lupia ei juurikaan tarvita verkon rakentamiseen. Tämä havaitaan kuviosta 23.



KUVIO 23. Verkkoa haja-asutusalueella

Reittisuunnittelussa Orimattilan ja Myrskylän alueelle suunniteltiin hieman yli 600 kilometriä aurausta, noin kilometri alituksia sekä reilu 500 metriä siltakiinnitystä. Alueelle suunniteltiin tässä vaiheessa noin 300 solmupistettä, joihin jokaiseen tuli muovikaivo.

#### 4.4.2 Tekninen suunnittelu

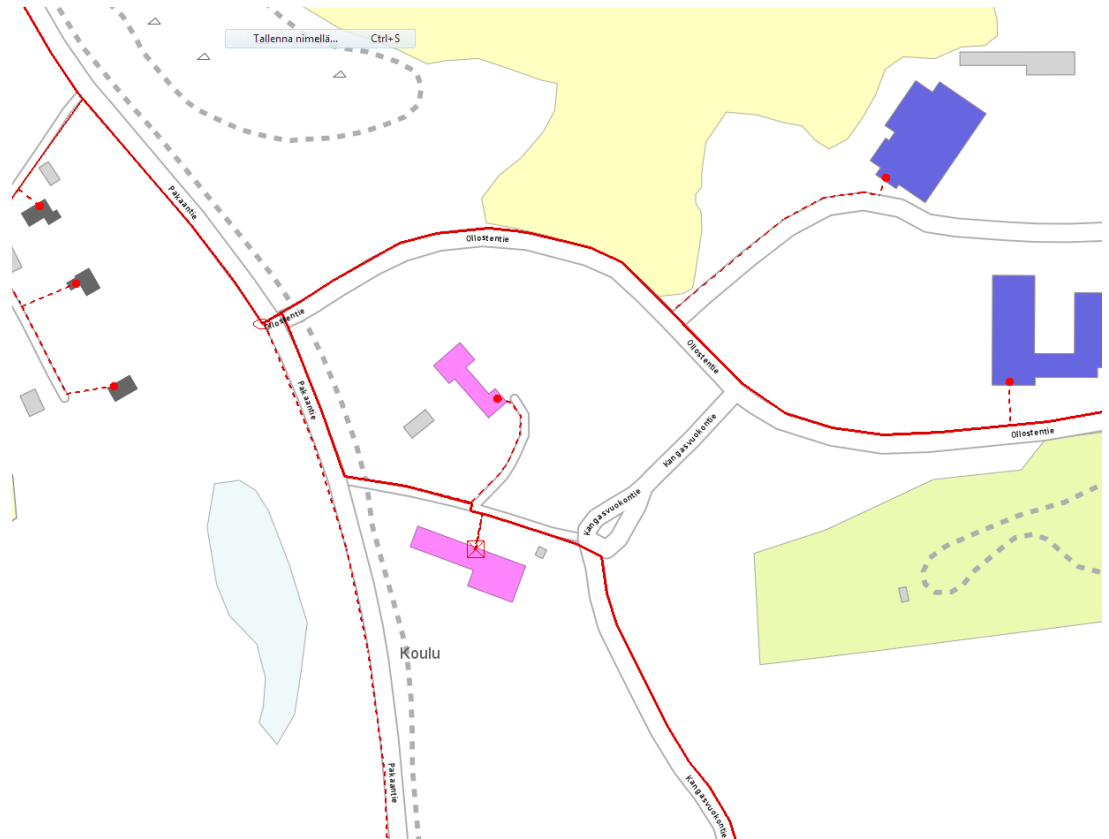
Teknisessä suunnittelussa suunniteltiin kaapelit, teletilat sekä hitsaukset alueelle. Aluksi jokaiseen kiinteistöön sijoitettiin tilaajapäätte, johon kuitu tultaisiin kytkemään ja josta data kulkisi tilaajan omaan sisäverkkoon. Seuraavaksi jokaiselta tilaajapäätteeltä vedettiin talokaapeli lähimpään solmupisteeseen. Tässä

vaiheessa solmupisteitä jouduttiin vielä jonkin verran muokkaamaan, jotta talokaapeleista ei tullut liian pitkiä. Jokaiseen pientaloon vedettiin neljäkuituinen kaapeli tyyppiä FYO2PMU 4 eli ontelorakenteinen valokaapeli täytemassalla, jossa on lujite-elementtinä pyörölanka ja muovikuori. Rivitaloihin suunniteltiin samanlainen kaapeli kuusikuituisena. Kun kaikki talokaapelit oli saatu suunniteltua, aloitettiin kyläkeskusten paikkojen suunnittelu.



KUVIO 24. FYO2PMU 4 -kaapeli (Nexans 2013)

Kyläkeskukset pyrittiin sijoittamaan kouluihin tai muihin kaupungin tai kunnan omistamiin tiloihin, jotta uusia lämpimiä teletiloja tarvitsisi tehdä mahdollisimman vähän. Tällä taattiin myös se, että laitteisiin ja kaapeleihin eivät ulkopuoliset pääse käsiksi ja laitteet ovat sopivissa olosuhteissa. Koko alueelle tarvittiin vain yksi kokonaan uusi teletila, sillä tulevan Hennan alueen läheisyydessä ei ollut mitään sopivaa paikkaa kyläkeskukselle. Keskus piti kuitenkin saada tälle alueelle, sillä jos alueelle tulee kymmenen vuoden kuluessa yli 15 000 uutta asukasta, on verkkoon liittyjien määrä varmasti huomattava. Orimattilaan suunniteltiin myös yksi pääkeskus, joka sijoitettiin Orimattilan Lämpö Oyn tiloihin. Jokaisesta kyläkeskuksesta suunniteltiin yksi 24-kuituinen kaapeli suoraan pääkeskukseen.



KUVIO 25. Tietävälän-Pakaan kyläkeskus Tietävälän koululla

Kyläkeskusten sijoittamisen jälkeen aloitettiin runkokaapeliin suunnittelu. Runkokaapelina päädyttiin käyttämään FZOVDMU-SD -kaapelia, joka on väljästi kerrattu poimutettu kaapeli, jossa on muovikuori ja teräsnauha lujite-elementtinä. Tähän kaapeliin päädyttiin, koska se on suhteellisen edullista, helppo asentaa ja sen mekaaninen kestävyys on hyvä. Kaapelia käytettiin runkolinjoissa 24-, 48-, 96- sekä 192-kuituisena tarpeen mukaan.



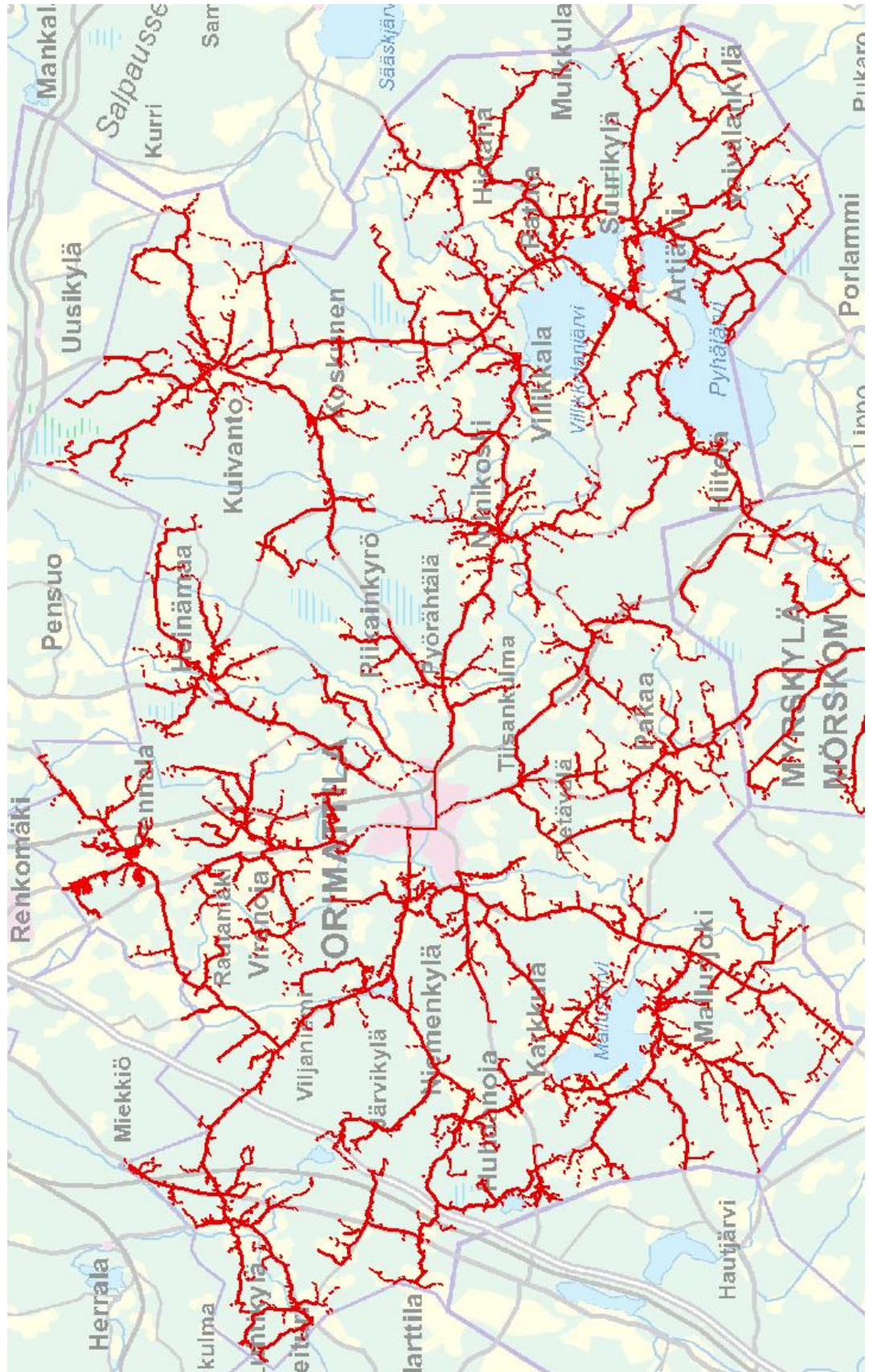
KUVIO 26. FZOVDMU-SD -kaapeliin havainnekuva (Draka 2008)

Runkokaapeliin suunnittelun jälkeen kaapelit piti hitsata toisiinsa. Hitsauksia ja kaapeleita suunniteltaessa pyrittiin käyttämään nyrkkisääntönä, että yhteen kaapeliin tulee alkupään ja loppupään hitsauksen lisäksi korkeintaan yksi jatkos matkalle, jotta kuidussa kulkevan valon teho ei turhaan vaimene ylimääräisissä



jatkoksissa. Toinen syy vähäisiin jatkosmääriin oli kaapelin hitsaamisen hinta sekä verkon rakentamisen helpottaminen ja nopeuttaminen.

Kaikkiaan alueelle tuli noin 350 solmupistettä. Talokaapeleita suunniteltiin noin 4 000 kilometriä ja erilaisia runkokaapeleita noin 600 kilometriä. Tilajapäätteitä tuli hieman alle 5 000 kappaletta, ja koko alueelle suunniteltiin 14 kyläkeskusta.



KUVIO 27. Kuva valmiista verkkosuunnitelmasta

#### 4.5 Verkon kustannuslaskenta

Yksi hankkeen tehtävistä oli laskea verkon rakentamiskustannukset ja näin antaa toteuttajalle perusteet liittymien hinnoitteluun. Kustannuslaskentaa lähestyttiin kahdesta eri näkökannasta. Ensimmäin tapa oli laskea suoraan materiaalmäärät, selvittää niille hinnat ja lisätä työkustannukset päälle. Eräs kotimainen valokuitutoimija oli kuitenkin hankkeen aikana ilmaissut mielenkiintonsa tulla verkkoa alueelle rakentamaan, joten toinen tapa verkon kustannusten arvioimiseen oli käyttää tämän toimijan laskelmia apuvälineenä.

Verkon hinnan laskeminen materiaali- ja työkulujen mukaan ei kuitenkaan ollut yksinkertaista. Kilpailuttamalla hinnoista olisi varmasti saatu kilpailukykyisempiä, mutta kilpailutus ja verkon toteuttajan etsiminen eivät varsinaisesti kuuluneet hankkeen tehtäviin, joten hinta oli suuntaa-antava arvio.

Tätä tekstiä kirjoitettaessa verkon suunnittelu oli vielä hieman kesken ja kustannuslaskentakin vasta alussa, joten tarkoista luvuista ei ollut tietoa. Suuruusluokka materiaali- ja työmäärän perusteella olisi kuitenkin ollut pelkästään Orimattilan osalta noin 10 – 20 miljoonaa euroa, ja tätä suuruusluokkaa myös mahdollisen verkonrakentajan arvio oli. Kustannuksiin vaikuttavat merkittävästi liittymien määrä sekä se, jos verkkoa saadaan rakennettua muun kaivutyön ohessa. Itse materiaalikustannus on hyvin pieni osa verkosta, ja suurin kuluerä tulee kaapelin kaivamisesta maahan.

## 5 YHTEENVETO

### 5.1 Työn onnistuminen ja tavoitteiden täytyminen

Työn tavoitteina oli kartoittaa alueen asukkaiden ja toimijoiden kiinnostus verkkoa kohtaan, suunnitella verkko sekä laskea verkon toteutuskustannukset. Lisäksi tavoitteena oli jakaa tietoa ja saada hankealueen asukkaat innostumaan valokuidusta siinä määrin, että alueelle olisi tarvittaessa syntynyt aktiivisia kuituosuuskuntia, jotka olisivat itse verkottaneet oman kylänsä.

Verkkosuunnitelmahankkeen päätavoitteet saavutettiin hyvin. Kyselyn perusteella hankealueella oli todellista mielenkiintoa valokuituverkkoa kohtaan.

Kiinnostuneista henkilöistä ja yrityksistä saatiin tehtyä listat ja kartat myöhempää käyttöä varten. Myös verkkosuunnitelma valmistui tavoiteajassa ja täytti sille asetetut kriteerit. Tätä kirjoitettaessa ei ole varmaa tietoa siitä, miten ja missä suunnitelma tullaan säilyttämään, mutta varmaa on, että suunnitelma tullaan säilyttämään konekielisessä muodossa, jotta se on myöhemmin helposti käytettävissä ja muokattavissa. Kustannuslaskennasta ei tarkkoja tietoja saatu, mutta suuruusluokat verkon toteuttamisen kustannuksista pystyttiin laskemaan.

Myös tiedon levittäminen ja alueen asukkaiden sekä yritysten tiedon ja mielenkiinnon lisääminen onnistuivat kohtuullisen hyvin. Hanketta käytiin esittelemässä lähes kahdessakymmenessä kyläyhdistyksen tai muun vastaavan kokouksessa. Osassa kylistä mielenkiinto verkko kohtaan oli runsasta, kun taas toisaalla hanke ei herättänyt kovinkaan suurta kiinnostusta. On kuitenkin täysin mahdollista, että jollakin kylällä saattaa heärätä suurempi kiinnostus kuituosuuskunnan perustamiseen ja verkon rakentamiseen.

### 5.2 Valokuidun tulevaisuus Orimattilassa, Myrskylässä ja Lapinjärvellä

Suunnittelutyön lomassa yritettiin myös kaikin keinoin edistää verkon toteutumista ja etsiä toimijoita, jotka voisivat verkot rakentaa. Lapinjärven osalta tilanne on paras, sillä eteläsuomalainen valokuituoperaattori on luvannut rakentaa verkon koko kuntaan. Sama operaattori rakentaa myös Myrskylän keskustan sekä

muutamia alueita keskustan ympäristöstä, joten melko todennäköistä on, että tämä toimija laajentaa tulevaisuudessa verkon kattamaan koko kunnan.

Orimattilan osalta tilanne sen sijaan on käytännössä täysin avoinna. Lapinjärven ja Myrskylän alueelle verkkoa rakentava operaattori on ilmaissut mielenkiintonsa Orimattilaa kohtaan, mutta koko kaupungin verkottaminen on niin kallis investointi, että sen resurssit eivät riitä verkon rakentamiseen ainakaan ennen kuin Lapinjärven ja Myrskylän investoinneista alkaa virrata rahaa takaisinpäin.

Orimattilasta on kiinnostunut myös toinen suomalainen valokuitutoimija, mutta tälläkään taholla ei ole tarvittavia rahoja yli 10 miljoonan euron investointeihin omasta takaa, vaan rahoitus pitäisi hoitaa lainarahalla ja kaupungin rahoituksella. Kolmantena vaihtoehtona olisi itäsuomalainen valokuitutoimija, joka rakensi kesällä 2013 runkolinjan Orimattilan halki ja olisi valmis toteuttamaan verkon runkolinjan läheisyyteen. Tällä tavalla ei kuitenkaan koko kaupunkiin verkkoa saataisi. Lisäksi toimija ei ole halukas investoimaan omaa rahaa verkon rakentamiseen tai myymään liittymiä itse asiakkaille, vaan väliin tarvittaisiin toimija, joka investoisi verkon ja hoitaisi liittymien myynnin. Orimattilassa ei siis vielä ole varmaa tietoa verkkojen toteutuksesta, mutta kaupungin päättäjillä on niin vahva tarve saada verkko kaupunkiin, että toteuttaja löytynee lähitulevaisuudessa.

### 5.3 Valokuidun tulevaisuus Suomessa ja maailmalla

Koko Suomen mittakaavassa valokuidun tarve kasvaa koko ajan. Erilaiset järjestelmät ja palvelut tarvitsevat jatkuvasti entistä enemmän tiedonsiirtokapasiteettia, joten nopeille ja luotettaville yhteyksille on kysyntää. Yksityisten käyttäjien lisäksi myös nykyaikaiselle yritykselle toimiva tiedonsiirto on elinehto ja jopa operaattorien suuresti mainostamat langattomat yhteydet tarvitsevat erittäin nopeita ja varmatoimisia tietoliikenneyhteyksiä tukiasemien välillä, joten kymmenen vuoden kuluessa valokuituverkko tulee kattamaan yli 90 prosenttia koko maasta.

Yleisellä tasolla valokuitu on myös avainasemassa. Esimerkiksi mannerten välisessä liikenteessä kupari on auttamattoman hidas, eikä langattomista

satelliittiyhteyksistäkään ainakaan tässä vaiheessa ole ainoaksi ratkaisuksi, joten kuitua tarvitaan jatkossakin kaikenlaisissa tietoliikennesovelluksissa tavalla tai toisella. Teknisellä tasolla optiset kuidut ovat tiedonsiirto-ominaisuuksiltaan tunnettuja, mutta verkon laitteiden kehittyessä yhteysnopeudet tulevat kasvamaan lähes rajattomasti.

## LÄHTEET

Arvinen, M. 2011. Sisäjohtoverkkotyöt jatkuvat liityntäverkon asennuksella.

Sähkötieto 1/2011, 20 - 21 [viitattu 18.4.2013]. Saatavissa:

<http://www.sahkoinfo.fi/Download.ashx?type=1&id=23395>

Draka. 2008. [viitattu 2.10.2013]. Saatavissa:

[http://www.draka.fi/draka/Countries/Draka\\_Finland/Languages/suomi/navigaatio/](http://www.draka.fi/draka/Countries/Draka_Finland/Languages/suomi/navigaatio/)

Tuotteet/Tietoliikenneverkot/Valokaapelit/Maavalokaapelit/FZOVDMU-

SD\_FOC5152\_0\_08f.pdf

GizmoPhiliacs. 2014. Google fiber: Paster than Fast [viitattu 20.3.2014].

Saatavissa: <http://gizmophiliacs.com/2013/04/google-fiber-faster-than-fast/>

Helkama. 2004. Valokaapelit tele- ja tietoverkoissa. Helkama Bica Oy [viitattu

21.3.2013]. Saatavissa: <http://helkamabica.fi/pdf/FlashCord-fi.pdf>

Infocellar. 2014. EPON – Ethernet passive optical network [viitattu 20.3.2014].

Saatavissa: <http://www.infocellar.com/networks/new-tech/EPON/EPON.htm>

Koivisto, P. 2011. Optiset liityntäverkot. Suunnittelu, asennus, ja testaus.

Sähkötieto Ry. Espoo.

Kuitu.net. 2013. Optinen kuitu tiedonsiirron välineenä [viitattu 19.2.2013].

Saatavissa: [http://www.kuitu.net/portal/fi/kuituinfo/optinen\\_liityntaverkko](http://www.kuitu.net/portal/fi/kuituinfo/optinen_liityntaverkko)

Kurose, J. & Ross, K. 2001. Computer Networking. A Top-Down Approach

Featuring The Internet. Addison Wesley Longman, Inc.

Nexans. 2013. [viitattu 2.10.2013] Saatavissa: [http://www.nexans-](http://www.nexans-fi.com/eservice/Finland-en/navigate_313807/FYO2PMU_FIN2012.html)

[fi.com/eservice/Finland-en/navigate\\_313807/FYO2PMU\\_FIN2012.html](http://www.nexans-fi.com/eservice/Finland-en/navigate_313807/FYO2PMU_FIN2012.html)

Orimattilan ja Artjärven yhdistymissopimus. 2010. [viitattu 18.5.2013].

Saatavissa:

[http://artjarvifi.virtualserver20.nebula.fi/fileadmin/user\\_upload/kunnanhallitus/Yhdistymissopimus22032010\\_\\_lopullinen.pdf](http://artjarvifi.virtualserver20.nebula.fi/fileadmin/user_upload/kunnanhallitus/Yhdistymissopimus22032010__lopullinen.pdf)

Orimattilan laajakaistakysely. 2011. Sadan megan maakunta -hanke [viitattu 18.5.2013]. Saatavissa: <http://www.orimattila.fi/liitteet/527.pdf>

Peltonen, H., Perkkiö, J. & Vierinen, K. 2007. Insinöörin (AMK) fysiikka, osa II. Lahden Teho-Opetus Oy. Lahti.

Viestintävirasto. 2006. Optiset liityntäverkot [viitattu 23.5.2013]. Saatavissa: <http://www.ficora.fi/attachments/suomiry/1156442801386/TRaportti012006.pdf>

Viestintävirasto. 2009. Optiset liityntäverkot V2 [viitattu 4.5.2013]. Saatavissa: <https://www.viestintavirasto.fi/attachments/tyoryhmaraportit/TRaportti012006v2.pdf>

Wikipedia. 2013. Wavelength-division multiplexing [viitattu 2.5.2013]  
Saatavissa: [http://en.wikipedia.org/wiki/Wavelength-division\\_multiplexing](http://en.wikipedia.org/wiki/Wavelength-division_multiplexing)

Wikipedia. 2014. Passive optical network [viitattu 18.3.2014] Saatavissa: [http://en.wikipedia.org/wiki/Passive\\_optical\\_network](http://en.wikipedia.org/wiki/Passive_optical_network)



