

Opinnäytetyö (AMK)

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Tieto- ja viestintäteknikan koulutus

2018 | 29 sivua

Alex Mäkinen

VERKON RAKENTAMINEN MIKROKANAVATEKNIIKALLA

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Tieto- ja viestintätekniikan koulutus

2018 | 29 sivua

Alex Mäkinen

VERKON RAKENTAMINEN MIKROKANAVATEKNIIKALLA

Tämä opinnäytetyö kuvaa kuituverkon rakentamista mikrokanavilla. Työssä käydään läpi mikrokanavaverkon rakentamisen eri vaiheita suunnittelusta rakentamiseen ja verkon ylläpitoon sekä eroja perinteisen verkon rakentamiseen.

Uusia kuituverkkoja rakennetaan ja vanhoja huolletaan jatkuvasti, mistä syystä perinteisiä tapoja nopeampia ja taloudellisempia vaihtoehtoja verkon rakentamiseksi kaivataan. Mikrokanavat tarjoavat ratkaisuja näihin ongelmiin. Työ on tehty perehtymällä erilaisiin asennustekniikoihin ja -tapoihin erilaisissa kohteissa, mikrokanavaverkon suunnitteluun ja sen rakentamisen sekä ylläpidon kustannuksiin. Kun näitä asioita verrattiin mikrokanavaverkon ja perinteisesti rakennetun verkon välillä, todettiin mikrokanavaverkon olevan nopeampi ja edullisempi tapa rakentaa ja ylläpitää verkkoja.

ASIASANAT:

Tietoliikenneverkko, verkonrakentaminen, mikrokanava, kuituverkko, valokaapelit

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Information and communications technology

2018 | 29 pages

Alex Mäkinen

BUILDING A NETWORK WITH MICRO CONDUIT

New fiber optic networks are constantly being built and old ones updated, and for that reason faster, cheaper and more environmentally friendly methods of building networks are needed. Micro ducts offer a solution to these problems. The purpose of this thesis was to describe the process of building a fiber optic network with micro ducts. The thesis discusses all the different phases of building a micro duct network from designing to building, installing and maintaining the network. It also examines the differences between micro duct networks and traditional network building methods.

This thesis is a study of different methods of building and installing a micro duct network to different environments, designing of micro duct networks and maintenance. The results of this study were compared to traditional networks and the conclusion was that the micro duct networks are faster and cheaper to install and maintain than traditional networks.

KEYWORDS:

Micro duct, optical network, communication network, fiber optic cable, network building

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	5
2 MIKROKANAVAVERKON SUUNNITTELU	6
2.1 Runkokanavan suunnittelu	6
2.2 Mikrokanavaverkon suunnittelu omakotitaloalueelle	7
2.2.1 Jakokaappien ja syötön suunnittelu	7
2.2.2 Tilaaajaverkon mikrokanavien suunnittelu	8
2.2.3 Kotijakamoiden suunnittelu	10
2.3 Mikrokanavaverkon suunnittelu kaupungissa	11
3 MIKROKANAVAN RAKENTAMISEN TEKNIIKOITA	12
3.1 Aoraus	12
3.2 Ojitus	13
3.3 Mikro-ojitus	14
3.4 Suuntaporaus	15
3.5 Asentaminen olemassa oleviin putkiin	16
3.6 Ilmalinjaan asentaminen	17
4 VERKON RAKENTAMINEN MIKROKANAVILLA	18
4.1 Mikrokanavien haaroittaminen ja jatkaminen	18
4.2 Kaapelin puhaltaminen	19
5 LAITTEET JA TARVIKKEET	20
5.1 Mikrokanavat ja työkalut	20
5.2 Puhalluskoneet	21
5.3 Kaapelit ja tarvikkeet	23
6 EROT PERINTEISEEN VERKONRAKENTAMISEEN	25
6.1 Erot suunnittelussa	25
6.2 Erot rakentamisessa	25
6.3 Kustannukset	26
7 YHTEENVETO	27
LÄHTEET	28

1 JOHDANTO

Nopeiden tietoliikenneverkkojen tarve ja kysyntä on kasvanut viime vuosikymmeninä valtavasti. Tästä syystä uusia verkkoja rakennetaan ja vanhoja korjataan sekä päivitetään jatkuvasti, mikä on ajanut verkonrakentamisen kehitystä eteenpäin.

Tämä opinnäytetyö käy läpi kokonaisvaltaisesti kuituverkonrakentamiseen mikrokana- vatekniikalla perehtymällä kaikkiin verkon rakentamisen vaiheisiin, suunnittelusta raken- tamiseen sekä käymällä läpi erilaisia työkaluja, välineitä ja työskentely- ja asennusta- poja. Erilaisista asennustavoista aurausta on käsitelty Jaakko Relanderin vuonna 2016 kirjoittamassa opinnäytetyössä Optiset tietoliikenneverkon 2010-luvulla sekä Jari Virka- järven vuonna 2014 kirjoittamassa opinnäytetyössä Sähkökaapeleiden asentaminen maan alle. Mikro-ojitusta, suuntaporausta sekä mikrokanavia on käyty läpi Petteri Si- kasen vuonna 2012 kirjoittamassa opinnäytetyössä Uudet asennustekniikat ja valokaa- peleiden rakenteet liityntäverkon valokaaapeleiden asentamisessa. Mikrokanavaverkon rakentamisen läpikäymisen lisäksi työssä vertaillaan rakentamisen ja ylläpidon kustan- nuksia mikrokanavaverkon ja perinteisesti rakennetun verkon välillä. Perinteisesti raken- netulla verkolla tarkoitetaan verkkoa, joka koostuu maanvaraisesti tai kanavaputkiin ra- kennetusta verkosta, joihin kaapelit asennetaan vetoköysillä ja jotka on rakennettu kai- vurilla normaalisti kaivamalla tai auraamalla.

Opinnäytetyön alussa, luvuissa 2 ja 3 käydään läpi mikrokanavaverkon suunnittelu ja erilaisia rakennustekniikoita ja niiden vahvuuksia erilaisissa ympäristöissä. Luvussa 4 käsitellään mikrokanavaverkon rakentamista itse kanavan osalta. Luvussa 5 esitellään mikrokanavaverkon rakentamisessa tarvittavia työkaluja ja materiaaleja. Lopuksi tutki- taan mikrokanavaverkon eroja perinteiseen verkonrakentamiseen työskentelyn ja kus- tannusten osalta.

2 MIKROKANAVAVERKON SUUNNITTELU

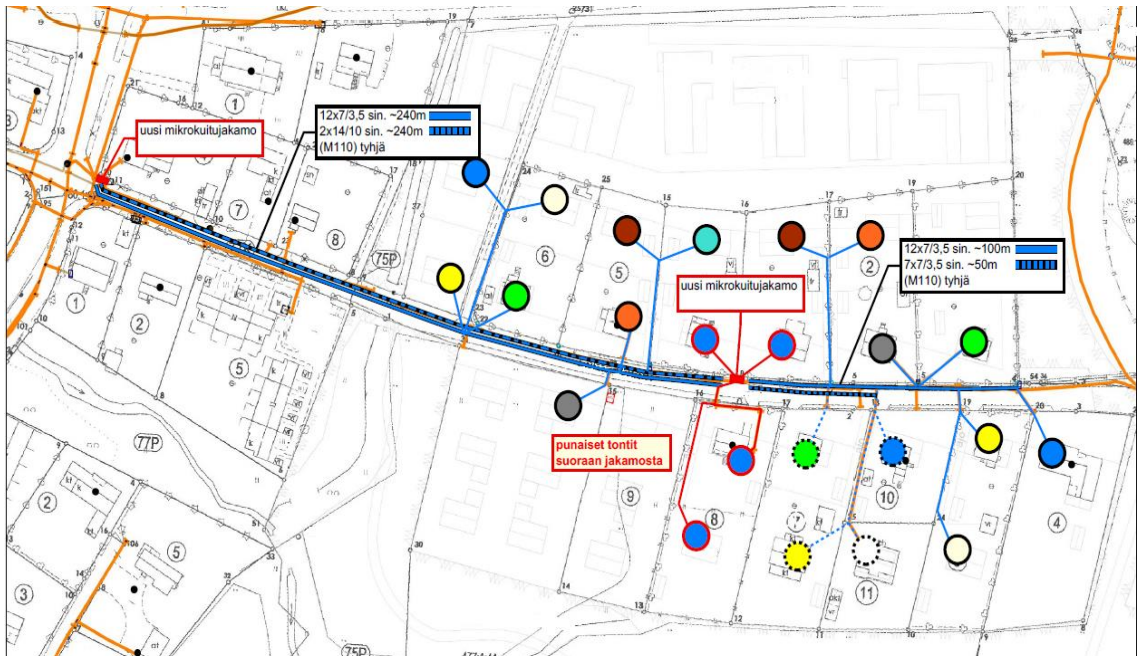
Mikrokanavaverkko on mikroputkinipuista ja yksittäisistä mikroputkista rakentuva kuituverkko, johon kaapelit asennetaan paineilman avulla puhaltamalla. Kun verkkoa rakennetaan mikrokanavilla, suunnittelussa ei mietitä ensisijaisesti kaapeleita kuten perinteisesti rakennetussa verkossa, oli kyse sitten kuitu- tai kupariverkosta, vaan mikrokanavanippuja. Mikrokanavien suunnittelussa tulee myös ottaa huomioon erilaisia asioita kuin perinteistä verkkoa rakennettaessa, esimerkiksi maaston korkeuserot tulee ottaa huomioon, kun suunnitellaan mikrokanavanippuja. Seuraavaksi käydään läpi suunnittelun vaiheita ja erilaisten alueiden verkon suunnittelua.

2.1 Runkokanavan suunnittelu

Runkokanavien suunnittelussa on otettava huomioon erilaisia asioita riippuen siitä, kuinka pitkä linja on ja mihin se rakennetaan. Kaupunkiin uutta runkoa suunniteltaessa hyödynnetään lähes aina olemassa olevia putkilinjoja niin, että asennetaan mikrokanavanippu vanhaan putkeen tai vanhojen putkien viereen. Kaupungeissa uusi runkolinja viedään lähes aina uusien kerrostaloalueiden luokse. Tällöin on otettava huomioon, paljonko taloja alueelle rakennetaan ja laajeneeko alue mahdollisesti tulevaisuudessa. Jos alueelle on tulossa enemmän asuntoja tai lähelle jää tyhjää tilaa, jonne voidaan joskus rakentaa, kannattaa viimeiselle jakamolle viedä suurempi mikrokanavanippu kuin olisi tarpeen. Siten tulevaisuudessa voidaan verkkoa laajentaa siitä pisteestä ja välttyään lisäkanavien asennustarpeelta. Kun runkolinjaa suunnitellaan syrjäseudulle, esimerkiksi tukiasemaa varten, tulee suunnittelussa ottaa huomioon, onko matkan varrella alueita, joissa on vanha ilmaverkko, joka mahdollisesti saneerataan maahan tulevaisuudessa tai kaava-alueita, joihin tarvitaan runkolinja myöhemmin. Jos tällaisia alueita löytyy matkan varrelta, kannattaa mikrokanavanippu mitoittaa tarvetta suuremmaksi. Tämä helpottaa tulevaisuudessa verkon laajentamista. Mikrokanavia suunniteltaessa on aina otettava huomioon maaston korkeuserot koska, kun kaapelia puhalletaan ylämäkeen, yhden puhalluksen pituus lyhenee. Myös jyrkät mutkat lyhentävät puhalluksen pituutta. Tämän takia kannattaa reitin varrelta etsiä noin kilometrin välein tasaisia kohtia, joihin kaapeli voidaan ottaa ylös kasilenkille ja jatkaa puhaltamista siitä eteenpäin. [1]

2.2 Mikrokanavaverkon suunnittelu omakotitaloalueelle

Mikrokanavaverkon suunnittelussa omakotitaloalueelle on monia vaiheita, joissa kussakin on otettava huomioon erilaisia asioita. Syöttävän runkolinjan suunnittelussa on otettava huomioon linjan pituus ja maaston korkeuserot ja etsittävä optimaalinen reitti linjalle. Myös jakamoiden sijoittelu on suunniteltava huolellisesti, ettei tilaajalinjan pituus kasva liian suureksi tai yhteen jakamoon suunnitella liian montaa tilaajalinjaa niin, että kaapin kapasiteetti ylittyy. Tilaajaverkon suunnittelussa on taas mietittävä parhaat reitit mikrokanavanipuille siten, että kaivuutöitä tulisi mahdollisimman vähän ja kotijakamoita suunniteltaessa on otettava huomioon talon omistajan toiveet siitä, mistä pihaa kaivetaan ja minne hän haluaa kotijakamonsa asennettavan. [1]



Kuva 1. Esimerkki omakotitaloalueen mikrokanavas suunnitelmasta

2.2.1 Jakokaappien ja syötön suunnittelu

Omakotitaloalueelle mikrokanavia suunniteltaessa suunnittelu aloitetaan jakokaappien sopivien paikkojen päättämisestä. Jakokaappien sijoitteluun vaikuttaa asuinalueen koko ja muoto, koska yksittäisen asiakkaan linjan pituus ei saa ylittää kolmeasataa metriä, joka on tilaajakaapelin puhalluspituuden yläraja ilman välipuhalluksia. Myös aluetta syöttävien runkolinjojen tulosuunta tulee ottaa huomioon jakokaappien sijoittelua mietittä-

essä. Jos on mahdollista, jakokaapit kannattaa sijoitella niin, että ne ovat samassa linjassa. Jos runkolinja joudutaan kuitenkin haaroittamaan kahteen tai useampaan suuntaan, kannattaa sen reitti suunnitella niin, että samaan kaivantoon voidaan asentaa myös tilaajien mikrokanavia. Runkolinjan mikrokanavanipun mitoittamisessa on otettava huomioon tulevien jakokaappien määrä. Jokaiselle jakokaapille on mentävä vähintään yksi tyhjä mikrokanava käytössä olevan lisäksi viankorjausta ja mahdollista kapasiteetin kasvattamista varten. Näiden lisäksi kannattaa ottaa huomioon mahdolliset asuin- tai kaava-alueet suunniteltavan alueen vieressä. Jos kyseisillä alueilla on vielä vanha ilmaverkko tai ei verkkoa lainkaan on mahdollista, että tulevaisuudessa niille rakennetaan uusi verkko ja sen varalle kannattaa runkokanavaan varata ylimääräisiä mikrokanavia, jotka viedään suunnitelman alaisen alueen reunalle, jolloin verkon laajentamista on helppo jatkaa suunniteltavan alueen reunalta. [1]

2.2.2 Tilaajaverkon mikrokanavien suunnittelu

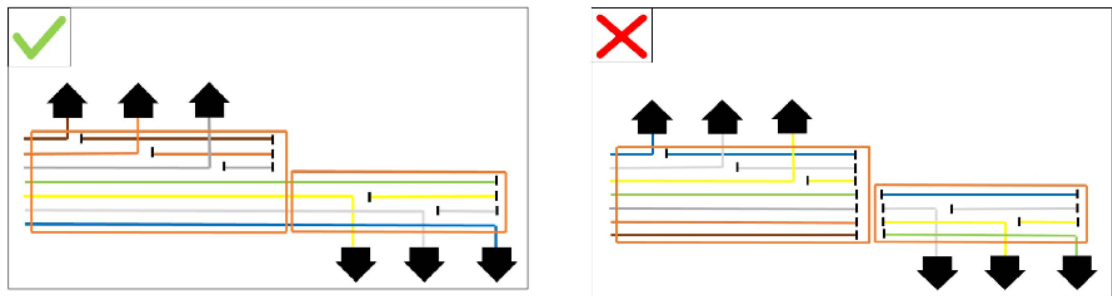
Tilaajaverkon suunnitteluun vaikuttaa moni asia, kuten talojen määrä suunniteltavalla alueella ja alueen muoto. Jos alue on esimerkiksi rakennettu lenkin tekevän tien ympärille, voidaan alueen muotoa hyödyntää asentamalla sopiva määrä mikrokanavia koko lenkin läpi jakamoiden välille ja katkaisemalla kanavat puolestavälistä - näin saadaan yhdellä vedolla kaksi kanavaa. Mikrokanavia suunnitellessa käytössä on FIN2012 värijärjestelmä ja on muistettava, että jos samassa kanavassa on useita samankokoisia mikrokanavanippuja, on niiden oltava eriväriset. Erikokoiset niput samassa kanavassa saavat olla samanvärisiä.

Taulukko 1. FIN2012- värijärjestelmä. (Nestor cables)

Fin2012

Fibre or group	Väri suomeksi	Colour in english (IEC 60757)
1.	 Sininen (SI)	Blue (BU)
2.	 Valkoinen (VA)	White (WH)
3.	 Keltainen (KE)	Yellow (YE)
4.	 Vihreä (VI)	Green (GN)
5.	 Harmaa (HA)	Grey (GY)
6.	 Oranssi (OR)	Orange (OG)
7.	 Ruskea (RU)	Brown (BN)
8.	 Turkoosi (TU)	Turquoise (TQ)
9.	 Musta (MU)	Black (BK)
10.	 Violetti (VT)	Violet (VT)
11.	 Vaaleanpunainen (VP)	Pink (PK)
12.	 Punainen (PU)	Red (RD)

Kanavat tulee myös suunnitella siten, että kaivamista joudutaan tekemään mahdollisimman vähän, koska maanrakennustyöt aiheuttavat eniten häiriötä asukkaille ja kustannuksia verkon rakentajalle. Tästä syystä kannattaa tilaajaverkkoonkin suunnitella niin sanottu pääkanava, jota pitkin kulkevat myös mahdollisille sivuteille menevät mikroputkiniput mahdollisimman pitkän matkan. Suunnittelussa on huomioitava myös mitä materiaaleja käytetään. Jos esimerkiksi käytetään kahdentoista kanavan mikroputkinippuja, on alue jaettava yhdentoista talon ryhmiin, koska jokaiseen mikroputkinippuun on jätettävä yksi tyhjä kanava viankorjausta varten. Kadun alitusten määrä on pidettävä mahdollisimman pienenä suunnitelmaa tehtäessä, vaikka kaikki saman kadun varrella olevien talojen mikroputkiniput kulkevat vain yhdellä puolella katu. Haaroitus mikroputkinipusta kannattaa tehdä aina kahden tontin väliin - näin saadaan kahden tai useamman talon mikroputki vietyä yhdellä alituksella, mikä minimoi alitusten määrän ja häiriön asukkaille sekä laskee kustannuksia. Mikrokanavia suunniteltaessa on myös päätettävä, minkä värinen mikroputki menee mihinkin taloon. Jos kahdentoista mikrokanavan nipusta viedään kaikki yksitoista taloihin, tulee kauimpaan taloon viedä valkoinen putki ja siitä järjestyksessä niin että punainen putki jää lähimmäs jakokaappia ja sininen jää tyhjäksi koko matkalle. Näin verkkoa voidaan jatkaa mikrokanava nipun päästä, kuten kuvassa 2 näytetään, vaikka jatkoksi tuleva mikrokanavanippu olisikin pienempi, esimerkiksi neljän putken nippu. [1]



Kuva 2. Värijärjestyksen säilyttäminen mikrokanavassa [1]

2.2.3 Kotijakamoiden suunnittelu

Kotijakamoita suunniteltaessa on otettava huomioon asiakkaan toiveet kotijakamon sijoittelusta, joka vaikuttaa myös usein tarvittavan laadunvaihdosrasian paikkaan. Ulko-kaapelia ei saa olla sisätiloissa yli kahta metriä paloturvallisuuslain mukaan, joten ulko-kaapeli on muutettava sisäkaapeliksi lähes aina. Asiakkaan kanssa on myös sovittava kaivuureitti pihalla. Suunnittelijan on asiakkaalle mennessään mietittävä mahdollisimman helppo ja lyhyt kaivuureitti ja ehdotettava sitä. Yleensä asiakkaalla on jo mielessään jokin reitti, mistä he haluaisivat mikroputken tuotavan. Jos reitti on toteutuskelpoinen, voidaan sitä käyttää, mutta toisinaan asiakkaille joutuu perustelemaan miksi putkea ei voida tuoda heidän toivomaansa reittiä. Tähän vaikuttaa pihan maaston laatu ja toivotun kotijakamon paikka, joka vaikuttaa laadunvaihdosrasian paikkaan. Usein asiakkaat haluavat kotijakamon johonkin piiloon, ja aikovat käyttää vain langatonta verkkoa kotonaan. Suunnittelijan kannattaa ehdottaa kotijakamolle sellaista paikkaa, josta langaton verkko riittää kohtuullisesti koko taloon yhdellä tukiasemalla. Usein asiakas itse haluaisi sijoittaa kotijakamon kellariin tai ullakolle piiloon, josta langattoman verkon kuuluvuus olisi huono. Suunnittelija ja asiakas saavat usein yhdessä mietittyä kotijakamolle sellaisen paikan, ettei kotijakamo häiritse asiakasta, mutta langaton verkko toimii hyvin siellä missä sitä eniten käytetään. Silloin kun asiakkaalla on sellaisia laitteita, jotka hän haluaa kiinteästi johdolla verkkoon, kannattaa kotijakamo asentaa mahdollisimman lähelle näitä laitteita.

2.3 Mikrokanavaverkon suunnittelu kaupungissa

Kaupungeissa verkon rakenne on samanlainen kuin omakotitaloalueilla, mutta mikrokanavia suunniteltaessa usein hyödynnetään olemassa olevia vanhoja putkilinjoja ja mikroputkinippuja asennetaan vanhoihin 50mm:n, 75mm:n, 100mm:n tai 110mm:n putkiin. Eri-tyisesti jos vanhat putkilinjat ovat huonossa kunnossa on niihin mikrokanavien asentamisesta hyötyä, koska mikrokanavat vähentävät kaivamisen määrää. Kuitenkin kun vanhaan putkeen tai putkilinjaan asennetaan mikrokanava, on otettava huomioon, että mikrokanavissa jyrkät mutkat lyhentävät yhden puhalluksen pituutta. Koska vanhat putkilinjat usein tekevät paljon yhdeksänkymmenen asteen mutkia, tulee sellaiset kohdat joko kiertää muualta tai optimoida kaivamalla uusi kanava, joka menee suoraan. Esimerkiksi katujen alituksissa vanha putkilinja usein kääntyy kadulle, jonka se alittaa ennen kuin menee kyseisen kadun ali ja sen jälkeen palaa takaisin seurattavan kadun viereen. Tästä syntyy neljä turhaa jyrkkää mutkaa ja ne kannattaa optimoida pois. [1]

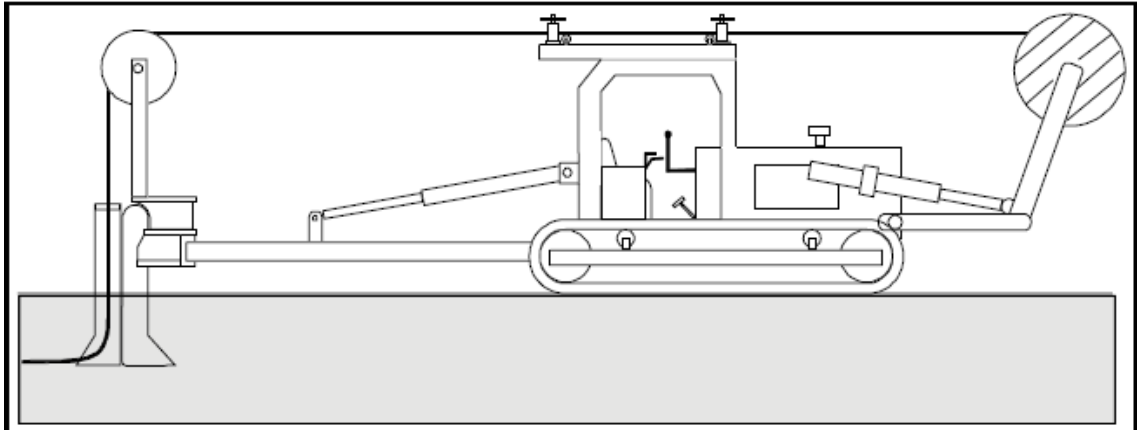
3 MIKROKANAVAN RAKENTAMISEN TEKNIKOITA

Mikrokanavien asentamiseen on olemassa monia tekniikoita, esimerkiksi ojitus, auraus ja mikro-*ojitus*, joita käytetään sen mukaan, mikä sopii parhaiten kyseiseen maastoon ja ympäristöön. Lähes aina verkko rakennetaan maahan, koska maahan asennetulla verkolla on paljon vahvuuksia ilmaan asennettuun verkkoon verrattuna. Maahan asennettuun verkkoon ei vaikuta sää kuten ilmaverkkoon. Ilmalinjan saattaa katkaista sen päälle kaatuva puu, tuuli tai lumikuorman seurauksena ja auringon paiste haperruttaa kaapeleiden kiinnikkeitä. Verkon rakentaminen maahan on kalliimpaa rakennettaessa, mutta se on huoltovapaampi ja pitkäikäisempi asennustapa. Kaupungissa tai valtatie vieressä verkkoa rakennettaessa vaatimukset laitteilta ovat erilaiset. Samoin maan laatu ja asennettavan kanavan pituus vaikuttavat rakentamisen tekniikan valintaan. Tässä esitellään yleisimpiä kanavan asentamisen tekniikoita sekä niiden etuja ja heikkouksia eri ympäristöissä.

3.1 Auraus

Mikrokanavan asentaminen maahan auraamalla on helppo ja nopea tapa rakentaa verkkoa erityisesti syrjäseuduilla, kun mikrokanavaa asennetaan esimerkiksi tien viereen. Suunnittelussa on otettava huomioon maan laatu asennustapaa mietittäessä. Kivikkoinen tai kallioinen maa ovat este auraamiselle. Kaapeliaura on terä, jonka takapuolella on kuilu, jota pitkin mikrokanava asennetaan maahan samalla kun aura liikkuu eteenpäin kuten kuvassa 3 näytetään. Näin saadaan yhdellä kertaa tehtyä reitti ja asennettua mikrokanava maahan oikeaan syvyyteen. Asennusreitin esiauraaminen on suositeltavaa, jotta varmistutaan siitä, että maa on sopivaa auraamiselle eikä reitillä ole suuria kiviä tai kallioita, erityisesti mikrokanavia asennettaessa, jotka vioittuvat kaapeleita herkemmin terävistä kivistä tai kallioista. Merkittävä etu auraamisessa on jälkitöiden puuttuminen, koska maata ei kaiveta ei ole tarvetta maan vaihtamiselle tai pintojen korjaamiselle.

(2)



Kuva 3. Mikrokanavan asentaminen auraamalla. Aura on traktorin perässä ja kanava syötetään maahan suoraan kelalta auran kuilua pitkin. [14]

3.2 Ojitus

Mikrokanavan asentaminen maahan ojittamalla on yleinen tapa rakentaa verkkoa. Sopivan syvä ja leveä oja kaivetaan kaivinkoneella joko perinteisellä kauhalla tai tarkoitukseen tehdyllä koneella, katso kuvaa 4, joka pidetään koko ajan sopivassa syvyydessä, kun hinnalla pyörivät terät kaivavat ja nostavat maata sivuun koneen liikkuesssa tasaisesti eteenpäin.

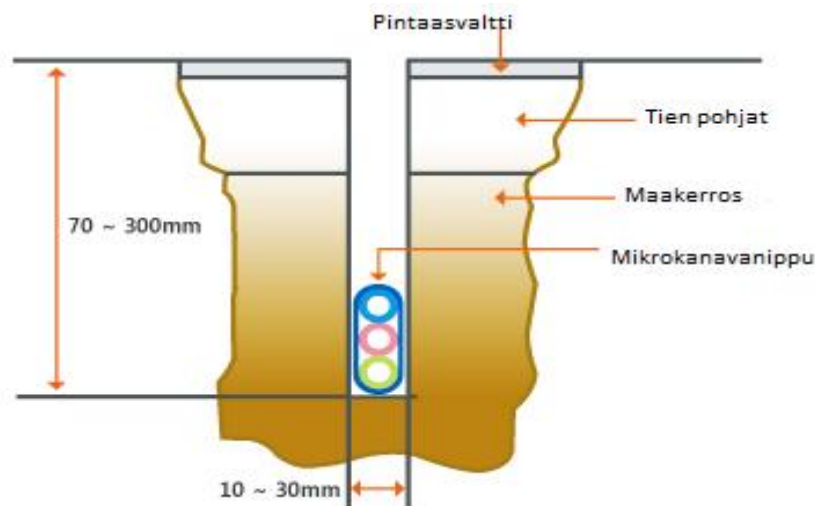


Kuva 4. Ojituskone. [12]

Ojan pohjalle, mikrokanavan alle, laitetaan ensin pehmeää asennushiekkaa, jonka jälkeen mikrokanava asennetaan ojaan. Mikrokanavan päälle laitetaan myös pehmeää hiekkaa ennen kuin oja täytetään kokonaan maalla. Jos kaivettu maa on kivikkoista, on syytä täyttää oja uudella maalla, jotta vältetään kanavan vioittumiselta. Ojitus voi olla todella nopea tapa rakentaa verkkoa, mutta se vaatii enemmän työntekijöitä kuin aeraus. Ojaa kaivavan kaivinkoneen kuskin lisäksi tarvitaan vähintään yksi lapiomies heittämään hiekkaa ojaan, toinen mies syöttämään mikrokanava ojaan, ja jos tehdään yhdellä kerralla valmista jälkeä, myös toisen kaivinkoneen, joka täyttää ojan kanavan asentamisen jälkeen. Asutulla alueella tai tien viereen asennettaessa ojittamalla pitää myös korjata kaivetut pinnat. [2]

3.3 Mikro-ojitus

Mikro-ojitus sopii erityisesti kaupunkiympäristössä verkon rakentamisen tekniikaksi, koska se ei häiritse liikennettä eikä aiheuta pölyä tai muita kaivamisesta syntyviä haittoja. Mikro-ojitus tehdään erityisellä koneella, jossa on suuri terä, joka leikkaa asvalttiin kapean ja noin 40 cm syvän uran, johon koneen liikkuessa eteenpäin mikrokanava asennetaan. Asennussyvyys on siis matalampi kuin perinteisillä verkon rakennus tekniikoilla, kuten kuvasta 5 hyvin selvästi nähdään.



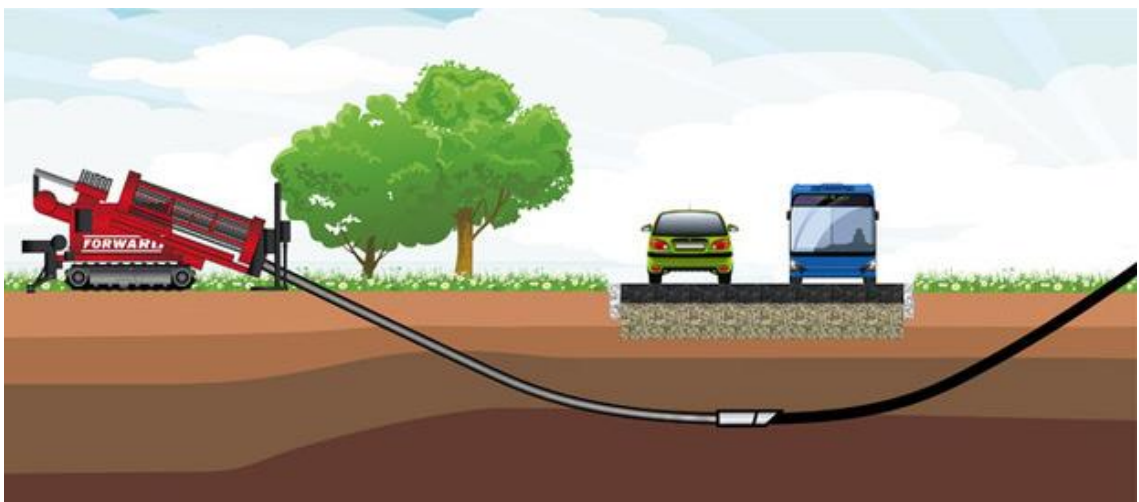
Kuva 5. Poikkileikkaus mikro-oja kanavasta. [13]

Leikkaavaan koneeseen voidaan myös kiinnittää imuri, joka kerää kaiken syntyvän pölyn ja roskan heti ja näin on erityisen siisti asennus tapa. Syntyvä ura on niin kapea, että sen yli voidaan ajaa autolla jopa ennen uran täyttämistä. Myös koneet ovat paljon pienempiä

kuin perinteisessä ojituksessa ja häiritsevät liikennettä vähemmän. Kun ura on leikattu, voidaan mikrokanava asentaa uran pohjalle nopeasti vain tiputtamalla. Ennen mikro-ojituksen aloittamista kaupungissa on tärkeää etsiä reitillä oleva vanha infrastruktuuri, sähkö- ja tietoliikenneverkot sekä viemäri- ja maalämpölinjat, jotta oja voidaan turvallisesti ja muita verkkoja vahingoittamatta kaivaa. Vaikka mikro-ojan asennus syvyys on matalampi, voi vanhakin infra olla asennusmaastosta johtuen lähempänä maan pintaa kuin oletetaan. Tämä tarkoittaa kaapeli- ja viemäriverkkojen kuvien pyytämistä kaupungilta ja sähköverkon haltialta sekä kaapeleiden tutkaamista ennen ojitustyön aloittamista. Mikrokanavan asentamisen jälkeen ura peitetään joko asfaltilla tai betonilla, ja kanavan asennus on valmis. Maailmalla mikro-ojitusta on tehty jo 2010-luvun alussa. Suomessa sitä kokeiltiin 2012, mutta silloin mikro-ojitus ei vielä jäänyt vakituiseksi tavaksi rakentaa verkkoa. Vuonna 2017 Empower TN Oy rakensi Helsinkiin omakotitaloalueelle verkon mikro-ojitusta käyttäen, josta palaute sekä verkon omistajalta että alueen asukkailta oli erittäin positiivista. [2;3]

3.4 Suuntaporaus

Suuntaporaus on verkon rakentamisen tekniikka, joka on suunniteltu erityisesti teiden alittamiseen. Suuntaporaamalla ei päästä pitkiä matkoja nopeasti, mutta sen etuna on pintojen säilyminen ehjänä ja liikenteen häiritsemättömyys. Kuten kuvassa 6 näytetään, suuntaporaus ei vaadi kaivantoja.



Kuva 6. Tien alitus suuntaporaamalla häiritsemättä liikennettä. [15]

Kun pora on päässyt reitin loppuun, vaihdetaan sen päähän erilainen terä, joka on tarkoitettu toiseen suuntaan poraamiseen ja terän päähän kiinnitetään alitukseen asennettava mikrokanava jonka pora vetää mukanaan aloitus päähän, kuvan 6 mukaisella tavalla. Näin saadaan asennettua mikrokanava suurenkin tien alle häiritsemättä liikennettä. Poraus voidaan tehdä myös kaivantojen välille, jos sellaiset on tehty esimerkiksi jatkoja varten. [2;6]

3.5 Asentaminen olemassa oleviin putkiin

Mikrokanavia voidaan asentaa myös esimerkiksi kaupungissa oleviin vanhoihin kaapeliputkiin. Vanhan putket voivat olla huonossa kunnossa erityisesti alueilla, joissa putket eivät kulje kaapelikaivosta toiseen ja niihin kaapelia vedettäessä voidaan joutua tekemään paljon kaivuumonttuja lyhyelläkin matkalla. Kun vanhaan huonokuntoiseen putkeen asennetaan uusi mikrokanava, esimerkiksi 12x14/10 mikrokanavanippu, saadaan yhden kaapelivedon kaivuiden määrällä paljon uusia kaapelireittejä, jonka ansiosta häiriöt liikenteelle kaupungissa vähenevät ja uuden verkon rakentaminen nopeutuu. [1;2]



Kuva 7. Vanhoihin putkiin asennettu mikrokanava. (Kuva Jori Renfors)

3.6 Ilmalinjaan asentaminen

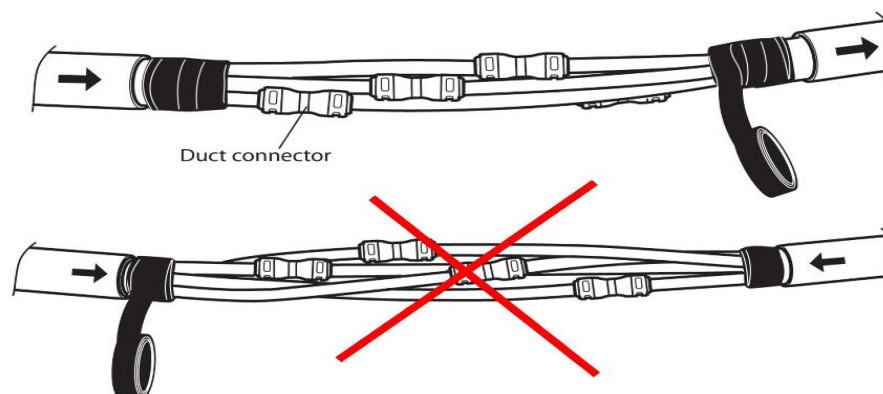
Mikrokanavia voidaan asentaa olemassa oleviin ilmalinjoihin kuten kaapeleitakin. Tätä asennustapaa ei kuitenkaan yleisesti käytetä, koska uusia ilmalinjoja ei haluta asentaa vaan verkkoa rakennetaan maahan ja pyritään mahdollisuuksien mukaan siirtämään ilmasta maahan, maahan asennettujen verkkojen vahvuuksien takia. Ilmalinja on kuitenkin vaihtoehto, kun verkko halutaan rakentaa nopeasti ja halvalla harvaan asutuille syrjäseuduille, joissa on jo olemassa ilmaverkko. Esimerkiksi Ruotsissa rakennettiin mikrokanavaverkkoa ilmalinjoilla 2010-luvun alussa paljon, kun kuituverkko piti rakentaa koko maan kattavaksi nopeasti ja verkon rakentamiselle maahan ei ollut aikaa eikä rahaa. Mikrokanava asennetaan ilmalinjaan nostamalla mikroputkinippu pylvääseen, jossa se kiinnitetään väkipyörään, joka pitää mikroputkinipun kiinni tolpassa ja mahdollistaa sen vetämisen seuraavalle tolpassa. Kun mikroputkinippu on saatu kiinni ensimmäiseen pylvääseen, se vedetään maasta käsin seuraavalle pylväälle, jossa se nostetaan taas ylös ja kiinnitetään väkipyörälle. Näin edetään pylväänväli kerrallaan, kunnes päästään linjan loppuun saakka. Mikroputkinippu voidaan asentaa ilmalinjaan myös vetämällä ensin mikroputkinippu maahan linjan juurelle koko sen matkalle, ja sitten nostaa linja ylös pylväs kerrallaan. Kun mikroputkinippu on saatu perille asti, kiinnitetään se siihen tarkoitetuilla kiinnikkeillä pylvääseen ja väkipyörä irroteta. Kun mikroputkikanava on kiinnitetty ensimmäiseen pylvääseen, kiristetään välissä oleva linja seuraavalta pylväältä ja kiinnitetään toiseen pylvääseen. Tämä toistetaan taas koko linjan läpi jokaisella pylväällä, kunnes koko linja on kiristetty ja kiinnitetty jokaisella matkalla olevaan pylvääseen. Välien kiristäminen on tärkeää, jotta linja pysyy mahdollisimman korkealla, koska jos linja jää liian alas voi se takertua esimerkiksi sen alitse kulkevaan traktoriin, joka katkaisee linjan mennessään. [1]

4 VERKON RAKENTAMINEN MIKROKANAVILLA

Kun mikrokanavaniput on asennettu maahan valitulla asennustavalla, asennetaan yksittäiset putkihaarat. Haarat asennetaan samalla tekniikalla kuin mikrokanavaniput. Haarat voidaan asentaa samalla kun putkinippua asennetaan ja työmaa etenee, tai jälkikäteen. Seuraavassa kuvataan, miten haarat tehdään ja kaapeli puhalletaan putkiin.

4.1 Mikrokanavien haaroittaminen ja jatkaminen

Mikrokanava voidaan haaroittaa mistä tahansa. Haaroitus nipusta tehdään tekemällä viilto putkinipun kuoreen tähän tarkoitettulla puukolla. Näin päästään käsiksi yksittäisiin putkiin nipun sisällä. Kuori avataan 0,5-1 metrin matkalta, jotta oikean putken etsimiselle ja työstämiselle olisi mahdollisimman paljon tilaa ja työskentely olisi helppoa. Oikea putki katkaistaan tähän tarkoitetuilla leikkureilla. Jos leikkaus ei ole täysin suora, täytyy putken pää leikata uudestaan suoraksi, jotta jatkosta tulee mahdollisimman hyvä. Haaraksi lähtevän mikroputken pää on myös leikattava suoraksi. Kun molemmat päät on leikattu oikein, jatketaan putki painamalla molempien putkien päät jatkoliitimeen, joka lukitsee putkien päät paikoilleen. Jatkos on aina tehtävä mikroputken suoralle osuudelle. Mutkaan tehty jatkos vaikeuttaa kaapelin puhaltamista, ja kaapeli saattaa jopa jäädä jumiin jatkokseen. Jos jatkos tehdään oikein, on putken sisäpinta yhtenäinen eikä häiritse kaapelia puhalluksessa lainkaan. Kun mikrokanavanippu jatketaan, jatkokset tehdään samalla tavalla kuin haarassa, mutta kun jatkoja on useampi samassa kohdassa, tulee jatkot tehdä limittäin, kuten kuvassa 8 näytetään.



Kuva 8. Mikroputkinipun jatkaminen [1]

Toinen tärkeä seikka nippua jatkettaessa on pitää nipun järjestys samana. Jos kaikki jatkot tehdään samaan kohtaan tai mikroputket menevät ristiin, tulee nipusta liian paksu ja jatkot saattavat vahingoittaa toisiaan puristuessaan vierekkäin. [1]

4.2 Kaapelin puhaltaminen

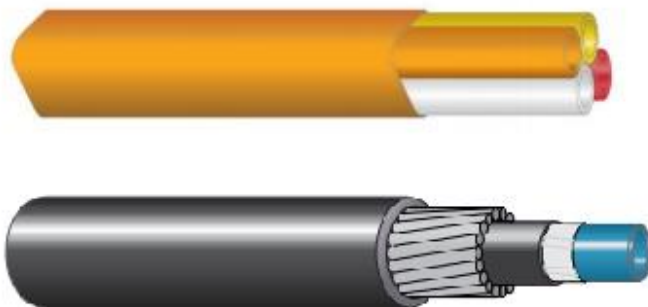
Kaapelit puhalletaan putkiin koneella, joka yhtä aikaa työntää kaapelia eteenpäin ja puhalltaa putkeen paineilmaa, joka nostaa kaapelia irti putken reunoista ja vähentää kitkaa putkessa. Kun kaikki mikroputket on asennettu, puhalletaan niihin kaapelit sopivalla puhalluskoneella. Oikein asennetut mikroputket on myös merkattu jakokaapissa, jotta puhallettaessa tiedetään minne yksittäiset putket menevät. Näin kuitu saadaan oikeaan osoitteeseen ilman etsimistä. Ennen kaapelin puhaltamista putkeen putki puhdistetaan. Tämä tehdään puhaltamalla sopivan kokoinen vanutuppo putkilinjan läpi. Samalla varmistetaan, että putkilinja on ehjä ja menee oikeaan paikkaan. Kaapelin puhaltamisessa tarvitaan kaksi miestä; toinen puhalluskoneen käyttäjänä jakokaapilla ja toinen putken toisessa päässä varmistamassa, että ollaan puhaltamassa oikeaan putkeen ja ilmoittamassa kun putki on riittävän puhdas ja koska kaapeli on tullut perille. Asiakkaan päässä oleva asentaja tarkistaa vanutuposta, koska putki on riittävän puhdas kaapelille. Normaalisti kolmen tupon jälkeen putki on riittävän puhdas. Jos putken päät ovat jääneet tulppaamatta ja putkeen on päässyt vettä, pitää puhdistustuppoja puhalltaa useampi. Kun putki on puhdas, voidaan kaapeli puhalltaa putkeen. Kaapelin päähän on aina laitettava metallinen kärki, joka estää kaapelin rispaantumista puhallettaessa. Pienempien muovikaapeleiden pään voi myös sulattaa kiinni. Jos puhalluksessa tulee jokin ongelma ja kaapeli ei tule perille asti, voidaan se vetää pois putkesta ja kaapelin päähän voidaan laittaa sondikärki. Sen avulla vikakohta on helppo paikantaa ja korjata. Pitkiä matkoja puhallettaessa kaapeli puhalletaan kahdessa tai useammassa erässä, matkan pituudesta riippuen. Välipuhalluspaikoissa putki katkaistaan ja kaapeli puhalletaan kasikiepile maahan. Kun kaikki kaapeli on kiepillä, se käännetään ympäri ja puhaltamista jatketaan siltä kohdalta. Kun kaapeli on puhallettu kokonaan eteenpäin, putki jatketaan yhtenäiseksi jatkoliittimellä. [1]

5 LAITTEET JA TARVIKKEET

Mikrokanavien rakentamisessa tarvitaan erilaisia työkaluja ja tarvikkeita kuin perinteisen verkon rakentamisessa, koska mikrokanavat ovat rakenteeltaan hyvin erilaisia kuin perinteiset kanavat ja kaapelit puhalletaan putkiin, kun taas perinteisiin kanaviin kaapelit vedetään narulla. Tässä luvussa esitellään mikrokanavaverkon rakentamisessa tarvittavat työkalut ja tarvikkeet sekä erilaisia mikrokanavia.

5.1 Mikrokanavat ja työkalut

Mikrokanavia valmistetaan erilaisia eri käyttötarkoituksiin. Mikrokanavia on olemassa esimerkiksi suoraan maahan asennettavia, sisälle asennettavia sekä tavallisia että paloturvallisia, ilmalinjaan asennettavia ja veteen asennukseen tarkoitettuja (katso kuva 9). Niitä on paksu- ja kapeaseinäisiä, jotka soveltuvat erilaisiin asennuskohteisiin ja -tarkoituksiin.



Kuva 9. Paksuseinäinen mikroputkinippu ja vesistömikroputki. [1;9]

Maahan asennettaessa suositaan usein paksuseinäisiä mikrokanavia niiden paremman kestävyysyden takia, jonka ansiosta ne voidaan asentaa suoraan maahan ilman erillistä suojausta. Kapeaseinäisiä puolestaan käytetään esimerkiksi sisäasennuksissa tai tukiasemalle mikrokanavia asennettaessa. Veteen tarkoitettu mikrokanavassa on ympärillä monta kanavaa tukeva ja suojaava metalli- ja eristekerrosta, kanava itse on kapeaseinäinen. Tätä kanavaa ei ole tarkoitettu mereen, vaan jokiin ja järviin ja sen asennus syvyys on vain 50 metriä. [9] Ilmalinjaan tarkoitettu mikrokanavassa on kiinni vaijeri,

jolla mikrokanava kiinnitetään ilmalinjaan. Ilmalinjoihin tarkoitetut mikrokanavat ovat kaapeiseinäisiä. [6] Mikrokanavia on myös erikokoisia. Koko ilmoitetaan kahdella numerolla, esimerkiksi 14/10mm, jossa ensimmäinen luku on kanavan ulkohalkaisija ja toinen on sisähalkaisija. Erikokoisilla kanavilla on myös omat käyttötarkoituksensa. Suurempia kanavia käytetään runkolinjoissa, joissa kaapelit ovat isompia, ja pienempiä kanavia käytetään tilaajaverkoissa ja sisäasennuksissa. Kanavissa on matalakitkainen sisäpinta, joka helpottaa kaapeleiden puhaltamista putkiin. Mikroputkiverkon rakentamisessa ei tarvita paljoa työkaluja tai tarvikkeita maanrakennuksessa tarvittavien laitteiden ja välineiden lisäksi. Tarvittavat työkalut ovat myös yksinkertaisia ja halpoja. Jatkojen ja haaroitusten tekemiseen riittää kanavan halkaisuun tarkoitettu puukko ja tarkoituksen mukainen leikkuri, joilla haluttu kanava saadaan ulos mikroputkinipusta ja poikki haaroittamista varten. Työkalujen lisäksi tarvitaan vain jatkoja ja tulppia. Tulppia on sekä tyhjiin kanaviin että kanaviin, joissa on kaapeli. Tulppien ja jatkojen asentamiseen ei tarvita työkaluja. [1;9]

5.2 Puhalluskoneet

Puhalluskoneita on erilaisia ja eri kokoisia erilaisille kaapeleille. Kaikille puhalluskoneille on yhteistä se, että ne puhaltavat yhtä aikaa ilmaa mikrokanavaan ja työntävät kaapelia eteenpäin. Kaikki koneet kykenevät myös tekemään vain toista kerralla, koska varsinkin lyhyissä linjoissa vain kaapelin työntäminen koneella tai ilmalla riittää. Paremmat koneet mittaavat, kuinka nopeasti kaapeli menee putkeen ja kuinka pitkän matkan kaapeli on mennyt, ja kertoo nämä tiedot käyttäjälle näytöllä. Kuvassa 4 on laite, jossa on näyttö. Suuremmat koneet työntävät kaapelia kahdella hihnalla. Puhallettava kaapeli on hihnojen välissä ja kun nämä painavat kaapelin väliinsä ja pyörivät, liikkuu kaapeli eteenpäin

putkessa. Hihnojen pyörittämisen voimana käytetään samaa paineilmaa, joka puhalletaan putkeen, ilma vain jaetaan putkeen ja hihnoille venttiileillä.



Kuva 10. Suuri kaapelinpuhalluskone. [16]

Suuret puhalluskoneet tarvitsevat paljon ilmaa, jolloin käytössä on oltava riittävän iso ja tehokas kompressori. Pienempien kaapeleiden puhaltamiseen on akkukäyttöisiä laitteita ja niille riittää huomattavasti pienempi kompressori käyttövoimaksi. Pieniä puhalluskoneita on vain puhaltamiseen tarkoitettuina valmiina laitteina, joissa on kaapelia työntävät rullat, joita pyörittää sähkömoottori, ja venttiili paineilman määrän säätelyä var-

ten. Näissä valmiissa laitteissa on myös teline kaapelikelalle, joka helpottaa pienen kaapelin puhaltamista. Kuvassa 5 on tallainen pieni puhalluskone.



Kuva 11. Pieni kaapelinpuhalluslaite. [1]

Valmiiden laitteiden lisäksi on koneita, jotka voidaan kiinnittää mihin tahansa normaaliin akkukäyttöiseen ruuvivääntimeen, jonka voimalla kaapelia syöttäviä rullia pyöritetään. Näissäkin on venttiili paineilmalle, joka ohjataan mikrokanavaan. Mikrokanavien puhdistamiseen käytetään sopivaa villatuppoa, joka puhalletaan paineilmalla kanavan läpi. Jos mikrokanavassa on jokin tukos, voidaan se paikantaa puhaltamalla kanavaan sondi. Sondi on laite, joka lähettää radiosignaalia, joka voidaan paikantaa hakulaitteen avulla. [1;10]

5.3 Kaapelit ja tarvikkeet

Mikrokanaviin puhallettavia kaapeleita kutsutaan yleisesti nanokaapeleiksi. Mikrokanaviin puhallettavat kaapelit on suunniteltu erityisesti sitä asennustapaa varten. Kaapeleiden on oltava ulkohalkaisijaltaan normaalia pienempi, jotta ne mahtuvat mikrokanavaan,

mutta silti riittävän jäykkiä, jotta ne eivät mene kasaan mikrokanavassa kaapelia puhallettaessa. Siltikin pienimmät nanokaapelit ovat melko löysiä keveytensä ja pienen kokonsa takia. Näitä kaapeleita puhalletaan vain lyhimpiin linjoihin ja mikrokanavan on oltava oikein asennettu, ettei kaapeli jää jumiin liitokseen. 10mm sisähalkaisijan mikroputkiin asennettavia kaapelikokoja ovat kaksikuituisesta aina 192-kuituisiin kaapeleihin, joista suurimmankin kaapelin ulkohalkaisija on vain 7,9mm. Pienempiin 3,5mm sisähalkaisijan putkiin kaapeleita on kaksikuituisesta, kaksitoistakuituisiin kaapeleihin asti, joiden ulkohalkaisijat vaihtelevat 1,1mm-2,1mm välillä. Pienimpiä kaapeleita on myös sellaisilla keloilla, jotka sopivat suoraan kaapelinpuhalluslaitteeseen ja niitä on myös saatavilla valmiiksi liittimillä varustettuna. Aina ennen kuin kaapelia ruvetaan puhaltamaan, on kaapelin päähän laitettava metallikorkki, joka estää kaapelin purkaantumisen mikrokanavassa ja näin vähentää jumiin jäämisen riskiä huomattavasti. Pienempien kaapeleiden pään voi myös sulattaa kiinni sytyttimellä, kuten rispaantuvan muovinarun pään. [11 s.8-30; 1]

6 EROT PERINTEISEEN VERKONRAKENTAMISEEN

Mikrokanavaverkon verkon rakentaminen eroaa perinteisestä lähinnä suunnittelussa ja kaapelin asentamisessa kanavaan sekä kustannuksissa. Maanrakentamisessa ei ole suuria eroja niiden tekniikoiden osalta, joita voidaan käyttää molemmissa, mutta mikrokanavia voidaan asentaa useammilla eri tavoilla.

6.1 Erot suunnittelussa

Verkon suunnittelussa eroja mikrokanavaverkon ja perinteisen verkon välillä on paljon. Perinteistä verkkoa suunniteltaessa on mietittävä ja otettava huomioon verkon laajeneminen tulevaisuudessa kaapelikokoja, kaivoja ja jatkoja mietittäessä. Kaivoja ja jatkoja on asennettava kaapelireitille myös kaapelin vetämisen helpottamiseksi noin puolen kilometrin välein ja esimerkiksi risteyksiin, joista saatetaan tulevaisuudessa laajentaa verkkoa eri suuntaan. Mikrokanavaverkon suunnittelu on yksinkertaisempaa ja suoraviivaisempaa. Kaivoja ja jatkoja ei tarvitse reitin varrelle suunnitella lainkaan, koska kanava voidaan haaroittaa mistä tahansa helposti ja kaapelin puhallusetäisyydet ovat merkittävästi pidempiä, jopa kaksi kilometriä, maastosta riippuen. Myöskään kaapelikokoja ei tarvitse mikrokanavaverkkoa suunnitellessa miettiä, vaan suunnitellaan sopivan kokoiset mikroputkiniput. Mikrokanavasuunnitelmaan kuuluu myös puhallussuunnitelma, jota ei tarvita perinteistä verkkoa suunniteltaessa lainkaan. Puhallussuunnitelmassa mietitään valmiiksi välipuhalluspaikat, jos linja on pitkä ja varapuhalluspaikkoja siltä varalta, että kaapelin puhallus ei suju kuten on alun perin ajateltu. [1]

6.2 Erot rakentamisessa

Maanrakentamisessa suurin ero on kaivannon alustamisessa. Normaali muoviputki voidaan vain asettaa kaivannon pohjalle, kun taas mikrokanavan alle on laitettava hienoa hiekkaa, joka suojaa mikrokanavaa teräviltä kiviltä, jotka voisivat vahingoittaa kanavaa. Samoin kanavan päälle on laitettava hiekkaa suojaamaan kanavaa. Toinen merkittävä ero on kanavan asentamisessa. Perinteinen putkikanava asennetaan putki kerrallaan, jotka ovat yleensä kuuden metrin mittaisia. Mikrokanava taas asennetaan kelalta vetäen kuten kaapeli.

6.3 Kustannukset

Kustannuksissa on merkittäviä eroja perinteisen ja mikrokanavaverkon rakentamisen välillä, koska mikrokanavaverkon rakentaminen on käytännössä jokaisessa työvaiheessa edullisempaa. Maanrakennuksen kustannukset ovat aina verkonrakentamisessa suurin kuluerä ja siinäkin mikrokanava on perinteistä verkkoa edullisempi. Vaikka kanava on kaivettava yhtä lailla molemmille, ei mikrokanavaverkolle tarvitse rakentaa kaivoja, joista syntyy säästöjä. Mikrokanavia voidaan myös rakentaa nopeammin hyödyntämällä tehokkaampia rakennustekniikoita. Toinen merkittävä ero rakentamisen kustannuksissa tulee kaapelin asentamisesta kanavaan. Koska mikrokanavaan kaapeli voidaan puhalttaa pitkä matka kerrallaan ja nopeasti, jopa kilometrejä sadan metrin minuuttinopeudella. Perinteistä verkkoa rakennettaessa kaapeli joudutaan asentamaan lyhyemmissä, noin puolen kilometrin osissa, ja asentamisnopeus on paljon hitaampi. Lähes kaikki erot kustannuksissa johtuvat mikrokanavaverkon rakentamisen nopeudesta ja helppoudesta, ja koska työ on suuri kustannus aina, on mikrokanavaverkon rakentaminen halvempaa kuin perinteisen verkon rakentaminen. [1]

7 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä perehdyttiin mikrokanavatekniikalla kuituverkon rakentamisen kaikkiin eri vaiheisiin ja rakennusmenetelmiin sekä rakentamisessa tarvittaviin työkaluihin ja tarvikkeisiin, jotka eroavat perinteisessä verkon rakentamisessa tarvittavista.

Mikrokanavaverkon rakentamisessa voidaan hyödyntää monia erilaisia asennustapoja, joilla kullakin on omat vahvuutensa erilaisissa ympäristöissä. Eri asennustapoja voidaan hyödyntää kullekin sopivassa ympäristössä siten, että liikenteelle ja asukkaille koituu huomattavasti vähemmän häiriötä kuin perinteisellä tavalla verkkoa rakennettaessa. Asentaminen näitä tekniikoita käyttäen on usein myös nopeampaa, mikä laskee kustannuksia. Kustannukset laskevat myös kuidun käsittelytöistä, kun jatkoja ei tarvitse tehdä valmiiksi verkon laajenemisen varalle, vaan putkilinja voidaan haaroittaa tarvittaessa ja kuitu saadaan perille yhtenäisenä ilman jatkoja. Kustannusten laskeminen korostuu erityisesti silloin kun samaan kanavaan tulee monta kaapelia. Myös verkon ylläpito helpottuu. Jos kanavassa oleva kaapeli vioittuu, voidaan se helposti vaihtaa kokonaan uuteen puhaltamalla vioittunut pois ja uusi tilalle. Tällöin vältetään kaivuutöitä kokonaan ja häiriöt ympäristölle vähenevät.

Vaikka mikrokanavia voidaan asentaa monin eri tavoin, niitä ei vielä hyödynnetä Suomessa niin paljon kuin mahdollista. Tämä johtuu asentamisessa tarvittavan uuden koneiston korkeasta hankintahinnasta. Pilottiprojekteja on kuitenkin jo tehty, ja nopeammat ja ympäristöystävällisemmät asennustavat tulevat varmasti tulevaisuudessa yleistymään.

LÄHTEET

1. Renfors, Jori – Suunnittelijakoulutus. Tampereen Aikuiskoulutuskeskus. Tampere. 5.3.2018-6.3.2018
- 2 Methods of FTTH deployment 1. How to establish a broadband network. 2013. GM Plast A/S. <https://www.youtube.com/watch?v=a8bzZajwR50&t=537s> Viitattu 8.4.2018.
3. Hexatronic c. 2016. Microduct connectors and end stop. http://hexatronic.com/media/197518/28701-hmpb30601_connectors-and-end-stops.pdf Viitattu 10.4.2018
4. Hexatronic d. 2015. Installation tool for air blown fiber. http://hexatronic.com/media/86144/28701-ltt1792011_installation-tool-for-air-blown-fiber.pdf Viitattu 10.4.2018
5. Hexatronic e. 2018. Fiber Solutions for access and transport networks. <http://hexatronic.com/media/503234/fiber-solutions-for-access-and-transport-networks.pdf> Viitattu 10.4. 2018
- 6.Hexatronic b. 2016. Aerial duct assemblies. http://hexatronic.com/media/73480/28701-MPB3022_Aerial-Duct-Assemblies.pdf Viitattu 10.4.2018
7. Reka Kaapeli R&D Tekninen asiakastuki. 2011. Voimakaapelin asentaminen auruamalla. https://www.reka.fi/sites/default/files/1452_tyskentelyohje1-24kvauraus.pdf Viitattu 8.4.2018
8. Relander J. 2016. Optiset tietoliikenneverkot 2010- luvulla. Opinnäytetyö. Elektronikan koulutusohjelma. Turku: Turun ammattikorkeakoulu. http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/105997/Relander_Jaakko.pdf?sequence=1&isAllowed=y Viitattu 8.4.2018
9. Hexatronic a. 2017. Underwater armored microduct. http://hexatronic.com/media/491619/28701-mpb30217_020_underwater-microduct.pdf Viitattu 10.4.2018
10. Sikanen P. 2012. Uudet asennustekniikat ja kaapeleiden rakenteet liityntäverkon valokaapeleiden asentamisessa. Opinnäytetyö. Tietotekniikan koulutusohjelma Kuopio: Savonia- ammattikorkeakoulu. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/47337/Sikanen_Petteri.pdf?sequence=1&isAllowed=y Viitattu 9.4.2018
11. Telia. 2017. Telia testaa valokuidun rakentamista ympäristöystävällisellä mikro- ojitustekniikalla Helsingissä. <https://www.telia.fi/medialle/showArticleView?article=telia-testaa-valokuidun-rakentamista-ympristoystvllisell-mikro-ojitustekniikalla-helsingiss&id=f37b47f4-316a-419d-b019-9fd0e32ac582> Viitattu 9.4.2018
- 12.Trencher India. 2000. Trenching machine for indian needs. <http://trencher.in/> Viitattu 14.6.2018
13. Fiberplex. 2014. Microtrenching and fiber connectivity. Crazy like a fox. <https://www.fiberplex.com/blog/microtrenching-and-fiber-connectivity-crazy-like-a-fox> Viitattu 9.4.2018
14. Fosco. 2018. Buried cable installation best practices. <https://www.fiberoptics4sale.com/blogs/archive-posts/95038726-buried-cable-installation-best-practices-2> Viitattu 8.4.2018

15. Egypt busines directory. 2017. horizontal directional drilling market latest reaserch report 2017. <https://www.egypt-business.com/Ticker/details/1722-Horizontal-Directional-Drilling-Market-Latest-Research-Report-2017/115356> Viitattu 9.4.2018
16. Fibernet. 2015. minijet po2. <http://www.fibernet.it/macchine-soffiacavo-volta-macchine/> Viitattu 10.4.2018