

Harri Meuronen

# Plug'n'play-järjestelmä liityntäverkossa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Tietotekniikka

Insinöörityö

28.11.2012

Tekijä(t) Otsikko  Sivumäärä Aika	Harri Meuronen Plug'n'play-järjestelmä liityntäverkossa 22 sivua 28.11.2012
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	tietotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	tietoliikennetekniikka
Ohjaaja(t)	lehtori Seppo Lehtimäki
<p>Tämän insinöörityön tarkoituksena on vertailla vaihtoehtoista menetelmää valokuitujen hitsaukselle optisessa liityntäverkossa. Työssä esitellään optisen kuidun toimintaperiaate ja käytössä oleva kuitutyypit. Lisäksi käydään läpi valokuitujen hitsaus ja siihen käytettävät välineet ja työkalut.</p> <p>Vaihtoehtoisena menetelmänä käydään läpi Corningin kehittämän FlexNap-järjestelmän rakenne, vertailua kuitujen hitsaukseen, suunnittelun, asennuksen ja kustannusten osalta. Kun asennus tehdään nykysuuntauksen mukaisesti maahan. Esimerkkinä on kuvitteelliseen asemakaavaan tehty kaapelointisuunnitelma käyttäen FlexNAP-järjestelmää.</p> <p>Tehdasvalmisteisen järjestelmän edut tulevat esiin, kun välimatkat ovat lyhyitä. Järjestelmien hinnoissa ei ole merkittävää eroa. Suunnitteluun käytetyn ajan suhde pienenee, kun liitoksien määrä kasvaa. Samalla varsinaisen asennustyön kustannukset pienenee sekä asiakkaalle näkyvä työn kesto lyhenee.</p>	
Avainsanat	FTTH, FlexNAP

Author(s) Title	Harri Meuronen Plug'n'Play system in distribution system
Number of Pages Date	22 pages 28 November 2012
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Information Technology
Specialisation option	Telecommunications
Instructor(s)	Seppo Lehtimäki, Senior Lecturer
<p>This graduate study introduces Corning FlexNAP optical fiber system and compares it to traditional splicing methods in FTTH distribution network. This study describes different types of optic fibers and structures. In addition compares splicing and tools in use and Corning FlexNAP system design, costs and working methods. This study contains methods step by step in duct ground installation and example of optic fiber cabling plan in city map.</p> <p>Factory manufactured systems advantages pay back when distances are short. There isn't much difference in cost. Time used with planning has smaller role when there aren't many connectors. At the same time cost decrease and customer has less disrupt.</p>	
Keywords	FTTH, FlexNAP

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Yleistä optisista kuiduista	1
2.1	Kaapelityypit	2
2.2	FTTx	2
2.3	Liitosmenetelmät	4
2.3.1	Hitsaaminen	4
2.3.2	Mekaaninen liitin	7
2.4	Liitin ja liitoshäviö hitsauksessa	8
2.5	Plug'n'play (P'n'P) -liitosmenetelmiä	10
2.5.1	Corning FlexNap	10
2.5.2	Järjestelmän rakenne	10
2.5.3	Flexnap-kaapelin rakenne	12
2.5.4	OptiTip MT -liitin	12
2.5.5	OptiSheath MultiPort- ja UltraNAP -valokuitupäätteet.	14
2.6	Maailmalla käyttöä olevat järjestelmät	14
3	Vertailua	15
3.1	Suunnittelu ja tilaus	15
3.2	Asennus	16
3.3	Testaus	17
3.4	Kustannukset	18
4	Suunnitelma	19
5	Pohdintaa	21
	Lähteet	22

## Lyhenteet

FiOS	<i>Fiber Optic Service</i> . Verizon yrityksen tarjoama datapalvelu.
FTTB	Fibre To The Building. Optinen liityntäverkko, jossa kuitu tulee kerros- tai rivitalon talojakamoon saakka.
FTTH	Fiber To The Home. Optinen liityntäverkko, jossa kuitu tulee kotiin saakka.
FTTP	Fiber To The Premises. Yleisnimitys FTTx-verkkomalleista.
IPTV	<i>Internet Protocol Television</i> . Televisio-ohjelmien jakelu IP-verkoissa.
HDTV	<i>High Definition Television</i> . Teräväpiirtotelevisio.
LCP	<i>Local Convergence Point</i> . Valokuituverkon osa, jakamo.
NA	<i>Numeerinen apertuuri</i> . Optiikan erotuskyky.
ONU	Optical Network Unit. Optinen verkkopääte.
TIA	<i>The Telecommunications Industry Association</i> . Yhdysvaltalainen telealan ammattijärjestö.
VoD	<i>Video on Demand</i> . Tilausvideopalvelu.
VoIP	<i>Voice over Internet Protocol</i> . Puhelujen välitys Internetissä tai muussa IP-verkossa.
WLAN	<i>Wireless Local Area Network</i> . Langaton lähiverkko.

## 1 Johdanto

Valokuituinen runkoverkko tarjoaa nopeamman ja luotettavamman tiedonsiirtokapasiteetin kuin kuparikaapeli- ja langaton verkko. Valokuitu voi siirtää dataa kymmeniä gigabittejä sekunnissa. Tämän ansiosta operaattorit voivat tarjota yrityksille ja kotitalouksille nopeampia internetyhteyksiä ja samalla IPTV- ja HDTV-teräväpiirtotelevisio-, VoD-tilausvideo-, VoIP- ja tallennuspalveluiden tarjonta kasvaa. Pilvipalveluiden yleistyessä verkon on toimittava kumpaankin suuntaan ripeästi.

FTTH-verkkomallissa valokuitu tuodaan loppukäyttäjälle asti, jolloin välissä ei ole kuparikaapelia rajoittamassa kaistaa. Tämä mahdollistaa monia sovellutuksia, mm.

- sähkömittarin etäluku
- IPTV-/HDTV-/VoD-tilausvideopalvelut
- IP-puhelin ja VOIP
- internet
- turvakamera- ja valvontajärjestelmät
- etäopetus
- pilvipalvelut
- verkkopelaaminen
- valokuvien jakaminen.

## 2 Yleistä optisista kuiduista

Erona kuparisiin johtimiin optisessa kuidussa siirretään digitaalinen tieto valopulssissa sähköisen signaalin sijaan. Tämän ansiosta signaalin vaimennus on pienempi. Optisessa kuidussa voidaan siirtää suurempi määrä dataa kuin kuparisella. Lisäksi kuitu on kevyempää ja ohuempaa kuin pari- tai koaksiaalikaapeli. Tämän ansiosta sen asennus helpottaa sekä pienentää kaapelin tarvitsemaa tilaa rakenteissa ja putkistoissa. Optinen kuitu on immuuni ympäristöstä tulevalle sähköiselle häiriölle. Sitä voidaan käyttää ympäristöissä, joissa on tulipalon tai räjähdysvaara. Tietoturvan kannalta optista kuitua on vaikeampi salakuunnella tai häiritä tahallisesti.

Optisessa kuidussa käytetään erittäin korkealaatuista ja kirkasta lasia. Kuitu koostuu kolmesta osasta. Sen sisällä kulkee ydinjohto, jonka ympärillä on valoverho. Valoverhon tehtävä on heijastaa valonsäde takaisin ydintä kohden ja näin pitää valonsäde ytimessä. Kuidun rakennetta suojaa uloimpana vaippa.

Optiseen kuituun lähetettävän valon lähde voi olla led- tai laserlähetin. Led-valosta vain osa siirtyy johtimeen, mikä johtuu sen suuresta avaruuskulmasta. Laserlähettimen koko teho voidaan keskittää optiseen kuituun, koska laserin valo on samansuuntaista ja samanvaiheista. Lasin ominaisuuksista riippuen valitaan sopiva aallonpituus kolmesta eri taajuusalueesta, 825-875 nm, 1270-1340 nm ja 1525-1574 nm. Kaistanleveys on erittäin korkea, 25 000-30 000 GHz. [1.]

## 2.1 Kaapelityypit

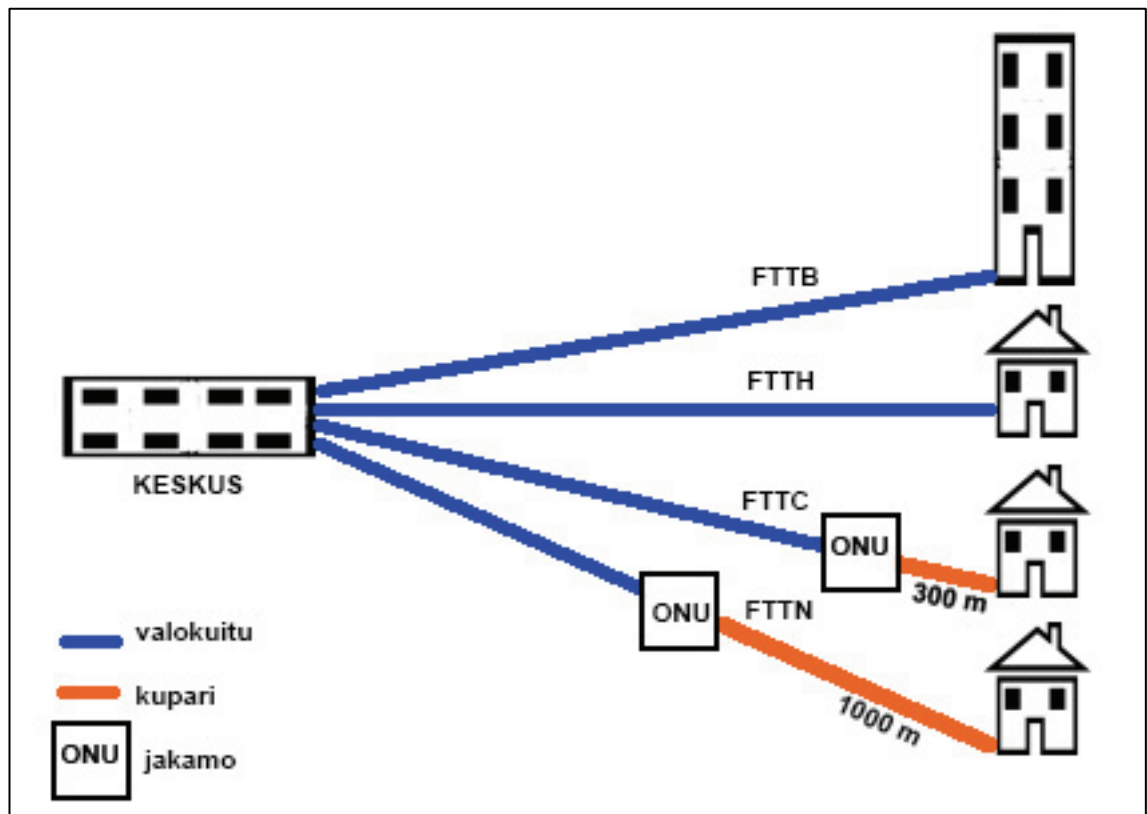
Optiset kuidut jaetaan kahteen eri ryhmään, monimuotokuituun ja yksimuotokuituun. Monimuotokuitu jaotellaan lisäksi askeltaitekertoimiseen ja asteittaistaitekertoimiseen taitekertoimen eli valon etenemistavan perusteella. Askeltaitekertoimisessa kuidussa valo heijastuu kokonaan ytimen ja valoverhon rajapinnassa ja asteittaistaitekertoimisessa kuidun taitekerroin muuttuu, mitä lähemmäs ytimen reunaa mennään. Yksimuotokuidun ytimen halkaisija on lähetettävän valon aallonpituuden mittainen. Tämän ansiosta valo kulkee ytimessä heijastelematta.

Monimuotokuiduissa pulssi leviää aikatasossa johtuen eri matkan kulkevista signaaleista. Tästä syystä monimuotokuitua voidaan käyttää vain lyhyillä matkoilla ja liitosjohtoina. Yksimuotokuiduissa ei juuri tapahdu heijastelua, jolloin valopulssi ei leviä ja sitä voidaan siirtää kymmeniä kilometrejä ilman välivahvistimia.

## 2.2 FTTx

FTTx on lyhenne passiivisen valokuituverkon suunnittelumallista fiber-to-the-x, jossa tarjotaan optisella kuidulla laajakaistayhteys koteihin, yhteisöihin ja pienyrityksiin. Kirjain x viittaa siihen kuinka lähelle valokuitu tulee loppukäyttäjää keskuksesta. FTTB, fiber-to-the-business-kuitu on viety yrityksen jakamoon, josta se jaetaan käyttäjille ku- parikaapelilla. FTTC, fiber-to-the-curb-kuitu menee jakamoon asti, joka on yleensä noin

300 metrin päässä kodista tai yrityksestä ja jatkaa tästä kuparisena koaksiaali- tai pari-kaapelina asiakkaalle. FTTH, fiber-to-the-home, johon tässä työssä keskitytään, tarkoittaa, että kuitu tulee loppukäyttäjälle kotiin asti. Erona FTTB-termiin on se, että yritykset tarvitsevat enemmän kaistaa. FTTN, fiber-to-the-neighbourhood tarkoittaa, että kuitu tulee noin kilometrin päähän kodeista ja yrityksistä. FTTO, fiber-to-the-office on vastaa-va kuin FTTB-malli, mutta kuitu menee yritysasiakkaalle. FTTP:stä, fiber-to-the-premises on tullut vallitseva termi, joka kattaa eri FTTx-konseptit. FTТУ, fiber-to-the-user, on Alcatel-valmistajan käyttämä termi omille FTTB- ja FTTH-sovellutuksilleen. [2.]



Kuva 1. FTTx-suunnittelumalli.

Kuva 1 havainnollistaa FTTN-, FTTC-, FTTB- ja FTTH-suunnittelumalleissa, kuinka kuitu tulee keskuksesta kohti loppukäyttäjää. ONU eli Optical Network Unit tarkoittaa optista verkkopäätettä, joka muuntaa kuituverkon sähköiseen muotoon kuparijohtimilla siirrettäväksi.



## 2.3 Liitosmenetelmät

### 2.3.1 Hitsaaminen

Yleisin kuitujen liittämismenetelmä kentällä on hitsaaminen. Runkokuitujen hitsaus tapahtuu yleensä ulko-olosuhteissa, jolloin kuitujen päät nostetaan jatkoskaivosta hitsausvaunuun (kuva 4).



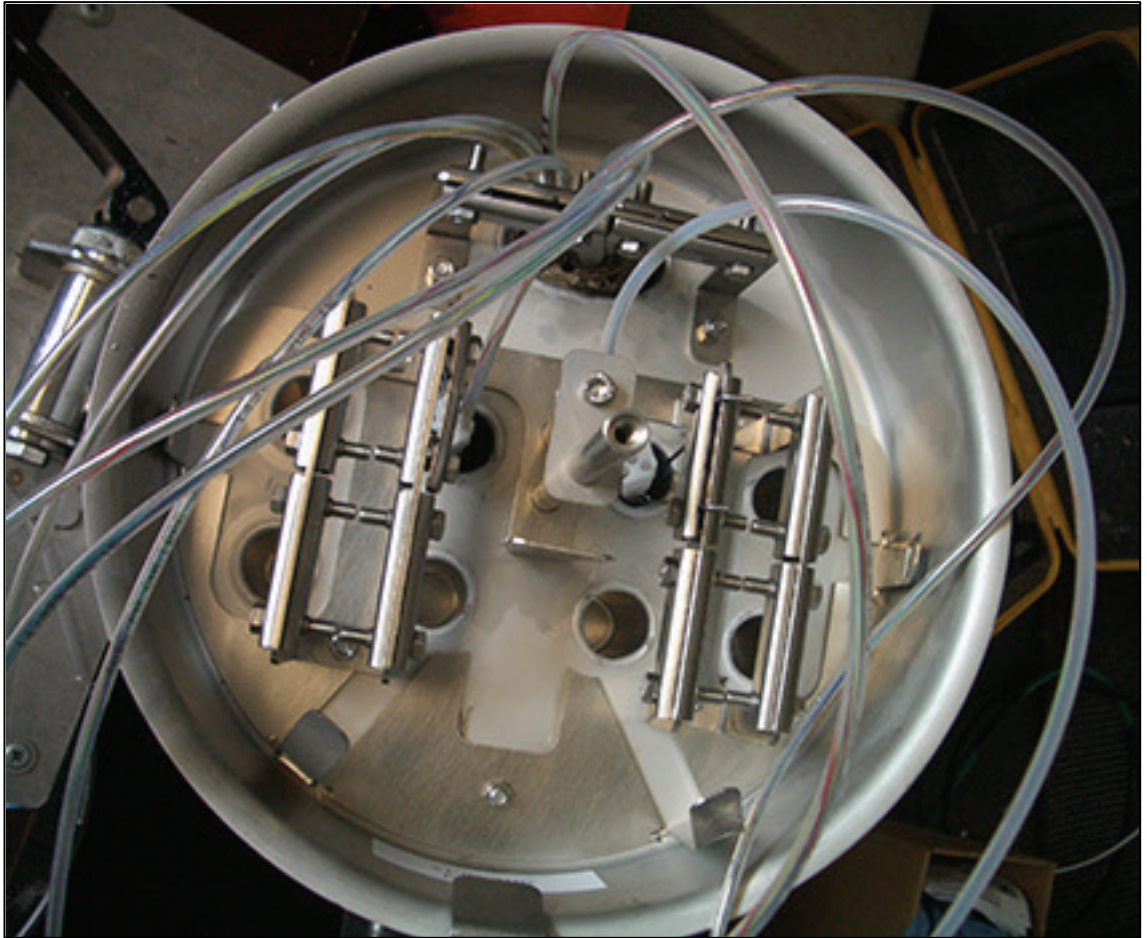
Kuva 2. Kuituhitsausvaunu.

Ennen hitsauksen aloittamista työvaiheita on useita. Kaapeli kuoritaan, kuidut erotellaan värikoodien mukaisesti. Tämän jälkeen kuidusta kuoritaan ensiöpäälylyste ja se katkaistaan tähän tarkoitettuilla työkaluilla. Kuitu puhdistetaan alkoholilla ja varotaan vahingoittamasta kuitua. Valmistellut kuitujen päät asetetaan hitsauslaitteeseen, joka kohdistaa ja hitsaa kuitujen päät yhteen. Hitsauslaite tekee valmiille jatkokselle vetotestin ja mittaa jatkosvaimennuksen. Liitoksen päälle asetetaan teräslangalla vahvistettuun kutistemuovihylsy, joka on pujotettu kuituun ennen hitsausta. Hylsy ja liitos asetetaan hitsauslaitteessa olevaan sulattimeen, jonka lämpö kutistaa hylsyn liitoksen päälle. Hylsy vahvistaa liitoksen, suojaa paljaan kuidun ytimen mekaaniselta rasitukselta.



Kuva 3. Hitsauslaite.

Kuvassa 5 näkyvä hitsauslaite on tarkoitettu yksittäisten kuitujen hitsaamiseen. Kuitunauhojen jatkaminen tehdään vastaavalla menetelmällä siihen erityisesti tarkoitetuilla kuorinta- ja hitsaustyökaluilla.



Kuva 4. Kuitujatkoskotelo ja irtonaiset kaapelin päät.

Valmiit jatkokset kieputetaan kuitujatkoslevyille ja jatkosholkit painetaan omille paikoilleen. Jatkoslevyt sijoitetaan takaisin kuitujatkoskoteloon (kuva 4).



Kuva 5. Kuitujatkoskotelo jatkoskaivossa.

Kuitujatkoskotelo on alttiina vedelle, lialle ja lämpötilanvaihtelulle, joten se on suljettava huolellisesti. Läpiviennit on tiivistettävä teipin ja lämmitettävän kutistesukan avulla. Kuva 5 näkyy jatkoskaivo ja olosuhteet, joita jatkoskotelon täytyy kestää.

### 2.3.2 Mekaaninen liitin

Verkkojen rakentajat etsivät jatkuvasti vaihtoehtoja hitsaamiselle. Yksi vaihtoehto on käyttää mekaanista liitosta, jossa kuitujen päät vain asetetaan vastakkain liittimen avulla. Toinen mahdollinen tapa liittää yksimuotokuitu on hitsata jokaisen kuidun päähän häntäkuitu, jossa on liitin valmiina. Valmistajat ovat alkaneet tarjoamaan vaihtoehtoa edellä mainittujen väliltä. On kehitetty valmiita liittimiä, jotka hitsataan kuituun ilman, että tarvitsee käyttää häntäkuituja.

Viimeisin tarjolla oleva vaihtoehto vaatii hyvää reittisuunnittelua, jossa tiedetään tarkalleen kaapelin reitti ja liitosten sijainnit. Tällöin kaapeli voidaan tehdä valmiiksi tehtaalla ja toimittaa työmaalle, jossa se vain asennetaan paikalleen ja kytketään liittimillä.



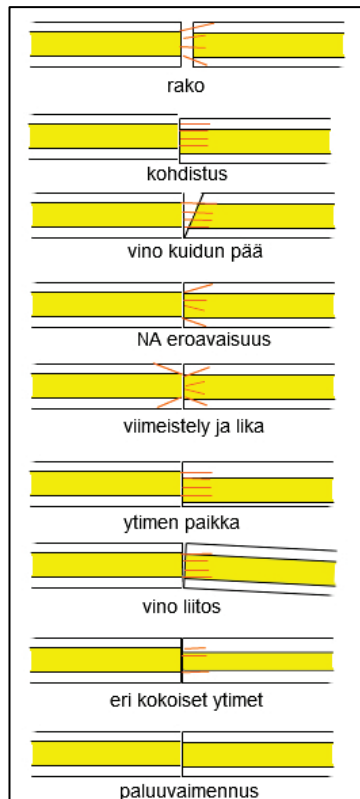
Asennusvalmiita kaapeleita on ollut jo vuosikymmeniä, mutta vaativissa kenttäoloissa toimivan liittimen toteuttaminen on ollut vaikeaa. Jotkut kaapelivalmistajat tarjosivat liittämispalveluita, jolloin tilatessa ilmoitettiin haluttu kuitujen määrä, kaapelin ja liittimen tyyppi sekä pituus. Kaapelit toimitettiin suojukset liittimien päällä. Nämä suojasivat liittintä asennuksen aikana ja niissä olevat lenkit helpottivat kaapelin asennusta. Tämä toimi, jos kuitujen määrä oli vähäinen. Asennettavien kuitujen määrä oli rajallinen isokoisten, erityisesti ST (Straight Tip) ja SC (Subscriber Connector) -liittimien kanssa. Nippu näitä liittimiä suojuksineen hankaloitti asennusta. Pienemmän LC (Lucent Connector) -liittimen myötä asennus helpottui hieman.

Seuraava esitelty liittintyyppi oli monikuituinen MTO/MTP- (Multiple-Fibre Push-On/Pull-off) liitin. Yhdellä liittimellä voitiin liittää 12 kuitua kerralla, mikä vähensi huomattavasti liitinmäärää kaapelia kohden. Tämä nopeutti asennusta merkittävästi. MTP-liitintä käytettiin kaapeleissa, joissa toisessa päässä oli 12 yksittäistä liitintä tai 12 liittimen valo-kaapelipääte. Nauhakaapelin kehittäminen on luonut standardin kuitutekniikkaan, jota käytetään, kun halutaan asentaa suuri määrä kuituja. Tämä yhdistettynä kuitunauhaliittimiin, syntyy kokonaisuus, joka on kätevä asentaa mihin tahansa kohteeseen.

Mikään edelle mainituista ei varsinaisesti sovellu ulkokäyttöön ja täytä asennuksissa vaadittavia kriteerejä liittimien kestävyys ja kuitujen määrän osalta. Yhdysvalloissa Verizonin FiOS-palvelun kysynnän kasvu on lisännyt FTTH-asennuksien määrää ja tätä kautta lisännyt painetta asennuksen nopeuttamiseen sekä kulujen laskemiseen. Tämä on johtanut näiden tehdasliitettävien kaapeleiden yleistymiseen. Koteihin tarvitaan miljoonia uusia nopeita yhteyksiä joka vuosi, jolloin pienet säästöt ajassa ja työvoimakustannuksissa kasvavat merkittäviksi. Lisäksi koulutetun työvoiman saaminen ei ole helppoa.

## 2.4 Liitin ja liitoshäviö hitsauksessa

Liitin- ja liitoshäviötä aiheuttavat monet tekijät. Häviö on pienimmillään, kun kahden kuidun ytimet ovat identtiset ja täydellisesti kohdistettu sekä liittimet ja liitokset on huolella valmisteltu ja puhdistettu. Häviötä on muu kuin vastaanottavassa kuidussa jatkuva signaali.



Kuva 6. Mahdollisia liitosvirheitä.

Kuvassa 6 on esimerkkejä yleisimmistä liitosvirheistä. Rako kuitujen välissä aiheuttaa liitos- sekä paluuvaimennusta. Kuidun päästä leviävästä valokeilasta osa menee ohi vastaanottavan kuidun päästä ja signaali menetetään. Lisäksi ilmarako kuitujen päässä aiheuttaa heijastumista, koska ilmalla ja lasilla on eri heijastuskertoimet. Tämä heijastuma, nimeltään Fresnelin diffraktio, aiheuttaa viiden prosentin vääristymän. Seurauksena on, että liittimellä, jossa on ilmarako, ei voi olla vähempää vaimennusta kuin 0,3 dB. Tästä heijastumasta käytetään usein nimitystä takaisinheijastuma tai optinen paluuvaimennus.

Liittimissä käytetään kiillotusmenetelmiä fyysisen kontaktin varmistamiseksi ja takaisinheijastuman minimoimiseksi. Mekaanisissa liittoksissa on mahdollista vähentää takaisinheijastumaa leikkaamalla kuidun pää viistoon. Kuidun pää täytyy olla kunnolla kiillotettu häviön minimoimiseksi. Karkea pinta aiheuttaa sirontaa ja lika voi aiheuttaa sirontaa sekä heijastumista. Koska valokuitu on ohut, ilmassa olevat pienhiukkaset voivat olla suuri häviön aiheuttaja. Liittimien päät olisi oltava suojattuna lialta, eikä niihin saa koskea paljain käsin, koska ihosta jäävä rasva kerää likaa. Ennen liittämistä ja tes-

tausta, liittimien päät on puhdistettava isopropyylialkoholiin kostutetulla nukkaamattomalla liinalla.

Numeerinen apertuuri (NA) ja ytimen halkaisijan eri koko aiheuttavat häviötä. Erot näissä voivat aiheuttaa eri häviön, riippuen valon etenemissuunnasta. Suuremman NA-arvon kuitu on herkempi suuntaukselle ja raolle. Tästä syystä häviö on isompi suuremman NA-arvon kuidusta pienemmän NA-arvon kuituun kuin päivänvastoin. Lisäksi valo halkaisijaltaan isommasta kuidusta pienempään aiheuttaa häviötä, kun taas valo pienemmästä suuremman halkaisijan kuituun yhdistyy minimaalisella häviöllä ja siksi vähemmän herkkä raolle sekä sivusuuntaiselle epätarkkuudelle. Nämä yhteensopivuusongelmat aiheutuvat kahdesta syystä, tarpeen liittää yhteen kaksi erilaista kaapelia ja laatuerot valmistuksessa kahden nimellisesti samankokoisen kuidun välillä. On mahdollista liittää kaksi nykypäivän monimuotokuitua ja aiemmin käytettyjen monimuotokuitujen tai monien nykyisten yksimuotokuitujen kanssa. Lisäksi on mahdollista liittää kaksi erityyppistä tai eri järjestelmiin suunniteltua kuitua yhteen. Jotkut valmistajat ohjeistavat eri kuitujen käytössä, jotkut eivät. [3.]

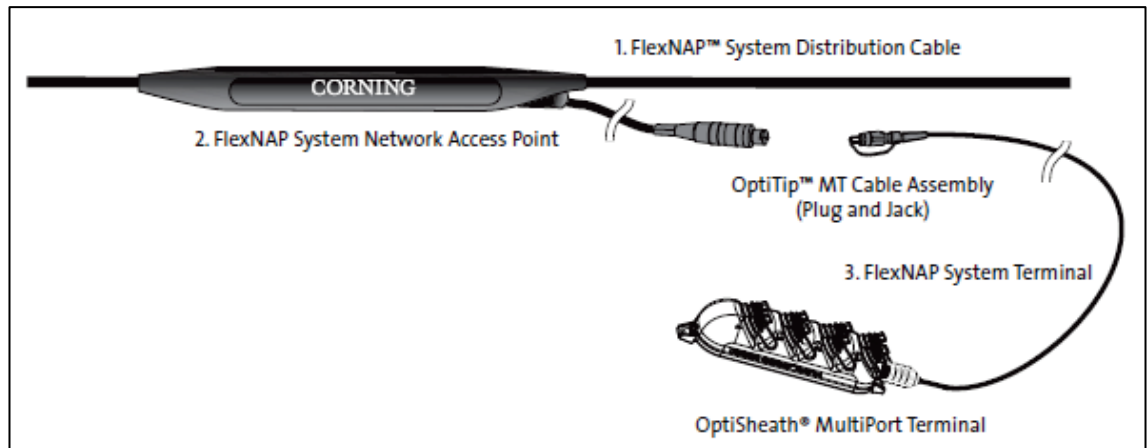
## 2.5 Plug'n'play (P'n'P) -liitosmenetelmiä

### 2.5.1 Corning FlexNap

Corning Cable Systems on kehittänyt kestävä ja säältä suojatun muovisen koteloinnin MTP-liittimelle, joka suojaa rakennetta ennen asennusta, sen aikana ja sen jälkeen.

### 2.5.2 Järjestelmän rakenne

Corning FlexNAP -järjestelmä (kuva 7) koostuu runkokaapelista, jossa on kiinteitä esi-asennettuja TAP-liityntäpisteitä (Tether Attachment Point). Näissä liityntäpisteissä voi olla kaksi häntää, kummassakin 2-12 kuitua eli enimmillään 24 kuitua. Hännän pituus on 5 jalkaa ilma-asennuksessa ja 15 jalkaa maa-asennuksessa. Kaapelin päässä on naaraspuolinen OptiTip-liitin. Tähän haaraan liitetään urospuolinen OptiTip-liitin ja vähintään 10 jalan mittainen 4-, 6-, 8- tai 12-kuituinen jatkos, jonka päässä on valokaapelipääte. Jatkoksen pituus voi olla jopa 2000 jalkaa.



Kuva 7. Corning FlexNAP-järjestelmän pääosat [4].

Käytettyjen kuitujen kytkentäkaavio vaihtelee, riippuen jatkoksen pituudesta, onko se yli vai alle 15 jalkaa (taulukko 1). [5.]

Taulukko 1. Jatkoksen kytkentäkaavio.

15 jalkaa tai alle				
Kuidun väri	Kuitujen lukumäärä			
	4	6	8	12
Sininen				X
Oranssi	Ylim. kuitu			X
Vihreä			X	X
Ruskea		X	X	X
Harmaa	X	X	X	X
Valkoinen	X	X	X	X
Punainen	X	X	X	X
Musta	X	X	X	X
Keltainen		X	X	X
Violetti			X	X
Vaal.pun.	Ylim. kuitu			X
Turkoosi				X

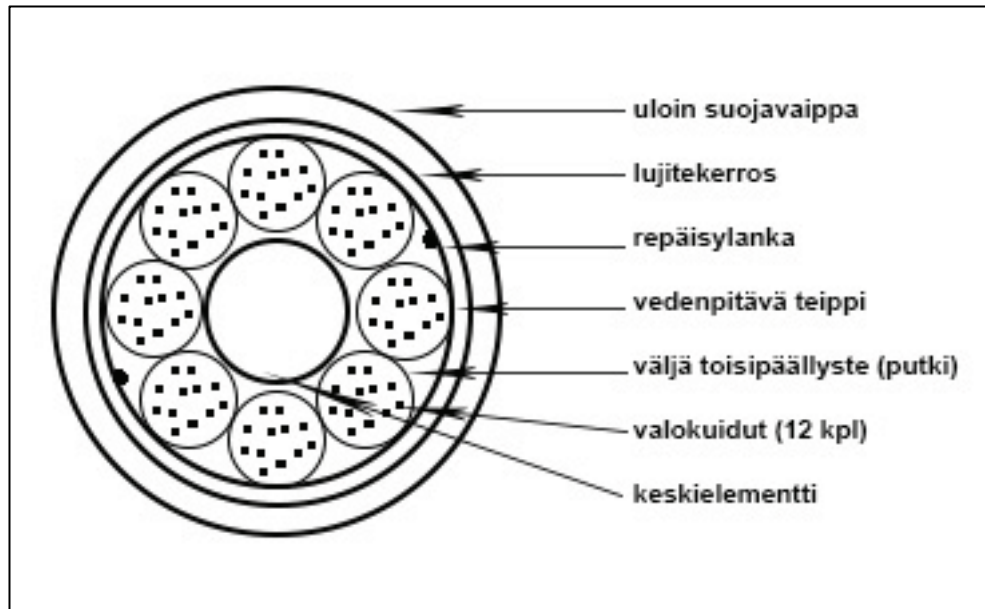
yli 15 jalkaa				
Kuidun väri	Kuitujen lukumäärä			
	4	6	8	12
Sininen	X	X	X	X
Oranssi	X	X	X	X
Vihreä	X	X	X	X
Ruskea	X	X	X	X
Harmaa		X	X	X
Valkoinen		X	X	X
Punainen			X	X
Musta			X	X
Keltainen				X
Violetti	Ei kuitua			X
Vaal.pun.				X
Turkoosi				X

Jatkoksen päässä oleva OptiSheath-valokuitupäätte mahdollistaa sen joustavamman sijoittelun riippumatta siitä, missä jatkoskaivo ja liitospiste sijaitsevat. Valokuitupäätteestä vedetään asiakkaille OptiTap-liittimillä varustetut kaapelit eli tilaajakuidut, johon on myös mahdollista saada standardi SC-liitin toiseen asiakkaan päähän.



### 2.5.3 Flexnap-kaapelin rakenne

FlexNAP-järjestelmäkaapeleita voi olla 12–144 tai 216-kuituisia. Kuvassa 8 on esimerkki 96-kuituisen kaapelin rakenteesta.



Kuva 8. 96-kuituinen FlexNAP-järjestelmän runkokaapeli.

144-kuituisessa kaapelissa on valokuituja sisältäviä putkia kahdessa kerroksessa. Kuiduin pyöreän muodon säilyttämiseksi putkia on korvattu tukielementeillä. [6.]

### 2.5.4 OptiTip MT -liitin

OptiTip MT -liittimessä kuitujen päät on viistetty, mikä sovittaa kuitujen päät yhteen. Värikoodien järjestys on aina sama. Liittimen rungossa on kohdistuspalat, jolloin liittimiä ei saa painettua yhteen väärässä asennossa. Liittimessä on myös kohdistuspinnit molemmin puolin kuituja, jotka ohjaavat kuitujen päät tarkalleen yhteen oikeassa asennossa. [4]

Liittimet on suojattu korkilla ja sinetöity tehtaalla. Sinetin ollessa rikki, liitin tulee tarkistaa ja puhdistaa tarvittaessa siihen tarkoitetulla työkalulla. Lisäksi naarasliittimen suojakorkin päässä on silmukka, jota voi käyttää apuna kaapelinvedossa.

Naarasliittimessä on kohdistusnasta sisäkehällä ja kierteet ulkokehällä, urosliittimessä puolestaan on kohdistushahlo, joka liitettäessä kohdistetaan nastan kanssa. Liittimet painetaan sisäkkäin, jonka jälkeen liitos suljetaan kiertämällä naarasliittimen päällä oleva holkki urosliittimen kierteisiin.



Kuva 9. Corning OptiTip -liitin.

Liitin on suunniteltu suojaamaan kuitua ja vähentämään signaalin vaimenemisen riskiä. Valmistaja lupaa maksimiliitosvaimennukseksi 0,75 dB ja heijastusvaimennukseksi -0,65 dB tai vähemmän. Liitin läpäisee Telcordian suorituskysyvaatimukset, se on läpäissyt kolmannen osapuolen laboratoriotestit IP69K- ja IP68-teollisuusstandardien pölyn ja veden suojaukselta.

Telcordian GR-3152 standardin mukaan liittimet on testattu monella tavalla, mm. jäädymällä ja sulattamalla 10 kertaa, 55 päivän ajan, noin kuutiometrin kokoisessa altaassa. Vedenpaineen kestävyys on testattu upotustestillä. Murskaustesti on tehty noin 90 kg:n massalla 30 s. ajan. Lämpötilan kestävyystesti on tehty -40 °C-75 °C asteessa seit-

semän päivän ajan ja liitintä on pidetty 95 %:n ilmankosteudessa seitsemän päivän ajan. Liittimen kuormitustesti on tehty seitsemän päivän ajan 23 °C lämpötilassa ja jossa veto tulee 90 asteen kulmassa noin 2 kg:n painolla. [7.]

#### 2.5.5 OptiSheath MultiPort- ja UltraNAP-valokuitupäätteet.

OptiSheath-valokuitupäätteessä voi olla 4-12 OptiTap-liitintä. Valokuitupääte voidaan ilma-asennuksissa kiinnittää tolppaan tai tarvittaessa seinään siihen tarkoitetuilla kiinnitystarvikkeilla. Maa-asennuksissa pääte voidaan jättää jatkoskaivon pohjalle tai tuoda se maanpinnalle kaappiin tai muuhun kotelointiin. OptiSheath-valokuitupäätteen lisäksi on olemassa myös OptiSheath UltraNAP -valokuitupääte/-jakaja. Siinä on OptiSheath MultiPort -päätteen lailla loppukäyttäjälle lähteviä yhden kuidun OptiTap-liittimiä, mutta lisäksi useamman kuidun OptiTip-liittimiä, jolla kuituverkko voidaan jakaa eteenpäin OptiSheath-päätteille. Asennus voidaan tehdä sarjassa tai rinnan. OptiSheath-pääte mahdollistaa, että jatkoskaivon sijaan se voi olla vain matalassa maanalaisessa koteloinnissa. Se myös nopeuttaa asennusta, kun ei tarvitse kaivaa erillisiä kaivonrenkaita maahan. FlexNAP-järjestelmän parhaita puolia on sen nopean liitettävyyden lisäksi, päätteiden mahdollistama muunneltavuus ja joustavuus.

### 2.6 Maailmalla käytössä olevat järjestelmät

Corning Cable Systemsin järjestelmiä on jo käytössä maailmalla Yhdysvaltojen lisäksi mm. Australian hallituksen National Broadband Network, NBN-projektissa, jossa on tavoitteena tarjota kuituyhteys 93 prosentille kiinteistöistä. Projekti aloitettiin Tasmaniassa loka-marraskuun vaihteessa 2009, jonka ensimmäisessä vaiheessa rakennettiin FTTP-kuituyhteys FlexNap-järjestelmällä. Kesäkuuhun 2012 mennessä oli kuituyhteys 12 800 kiinteistössä. [8.]

Projektin lopullinen tavoite on korvata kupariset puhelinlinjat kuituyhteydellä 200 000 kiinteistössä. Australian mantereella rakentaminen aloitettiin 2010 ja kesäkuun loppuun mennessä 2015 on tarkoitus olla yhteydet 3,5 miljoonassa kiinteistössä. [9.]

### 3 Vertailua

#### 3.1 Suunnittelu ja tilaus

Hitsattavan kuidun asennuksen suunnittelussa haetaan kaupunkien sekä operaattoreiden tietojärjestelmistä lisätietoa kaivamistarpeesta ja paljonko kaapelia tarvitaan. Usein kaapelia ja liittimiä tilataan hieman yli arvioidun määrän. Lisäksi kuitu on niin halpaa, että kannattaa ottaa usein 96-kuituinen 48-kuituisen sijaan ja varautua näin tulevaisuuden tarpeisiin samalla. Tavarantoimittajan järjestelmästä saadaan hinnat materiaalille tarjousta varten. Tämän jälkeen asiakas hyväksyy tarjouksen, tilaa materiaalin ja työn tämän tarjouksen perusteella. Tavaralla ollessa perinteistä metritavaraa, saatavuus on muutama päivä, mutta laitetilauksissa kestää pidempää. Kuitu voidaan suunnitella asennettavaksi suoraan maahan auraamalla tai kaivamalla. Toisena vaihtoehtona asennus voidaan tehdä nykyisiin putkiin tai asentamalla uudet putket. Kolmantena vaihtoehtona asennus voidaan tehdä tolppiin nykyisten ilma-asennuksena kuparikaapeleiden tilalle. Yleisesti kaupunkialueella käytetään putkitusta ja haja-asutusalueella aurataan maavaraistutkia, joihin kuitu voidaan puhalttaa.

Ilmakaapeliasennuksia tehdään valmiisiin energialaitosten pylväisiin, se on samalla halvin menetelmä. Uusia tolppia pystytetään, mikäli maasto on huonosti maasennukseen soveltuvaa tai kallioinen. Ilma-asennuksessa on riskinä aina, että esim. ukkonen tai kaatuva puu vahingoittaa kannatinlinjaa ja kuidut tuhoutuvat.

Kaapelikelat ovat yleensä 1, 3 tai 5 km pitkiä ja kaapelia pyritään asentamaan kerralla mahdollisimman pitkiä matkoja, koska jatkokset ovat hitaita ja kalliita. Nyrkkisääntönä on, että 96-kuituisen kaapelin jatkos hitsaamalla maksaa saman verran kuin yksi kilometri 96-kuituista kaapelia. Nykyiset kuituhitsauslaitteet ovat niin laadukkaita, että väimmennusta ei juuri tule. Kaapeleiden päästä mitattuna jatkoksia ei välttämättä edes eroteta. [10.]

Tehdasvalmisteisen valmiin kaapelijärjestelmän suunnittelu on tarkempi prosessi. Toisessa vaihtoehdossa järjestelmätoimittaja voi suunnitella täysin uuden joustavamman reitin kaapeleille. Asennus voidaan tällöin suunnitella maahan kaivettaviin putkituksiin tai ilma-asennuksena, vaikka ensin mainittu on nykyisen suuntauksen mukaan yleisempi. Vanhoissa putkissa ei saa olla muita kaapeleita asennettuna. Tarvittavien kuitu-

jen määrä täytyy olla tiedossa, putkiin asennettavat kaapelit voivat olla 12-72-kuituisia ja suoraan maahan asennettava 12-216-kuituisia. Reiteistä on oltava hyvät piirustukset kaapeleiden ja laitteiden sijaintien osalta. Liian lyhyen kaapelin tilaamisesta tulee isoja ongelmia, mutta myös liian pitkän kaapelin kanssa tulee eteen, mihin sijoittaa ylimääräiset kaapelilenkit. Siksi on tärkeä tehdä asennuskohteeseen useita vierailuja jo suunnitteluvaiheessa, jotta näkee, miltä reitti todellisuudessa näyttää paikan päällä. Ilma-asennuksien suunnittelussa voidaan käyttää laseretäisyysmittaria, jolla mitataan pylväiden välit. Maahan tehtävissä asennuksissa voidaan käyttää mittapyörää, jolla mitataan jatkoskaivojen väliset etäisyydet. Valmiiden putkistojen mittaamiseen tehokkain tapa on käyttää siihen tarkoitettua mittanauhaa.

Tämän lisäksi kaapeleiden päihin tulevien laitteiden tyyppi täytyy tietää, koska niistä tulee kiinteä osa kokonaisuutta. Valmistajalla on asiantuntijat avustamassa kaapeloinnin suunnittelussa.

### 3.2 Asennus

Hitsaaminen on hidasta käsityötä, joka vaatii kallista laitteistoa ja koulutetun työntekijän. Tästä huolimatta hitsaajalle voi tulla inhimillisiä virheitä värikoodeissa, lisäksi liitoksen laatuun vaikuttavat ympäristötekijät, kuten pöly yms. Kuitujatkossuojissa voi olla valmistusvirheitä, jotka pilaavat onnistuneen hitsausliitoksen puristuessaan jatkoksen päälle epätasaisesti. Lisäksi asennustyömaalla tarvitaan sähköä laitteistolle. Silti hitsaus on luotettavin ja häviöttömin optisten kuitujen jatkamismenetelmä. Kuitujen päät sulatetaan yhteen valokaaren avulla yhtenäiseksi kuiduksi. Kohdistaminen on tässäkin menetelmässä tärkeää ja nykyaikaiset hitsauskoneet tekevät kohdistuksen ja hitsauksen automaattisesti. Tämän tyyppinen liitos kestää enemmän rasitusta kuin mekaaninen liitos; lisäksi vaimennus on pienempi.

Hitsauksen jälkeen on huolehdittava kuitujatkoskotelon vedeneristyksestä, jottei koteloon mahdollisesti pääsevä vesi jäädy ja vahingoita kuituja. Valmiissa valokuitupäätteissä on eristys tehty jo tehtaalla. 96-kuituisen jatkoksen hitsaus vie yhden työpäivän. uudet hitsauslaitteet ovat nopeampia ja helpompia käyttää. Aikaa vievin osuus on valmistelut, kuoriminen, maadoitukset ja hitsauksen jälkeiset toimenpiteet. [11.]

Corningin FlexNap-järjestelmä voidaan asentaa ilmakaapelina pylväisiin tai kaivamalla maahan 30 mm:n putki, johon kaapeli vedetään. Nykysuuntaus on asentaa kaapelit maan alle, jolloin ne ovat suojassa luonnon aiheuttamilta vahingoilta ja ilkeivallalta, eivätkä rajoita rakentamista.

Corningin tehdasliitetyissä kaapelissa asennus on tehtävä tietyllä tavalla. Se täytyy purkaa varovasti kelalta, vetää putkiin tai asettaa paikalleen. Kaapeli on kelalla siten, että viimeiseksi tulee loppukäyttäjän pää. Putkiin asentaessa täytyy käyttää kaapelissa olevia lenkkejä. Lisäksi vetäessä on pysyttävä kaapelin valmistajan ilmoittamien vetolujuuksien rajoissa ja otettava huomioon, että putkissa olevat mutkat lisäävät kaapeliin tulevaa jännitystä. Asennusliukastetta voidaan käyttää pidemmissä vedoissa, mutta ole tarpeen lyhyissä käsin tehtävissä vedoissa. Valmistaja suosittelee jättämään vähintään kolmen metrin lenkin ylimääräistä kaapelia jatkoskaivoon. Tätä voidaan tarvita, mikäli jatkoksien paikkaa täytyy muuttaa tai kaapelia korjata. Liittimien päissä on pidettävä suojukset lopulliseen kytkentään asti. [12.]

FlexNap-järjestelmä voidaan rakentaa tulevaisuutta silmällä pitäen ja jättää liitin odotamaan tulevaa tarvetta. Järjestelmätoimittajan ei tarvitse hankkia valokaapelipäätettä, ennen kuin asiakkaita on useampi kuin yksi liityntäpisteen varrella.

Asiakkaan kannalta valmiin kaapelijärjestelmän asennus aiheuttaa vähemmän työt keskeyttävää ja liikenteelle aiheutuvaa häiriötä, eikä asennuksia tarvitse välttämättä tehdä iltaisin ja öisin.

### 3.3 Testaus

Valmiin järjestelmän testaus ja dokumentointi on helpompaa, koska se on jo testattu valmistusvaiheessa. Kaapelit testataan asentamisen jälkeen kahden pisteen välillä standardi OFSTP-14 -vaimennusmittauksella. TIA (The Telecommunications Industry Association) korvasi OFSTP-14-standardin IEC 61280-4-1 -standardilla vuonna 2010. [13.]

### 3.4 Kustannukset

Tehdasliitetyn kaapelin materiaalikustannukset ovat korkeammat kuin perinteisen met-ritavaran. Etu on siinä, että kaapeleiden asennuksessa voi käyttää vähemmän koulutet-ua henkilöstöä, jolloin työvoimakustannukset ovat alhaisemmat. Suunnittelijan on to-dennäköisesti käytettävä enemmän aikaa asiakkaan ja kaapelivalmistajan kanssa suunnitelman läpikäymisen, mutta järjestelmän todellinen hyöty tulee esille vasta val-mista järjestelmää asennettaessa.

Taulukko 2. FTTH-asennusvertailu [14].

FTTH asennusvertailu		
Materiaali/\$		
	Perinteinen asennus	Kuitupääte-järjestelmä
48-kuituinen kaapeli, 2000 jalkaa (\$0,42/jalka)	840	
4-porttinen suojattu valokuitupääte tarvikkeineen	225	
4-porttinen suojattu valokuitupääte		150
valokuitupäätteiden määrä	10	10
valokuitujärjestelmä, 48-kuituinen, 2000 jalkaa, 10 esiasennettua 4-porttista suojattua päätettä		3590
<b>Yhteensä:</b> 40 kotitalouden materiaalikustannukset	3090	3590
Siirretyt materiaalikustannukset, kun kaikki kotitaloudet liitetään		1500
Työkustannukset/\$		
Runkokaapelin asennus (\$4/jalka)	8000	8000
Valokuitupäätteen asennus (tunteja)	3,5	0,2
Asentajan työkustannukset (per tunti)	65	35
Asennettujen valokuitupäätteiden määrä	10	10
<b>Yhteensä:</b> 40 kotitalouden kaapeloinnin työvoimakustannukset	10275	8070
<b>Yhteensä:</b> 40 kotitalouden kaapeloinnin yhden päivän kokonaiskustannukset	13365	11660
Asennusaika/h (miestyötunteja)		
Runkokaapelin asennus	20	20
Valokuitupäätteen asennus	35	2
<b>Yhteensä:</b> 40 kotitalouden valmistuminen	55	22

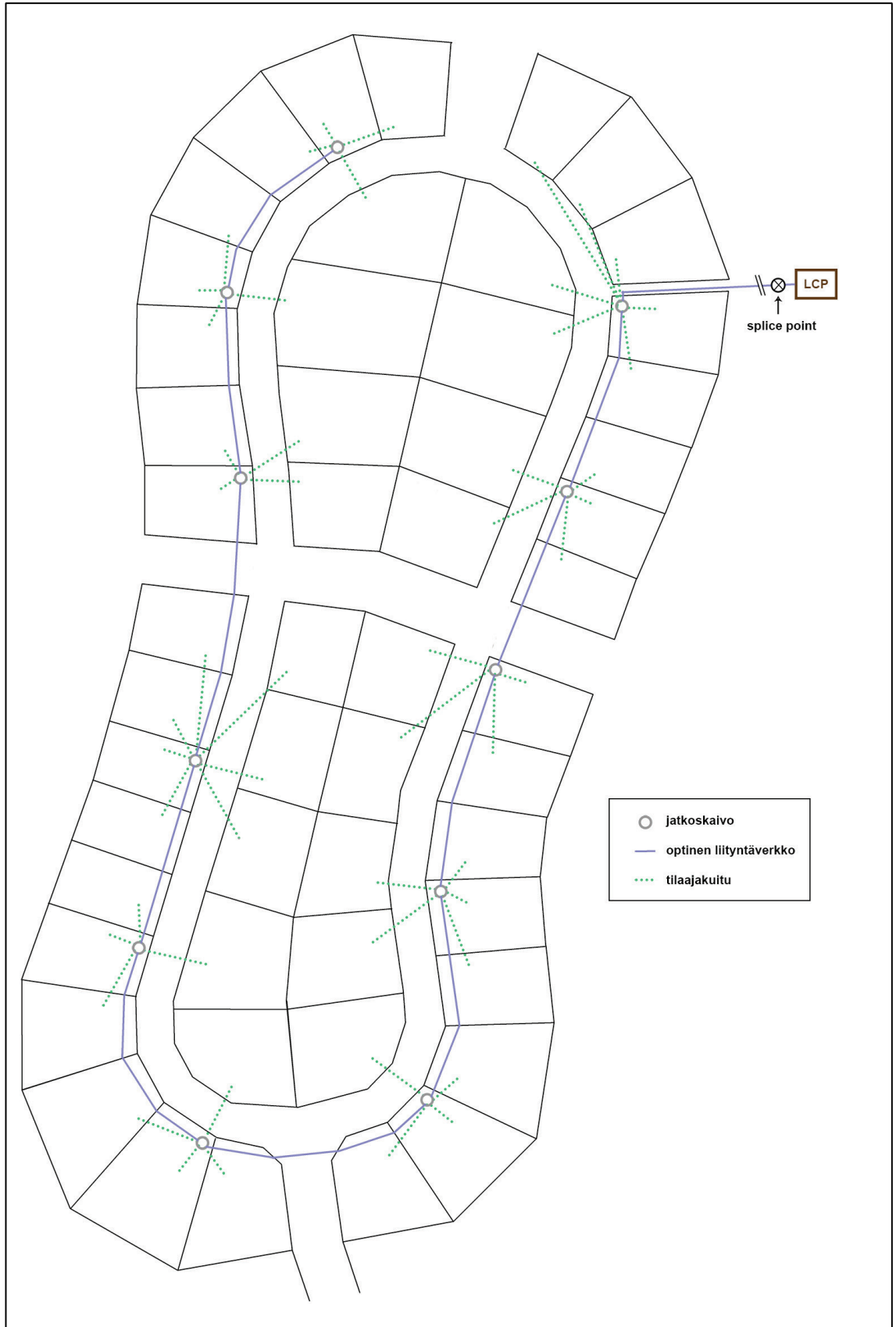
Taulukossa 1 on valmistajan laskelma perinteisen hitsaamalla tehtävän tehdasvalmis-teisen järjestelmän välillä. Ero kokonaiskustannusten välillä ei ole merkittävä, mutta asennukseen käytettävä on yli puolet pienempi.

Yhdysvaltalainen internetyhteyksien tarjoaja Verizon on ilmoittanut saavuttaneensa merkittäviä säästöjä työvoimakustannuksissa FTTH-asennuksissa käyttämällä tehdasvalmisteisia järjestelmiä. Monet pienemmät yritykset ovat myös ottamassa käyttöön tämän menetelmän. [15.]

#### **4 Suunnitelma**

Kuvassa 10 on kuvitteellinen kartta 52 kotitalouden kaavoitetusta pientaloalueesta. Kuvassa näkyy Local Convergence Point (LCP) eli jakamo, splice point eli liitospiste, optinen liityntäverkko ja 11 jatkoskaivoa. Suunnitelmassa kaapelit tulevat maan alle asennettaviin 30 mm:n putkiin. Jatkoskaivoissa oleviin network access pointeihin (NAP) asennetaan valokuitupäätteet. Suunnitelmassa on käytetty neljän ja kuuden liittimen valokuitupäätettä, jottei kohteeseen tule liikaa matkaa jatkoskaivolta. Katkoviivalla on merkitty kotitalouksille lähtevät tilaajakuidut. Mikäli suunnitellulle tilaajakuidulle ei ole tarvetta heti, voidaan kuitu jättää vetämättä. Valokuitupäätteeseen jää tällöin valmis paikka, josta kuitu voidaan käydä vetämässä paikoilleen ilman valokuidun hitsauskalustoa ja -erityisosaamista. Osa päätteen liittimistä jää käyttämättä ja ne voidaan hyödyntää myöhemmin helposti, koska päätteessä on valmis liitin kuidulle.





Kuva 10. Asemakaavaan tehty suunnitelmaesimerkki.

## 5 Pohdintaa

FlexNAP-järjestelmä sopii hyvin ilma-asennuksiin, mutta jos talojen väliset etäisyydet ovat pitkiä, perinteinen menetelmä tulee halvemmaksi. FlexNAPin vahvuus on nimenomaan useissa NAP-liityntäpisteissä.

Työn toteutus jäi teoreettiseksi, koska ei ollut saatavilla kyseistä järjestelmää tutkittavaksi, eikä näin sen liittimien toimintaa ja vaimennuksia päästy mittaamaan. Työssä käytetty materiaali nojasi valmistajan internetsivuilta saatavaan materiaaliin, haastatteluihin ja maahantuojan toimittamaan lisämateriaalin. Järjestelmän yleistyessä maailmalla ja mahdollisesti Suomeen tehtävien asennusten myötä tieto ja kokemus karttuvat alan yrityksillä. Järjestelmä on nopea asentaa, mutta suunnitteluun käytettävä aika sekä mahdolliset ongelmat asennuksessa hyvästä ennakkosuunnittelusta huolimatta voivat viedä nopeusedun. Perinteisellä hitsausmenetelmällä tulee olemaan jatkossakin tarvetta, koska usein välimatkat ovat pitkiä ja suunnitelmien muutoksiin tulee aina varautua.

## Lähteet

- 1 Granlund, Kaj, 2003. Tietoliikenne. Porvoo: Docendo.
- 2 Keiser, Gerd. 2006. FTTX Concepts and Applications. New Jersey: Wiley-IEEE Press.
- 3 Fiber Optic Tutorial. Verkkodokumentti. Atcom Services, Inc.  
<http://www.lanshack.com/fiber-optic-tutorial-termination.aspx>. Luettu 21.11.2012.
- 4 FlexNAP Outside Plant System. 2012. Verkkodokumentti. Corning Cable Systems.  
[http://csmedia.corning.com/CableSystems/Resource\\_Documents/product\\_family\\_specifications\\_rl/EVO-617-EN.pdf](http://csmedia.corning.com/CableSystems/Resource_Documents/product_family_specifications_rl/EVO-617-EN.pdf). Luettu 21.11.2012.
- 5 FlexNAP Component Polarity. 2006. Verkkodokumentti. Corning Cable Systems.  
[http://csmedia.corning.com/CableSystems/Resource\\_Documents/application\\_engineering\\_notes\\_rl/AEN111.pdf](http://csmedia.corning.com/CableSystems/Resource_Documents/application_engineering_notes_rl/AEN111.pdf). Luettu 21.11.2012.
- 6 Engineering and Design. 2006. Verkkodokumentti. Corning Cable Systems.  
<http://www.corning.com/assets/0/215/357/679/1565/69B5D317-FE99-48BC-A3BD-9EC469ACAF4.pdf>. Luettu 23.11.2012
- 7 OptiTip MT Connector. 2010. Verkkodokumentti. Corning Cable Systems.  
[http://csmedia.corning.com/CableSystems/Resource\\_Documents/whitepapers\\_rl/LAN-1086-EN.pdf](http://csmedia.corning.com/CableSystems/Resource_Documents/whitepapers_rl/LAN-1086-EN.pdf). Luettu 23.11.2012.
- 8 NBN goes live in new Tasmanian locations as rollout gathers pace. 2012. Verkkodokumentti. NBN Co. <http://www.nbnco.com.au/news-and-events/news/new-tas-locations-go-live.html>. Luettu 21.11.2012.
- 9 About the rollout. 2012. Verkkodokumentti. NBN Co.  
<http://www.nbnco.com.au/rollout/about-the-rollout.html>. Luettu 21.11.2012.
- 10 Liukkonen, Martti. 2010. Suunnittelupäällikkö. Empower Oy. Vantaa. Keskustelu 31.5. ja 2.11.2010.
- 11 Oikarinen, Petri. 2010. Tietoliikenneasentaja. Empower Oy. Helsinki. Keskustelu 26.8.2010.
- 12 FlexNAP Cable Assembly Placing – Duct. 2010. Verkkodokumentti. Corning Cable Systems.  
[http://csmedia.corning.com/CableSystems/%5CResource\\_Documents%5CSRPs\\_rl%5C005-054.pdf](http://csmedia.corning.com/CableSystems/%5CResource_Documents%5CSRPs_rl%5C005-054.pdf). Luettu 21.11.2012.

- 13 5 Standard Ways To Test Fiber Optic Cables. 2010. Verkkodokumentti. Corning Cable Systems. <http://www.thefoa.org/tech/ref/testing/5ways/fiveways.html>. Luettu 22.11.2012.
- 14 Meis, David. 2006. Fiber Terminal Distribution Systems Cut Developer Cost and Risk. Verkkodokumentti. Corning Cable Systems. [http://csmedia.corning.com/CableSystems/Resource\\_Documents/articles\\_rl/EVO-721-EN.pdf](http://csmedia.corning.com/CableSystems/Resource_Documents/articles_rl/EVO-721-EN.pdf). Luettu 22.11.2012.
- 15 The FTTH Prism Newsletter. 2007. Verkkodokumentti. Chaffee Fiber Optics. [http://mysite.verizon.net/vzetw22d/fibertoday/nwsltr/FTTH\\_Prism-Vol4\\_no1.pdf](http://mysite.verizon.net/vzetw22d/fibertoday/nwsltr/FTTH_Prism-Vol4_no1.pdf). Luettu 23.11.2012.