



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

BETONIELEMENTTIKANAVAN KUNTOKARTOITUS JA SANEE- RAUKSEN KUSTANNUSARVIO

Iisalmen kaukolämpöverkko

TEKIJÄ/T:

Juho Valkonen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Energiatekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Juho Valkonen	
Työn nimi Betonielementtikanavan kuntokartoitus ja saneerauksen kustannusarvio	
Päiväys 6.4.2021	Sivumäärä/Liitteet 34/6
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Savon Voima Oyj	
Tiivistelmä <p>Lähtökohta tälle opinnäytetyöllä oli Savon Voima Oyj:n Iisalmen kaukolämpöverkossa sijaitsevan kaukolämpörunkolinjan kuntotutkimus. 70 ja 80-luvun taitteessa valmistuneen betonielementtikanavan nykyinen kunto oli tarpeellista selvittää, koska Iisalmen kaukolämmön jakelu järjestetään runkolinjan avulla. Tutkittavana olleen betonielementtiosuuden yhteispituus oli noin 1 500 metriä. Lisäksi tehtiin arvio runkolinjan saneerauskustannuksista sekä selvitettiin uudentyypisellä kiinnivaahdotetulla elementtirakenteella saatavia säästöjä.</p> <p>Betonielementtikanavan kuntotutkimus tehtiin kuvaamalla betonielementti putkistokuvauskameralla. Videokuvaus suoritettiin betonielementtikanavan sisältä kaivojen kautta. Kuvaamisella saatiin yleiskuva kanaviston kunnosta. Tutkimuksen aikana selvitettiin myös betonikaivoissa olevien venttiilien ja haarojen kunto sekä kaivon vedenpoistojärjestelmän ja kanavan tuuletuksen toiminta. Kustannusarviossa käydään läpi kanavan saneeraustyön kustannustekijöitä ja annetaan suuntaa antava arvio rakentamisen kokonaiskustannuksille. Uuden kiinnivaahdotetun kanaviston lämpöhäviöt ovat pienemmät kuin vanhan betonielementtikanavan. Lämpöhäviöiden vähenemisen myötä saatuja säästöjä ja investoinnin takaisinmaksuaikoja arvioitiin käyttämällä apuna Energiateollisuus Ry:n tekemää Excel laskentatyökalua.</p> <p>Kuntotutkimuksen tuloksena runkolinjan kunto arvioitiin toimivaksi, lukuun ottamatta kanavaosaa, jossa betonielementtikanavan saumat ovat pettäneet. Tältä osalta kanava täytyy avata ja korjata vauriot. Useassa kohtaa virtausputkien eristeet repsottavat tai ovat pudonneet. Kanavassa havaittiin myös puutteita vedenpoistossa ja tuuletuksessa, jotka korjattiin tutkimuksen aikana. Kanavan uusimisen kokonaiskustannusarvio saatiin 1 761 100 €. Pienimmällä lämpöhäviötehon säästöodotuksella korottomaksi takaisinmaksuajaksi saatiin 18 vuotta ja 3 % korolla takaisinmaksuajaksi saatiin 27 vuotta. 5 % korolla takaisinmaksuajaksi saatiin 52 vuotta. Pienimmällä lämpöhäviötehon säästöodotuksella investoinnin sisäiseksi koroksi 30 vuoden investoinnin pitoajalla saatiin 4 %. 50 vuoden pitoajalla sisäiseksi koroksi saatiin 5 %.</p>	
Avainsanat kaukolämpö, betonielementtikanava, kuntotutkimus, kustannusarvio, kannattavuus	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Energy Engineering	
Author(s) Juho Valkonen	
Title of Thesis Condition Survey of a Concrete Duct in District Heating and Cost Estimate of the Renovation	
Date 6 April 2021	Pages/Appendices 34/6
Client Organisation /Partners Savon Voima Oyj	
<p>Abstract</p> <p>The reason for this thesis was the need for a condition survey of the district heating trunk line in Savon Voima Oyj 's district heating network in Iisalmi. Concrete duct district heating line was made at the turn of the 70s and 80s. It was important to investigate the current condition of the line because the distribution of district heating in Iisalmi is arranged by it. The length of the concrete duct section under investigation was about 1 500 meters. An evaluation of the trunk line renovation costs was made and an estimate of savings that can be achieved with a new type of polyurethane insulated pipe system was made.</p> <p>Condition survey of the concrete duct was made as a video investigation via concrete wells. Video investigation of the line gave an overview of the condition of the duct. During the study, the condition of the valves and branches as well as the operation of the wells drainage system and duct ventilation were also investigated. The cost estimate reviews the cost factors of the duct renovation and provides an indicative estimate of the total construction costs. The heat losses of the new polyurethane insulated duct are lower than those of the old concrete duct. The savings and payback periods of the investment due to the reduction of heat losses were estimated using the Excel calculation tool made by the Finnish Energy Ry.</p> <p>As a result, the condition of the trunk line was estimated to be functional, with the exception of the duct section where the joints of the concrete elements have failed. At this section, the duct must be opened and the damage repaired. At several places, the insulation of the pipes is sagging or has fallen. Deficiencies in drainage and ventilation were also found in the duct, which was fixed during the study. The total cost estimate for the renewal of the duct was € 1 761 100. With the lowest expected heat loss savings, the non-interest repayment period was 18 years and the interest repayment period was 27 years. With a 5% interest rate, the repayment period was 52 years. With the lowest heat loss savings expectation, the internal interest rate over the 30-year investment holding period was 4%, with a return on investment requirement of 3%. With a holding period of 50 years, the internal interest rate of return was 5%.</p>	
<p>Keywords district heating, concrete duct, condition survey, cost estimation, profitability</p>	

SISÄLTÖ

SISÄLTÖ	4
1 JOHDANTO	6
2 SAVON VOIMA OYJ.....	7
3 KAUKOLÄMPÖ SUOMESSA.....	8
3.1 Yleistä.....	8
3.2 Tuotantolaitokset	8
3.3 Kaukolämpö Iisalmessa	8
3.4 Kaukolämpökanavat	10
3.4.1 2Mpuk ja Mpuk, kiinnivaahdotetut kanavat	10
3.4.2 Mpul muovisuojakuorielementti	12
3.4.3 Betonielementtikanava	13
4 KUNTOKARTOITUS.....	15
4.1 Yleistä.....	15
4.1.1 Kuntokartoitusmenetelmä	15
4.2 Kuntotutkimuksen eteneminen.....	17
4.2.1 Kaivot K66 ja K265.....	18
4.2.2 Kaivo K64	18
4.2.3 Kaivot K277 ja K135	19
4.2.4 Kaivo K55	19
4.2.5 Kaivo K54	19
4.2.6 Kaivo K30	20
4.2.7 Kaivo K23	20
4.2.8 Kaivo K22	21
4.2.9 Kaivo K3.....	21
4.2.10 Kaivo K1.....	21
4.3 Kuntotutkimuksen tulokset	22
5 KUSTANNUSARVIO	24
5.1 Lähtötiedot.....	24
5.2 Kustannuksien muodostuminen.....	24
5.2.1 Maanrakennustyö.....	25
5.2.2 Putkityö.....	25

5.3	Kustannusarvion tulokset.....	26
6	KANNATTAVUUS.....	28
6.1	Lämpöhäviötarkastelu	29
6.2	Takaisinmaksuaika	30
6.2.1	Takaisinmaksuajan laskentamenetelmät	30
6.2.2	Kannattavuuslaskennan tulokset	31
7	JOHTOPÄÄTÖKSET	32
	LÄHTEET	33
	LIITE 1: KUSTANNUKSET KAIVOVÄLEITTÄIN	35
	LIITE 2: TAKAISINMAKSUAJAT JA SISÄISET KOROT KAIVOVÄLEITTÄIN	39

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö on tehty Savon Voima Oyj:lle, joka pyysi selvityksen Iisalmen kaupungissa sijaitsevan kaukolämpökanavan toimintakunnosta. Kanava on kaupungin läpi kulkeva runkolinja, jonka kautta keskustan alueella toimivien kiinteistöjen kaukolämpö jaetaan. Toimintakunto oli tärkeä tutkia kaukolämmön häiriöttömän toiminnan turvaamiseksi nyt ja tulevaisuudessa.

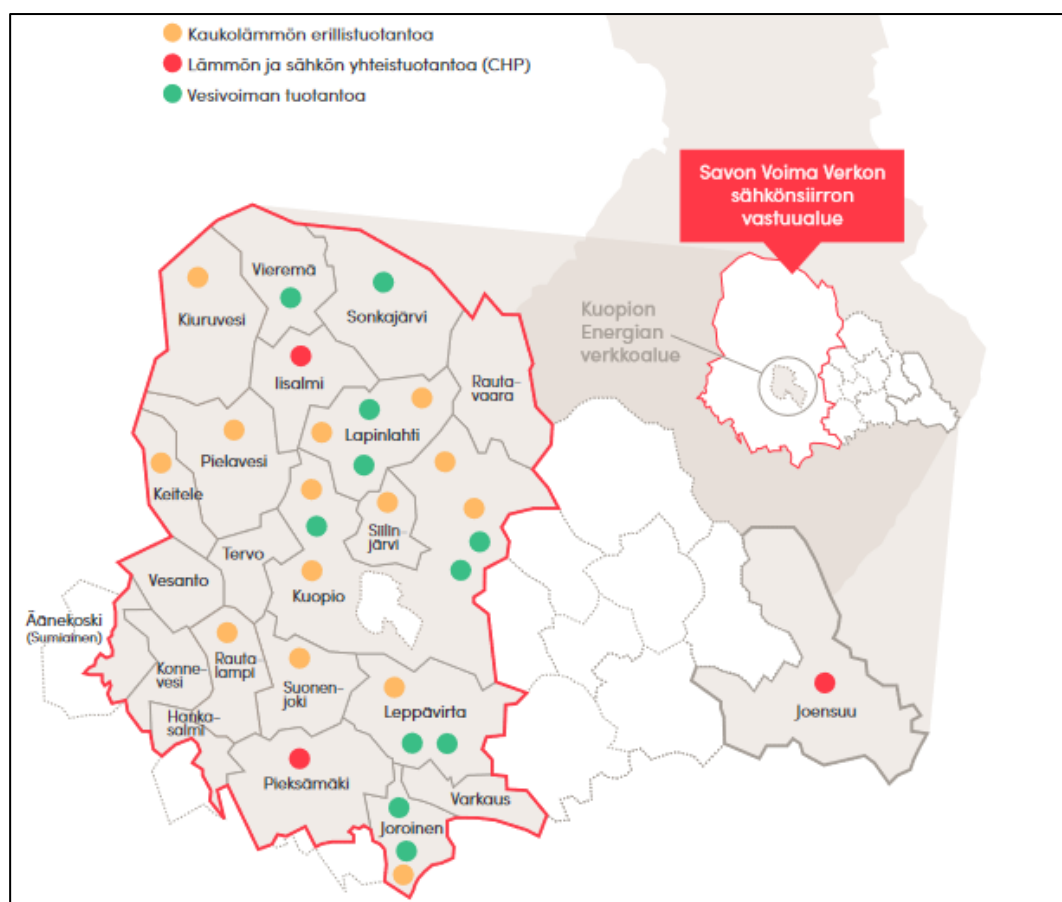
Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä kaukolämpörunkolinjan kuntotutkimus sekä selvitys mahdollisista korjaustoimenpiteistä. Lisäksi selvitettiin kustannusarvio kanaviston saneeraukselle. Tutkittavana olleen kaukolämpökanavan pituus oli noin 1 500 metriä. Kanava on rakennettu vuosien 1977 ja 1983 välisenä aikana. Tutkittava osuus koostui runkoputkistosta, joka on tehty betonielementtirakenteella sekä betonikaivoista. Betonikaivoissa sijaitsevat runkoputkiston sulku-, ilmaus-, ja tyhjennysventtiilit ja osa runkolinjasta lähtevistä haaroituksista. Haaroitusten osalta videokuvauksella tutkittiin DN 200 betonielementtinä haarautuva kanava. Pienempien haaroitusputkien kuntoarvio tehtiin vain näkyvältä osalta betonikaivoista. Kuntokartoitus tehtiin kaivojen kautta, syöttämällä kuvauskaapeli elementtikanavaan. Videotallenne otettiin vedettäessä kaapelia pois kanavasta. Kaivojen kunto ja putkiston sulkulaitteet tutkittiin silmämääräisesti. Kuvaukset suoritti Suomen Verkostohuolto Oy.

Kustannusarviossa selvitettiin kanaviston uusimisesta syntyvä kokonaiskustannus ja arvio kustannuksista kanaviston osittaiselle saneeraamiselle kaivoväleittäin. Kustannusarviossa selvitettiin myös uudella kiinnivaahdotetulla putkijärjestelmällä saatavaa säästöä, takaisinmaksuaikaa sekä kannattavuutta lämpöhäviötehojen vähenemisen myötä.

2 SAVON VOIMA OYJ

Savon Voima Oyj on Pohjois- ja Etelä-Savossa sekä Joensuussa toimiva energiayhtiö (kuva 1). Savon Voima Oyj on 20 kunnan omistaman Savon energiaholding Oy:n kokonaan omistama yhtiö. Savon Voima -konsernin muodostaa emoyhtiö Savon Voima Oyj, Savon Voima Verkko Oy, sekä Savon Voima Joensuu Oy. Savon Voima Oyj on merkittävänä osakkaana Väre Oy:ssä, Kymppivoima Oy:ssä ja Varkauden aluelämpö Oy:ssä. (Savon Voima 2019.)

Savon Voiman liiketoimintaympäristönä on energian tuottaminen ja myyminen. Sähköä tuotetaan vastapainevoimalaitoksissa Joensuussa, Iisalmessa ja Pieksämäellä. Vesivoimaloita on 11 kappaletta eri puolilla toiminta-aluetta. Paikallisesti tuotetun sähkön vuotuinen tuotanto on 190 GWh. Kaukolämmön tuotanto vuonna 2019 oli 622 GWh. Kaukolämpöä tuotetaan ja jaetaan alueen 21 eri kaukolämpöverkossa. Kaukolämpöä ja sähköä tuotetaan suurimmaksi osaksi kotimaisilla biopolttoaineilla. (Savon Voima 2019.)



KUVA 1. Savon Voiman palveluverkosto (Savon Voima 2019)

3 KAUKOLÄMPÖ SUOMESSA

3.1 Yleistä

Kaukolämmöllä tarkoitetaan järjestelmää, jossa keskitetysti lämmitettyä vettä jaetaan kaukolämpöverkon välityksellä kaukolämpöä lämmitysmuotona käyttäviin kohteisiin (Kuva 2). Kaukolämpöjärjestelmä koostuu lämpöä tuottavista laitoksista, kaukolämpöverkosta sekä kaukolämmön mittauksesta ja asiakaslaitteistosta. Mittauksen jälkeen seuraa asiakaan lämmönvaihdinlaitteisto, jossa ensiöpuolen kaukolämpövesi lämmittää toisiopuolen lämmitysveden ja lämpimän käyttöveden. (Koskelainen ym. 2006.)



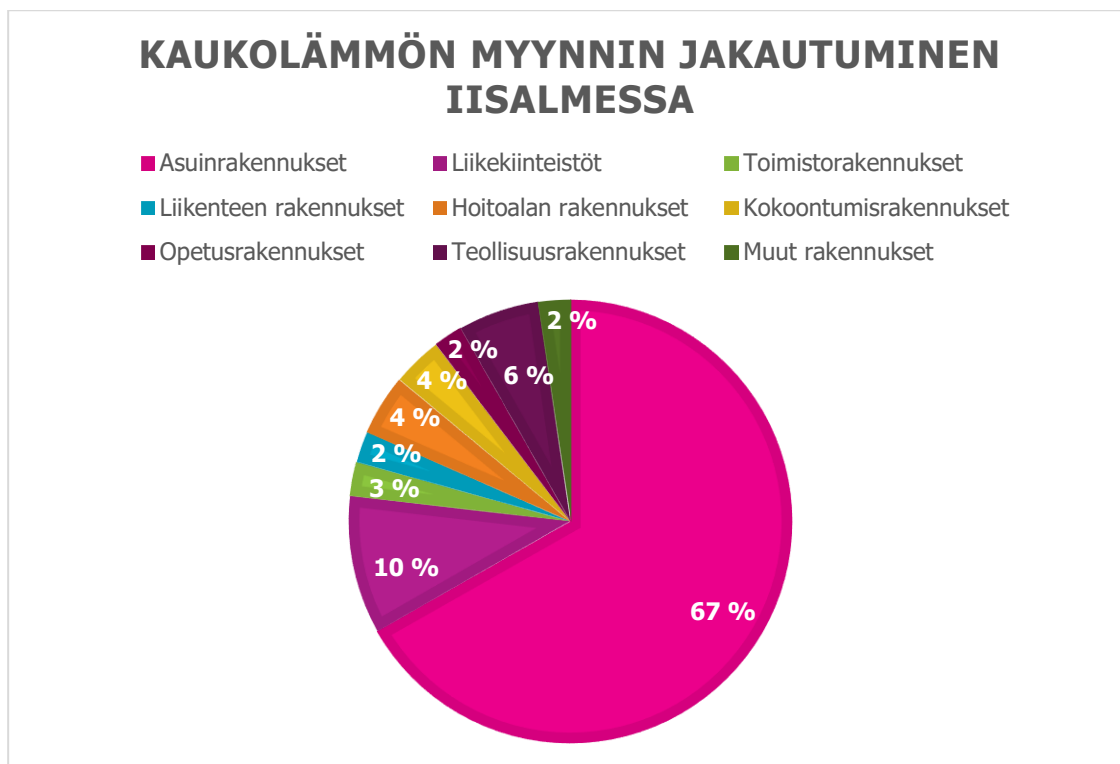
KUVA 2. 2Mpk kaukolämpörunkolinjoja (Valkonen)

3.2 Tuotantolaitokset

Lämmöntuotantolaitokset ovat joko sähkön ja lämmön yhteistuotantoon tarkoitettuja vastapainevoimalaitoksia tai pelkästään lämmöntuotantoon tarkoitettuja laitoksia. Pienemmissä verkostoissa käytetään pelkästään lämpöä tuottavia laitoksia. Varalla käytetään erillisiä lämpökeskuksia, jotka tuottavat lämpöä häiriötilanteissa ja huipunkäyttöaikoina. Tuotantolaitosten polttoaineina käytetään mm. kivihiiltä, puuta, turvetta ja maakaasua. (Koskelainen ym. 2006.)

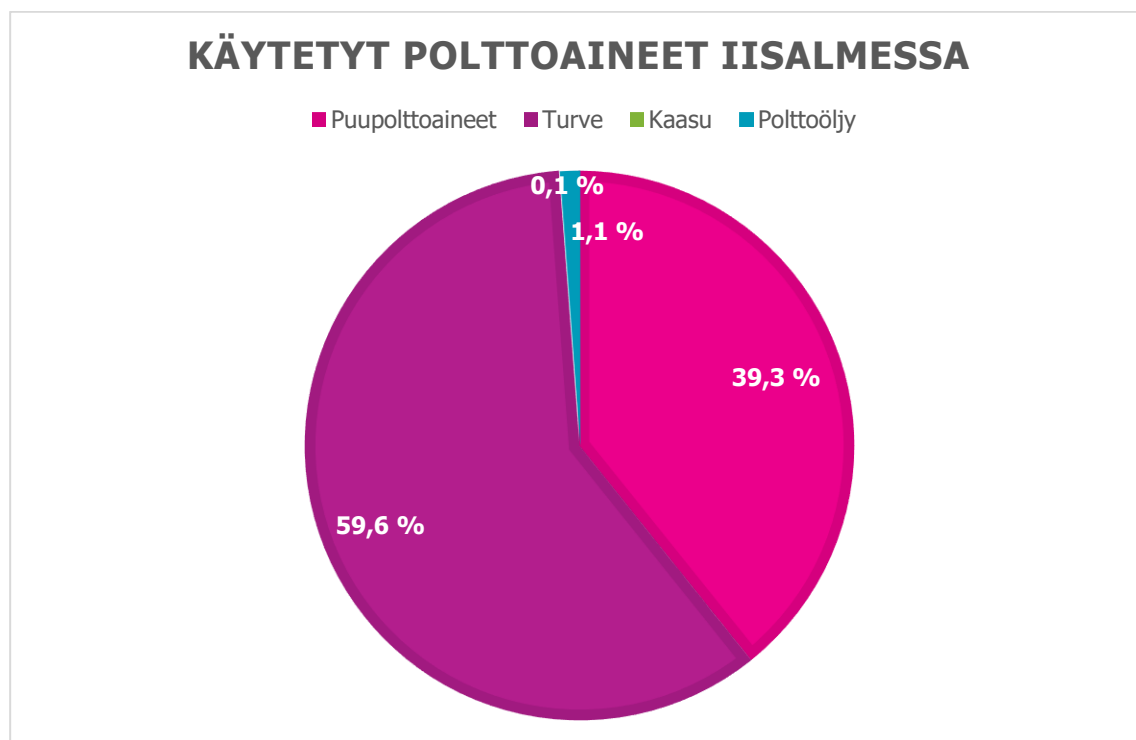
3.3 Kaukolämpö Iisalmessa

Kaukolämpöverkon kokonaispituus kaupungissa on 81,2 km. Iisalmen kaupungin alueen kaukolämpöasiakkaiden määrä on 624 kpl. Kuvassa 3 on esitetty kaukolämmön jakautuminen asiakkaille Iisalmessa. Energiakujalla sijaitseva kaukolämmön päätuotantolaitos tuottaa sähköä ja kaukolämpöä vastapainetuotantona. (Kaukolämpö Iisalmessa 2018.)



KUVA 3. Kaukolämmön myynnin jakautuminen (Kaukolämpö Iisalmessa 2018).

Polttoaineena käytetään pääasiassa puuta ja turvetta. Kaasua ja polttoöljyä käytetään varalaitoksissa (Kuva 4). Päätuotantolaitosten yhteisteho on 53 MW, josta 8 MW on savukaasupesurista saatava teho. Energiakujalla on polttoöljyä polttoaineena käyttävä varatuotantolaitos, jonka teho on 24 MW. Teollisuuskujalla, Kivirannankujalla ja Marjahaassa sijaitsevien polttoöljyä käyttävien varatuotantolaitosten yhteisteho on 66,4 MW. Levytiellä on nestekaasukäyttöinen varavoimalaitos, jonka teho on 12,8 MW. (Kaukolämpö Iisalmessa 2018.)



KUVA 4. Käytetyt polttoaineet Iisalmessa (Kaukolämpö Iisalmessa 2018.)

3.4 Kaukolämpökanavat

Kaukolämpökanavien välityksellä siirretään lämmöntuotantolaitoksessa lämmitetty vesi kaukolämmön kulutuskohteisiin. Kanavisto koostuu meno- ja paluuvirtausputkesta, eristyksestä, kanavan suo- jakuoresta sekä putkiston sulkulaitteista. Kaukolämpöjohtojen virtausputkisto on yleensä materiaalil- taan terästä, jonka suunnittelupaine on 1,6 MPa ja käyttölämpötila ≤ 120 °C. Jatkuvassa käyttöläm- pötilassa 120 °C putken käyttöiän täytyy olla vähintään 30 vuotta, 115 °C jatkuvassa käyttölämpöti- lassa vähintään 50 vuotta. Käyttölämpötilan ollessa alle 115 °C, käyttöiän tulee olla yli 50 vuotta. (Koskelainen ym. 2006.)

Kaukolämpökanavia on valmistettu usealla eri kanavarakenteella. Tässä yhteydessä käydään läpi vain tämän opinnäytetyön kannalta oleellimmat kanavatyyppit. Ennen kanavat rakennettiin beto- nielementtikanaavana (Emv, Epu) sekä muovikuorella suojatulla elementillä (Mpul). Näiden elementti- rakenteiden virtausputket pääsevät liikkumaan lämpölaajenemisen vaikutuksesta elementin sisällä. (Koskelainen ym. 2006.)

Nykyisin kaukolämpöverkot rakennetaan kiinnivaahdotetuilla elementeillä (2Mpuk, Mpuk). Kiinni- vaahdotetussa elementissä virtausputket ja muovisuojakuori on liitetty yhteen polyuretaanieristeellä. Virtausputki ei pääse liikkumaan vapaasti kiinnivaahdotetussa elementissä, joten tästä aiheutuvat jännitykset on otettava huomioon suunnittelussa. (Koskelainen ym. 2006.)

Kanavatyyppien nimilyhenteitä:

- M = polyeteenistä valmistettu suojakuori
- pu = polyuretaanieriste
- k = putket kiinni eristeessä
- l = liikkuva putki
- mv = mineraalivilla
- E = betonielementti. (Koskelainen ym. 2006.)

3.4.1 2Mpuk ja Mpuk, kiinnivaahdotetut kanavat

Kiinnivaahdotettuja elementtejä on käytössä yksiputkijohtona 2Mpuk (kuva 5) sekä kaksiputkijoh- tona Mpuk (kuva 6). 2Mpuk rakenteessa virtausputket on kiinnivaahdotettu erilliseksi meno- ja pa- luuputkeksi oman suojakuoren sisään. Mpuk rakenteessa meno ja paluuputki on kiinnivaahdotettu saman suojakuoren sisään. Kiinnivaahdotetun putkijärjestelmän sulk- ja ilmausventtiilit tehdään vesitiiviiksi muovisuojakuoren sisään. Ainoastaan venttiilin sulkemiseen tarvittava ruostumattomasta teräksestä valmistettu osa jätetään eristämättä, jolloin venttiili voidaan peittää maan sisään. Sulku- osan kohdalle asennetaan muovikaivo sulun käyttöä varten. (Koskelainen ym. 2006.)

Kiinnivaahdotettuja kaukolämpöputkia valmistetaan Mpuk-elementtinä DN 250 kokoon asti. 2Mpuk- elementtinä putkea valmistetaan jokaisessa kokoluokassa. Muovisuojakuoren liitostyössä käytetään peltimuottia, jonka sisään syötetään uretaanivaaho. Tämän jälkeen jatkoksen päälle paistetaan ku- tiste, joka sulkee jatkoksen vesitiiviiksi. Jatkoksissa voidaan käyttää myös sähkömuhviholkkeja, jotka sulatetaan sähkövastuspannan avulla holkkien päästä vesitiiviiksi. (Logstor 2015.)



KUVA 5. 2Mpuk-elementti (Valkonen)

Kiinnivaahdotetut johdot asennetaan tyypillisesti kitkakiinnitysmenetelmällä maahan. Kitkakiinnityksessä elementin normaalit lämpöliikkeet estetään ja lämpötilanmuutoksesta aiheutuva kuormitus otetaan vastaan virtausputkeen syntyvänä jännityksenä ja kulmakohtiin rajoitettuna lämpöliikkeenä. Kitkakiinnitys tehdään yleensä lämmittämällä kaukolämpöputki kiinnityspituuteen avoimessa kaivannossa. Esilämmityslämpötila on noin 50 °C putkiston suurinta sallittua käyttölämpötilaa matalampi. Jatkosten eristys tehdään esilämmityksen jälkeen, jolloin virtausputkisto on kerennyt laajeta oikeaan pituuteen. Eristys tehdään uretaanilla, joka muodostuu polyolin- ja isosyanaatin reaktiossa. Esilämmityksen avulla polyolin ja isosyanaatin seos reagoi paremmin virtausputken ympärillä. Esilämmityksen ja eristyksen jälkeen kaivanto peitetään ja tiivistetään maa-aineella, jolloin putkisto kiinnittyy maan kitkavoimien avulla. Kiinnivaahdotettu putki voidaan asentaa myös kylmäasennuksena. Kylmäasennustekniikassa putkistoa ei esilämmitetä, vaan se eristetään ja peitetään asennuslämpötilassa. Kylämasennuksen avulla putkia ei tarvitse tulpata päistä ja esilämmittää vedellä, jolloin kaivantoa voidaan peittää sitä mukaa kun putkistoa valmistuu. Kylämasennuksen huonoja puolia on sen aiheuttamat jännitykset. Jännitykset saattavat aiheuttaa teräspannituksen väsymismurtumia ja nurjahduksia linjojen heikoimpiin kohtiin. Kylämasennusta ei suositella tehtäväksi DN 300 ja sitä pienempiin linjoihin. (Koskelainen ym. 2006; Logstor 2015.)



KUVA 6. Mpuk-elementti (Valkonen)

3.4.2 Mpul muovisuojakuorielementti

Mpul rakenteisessa elementissä (kuva 7) muovisuojakuoren ja lasikuidusta valmistetun suojaputken väli on vaahdotettu polyuretaanieristeellä. Lasikuitusuojaputkien sisällä olevat virtausputket pääsevät liikkumaan suojaputkissa. (Koskelainen ym. 2006.)

Kanavarakenteen suurin heikkous on muovisuojakuoren kutisteliitoksen ratkeaminen. Kutisteliitos ei kestä maanpainumisen aiheuttamaa rasiusta, jolloin kosteassa maaperässä ulkopuolinen vesi pääsee elementin sisään. Mpul-elementin jatkoksen kohdalla lasikuitusuojaputket eivät ole yhteneväiset ja vesi pääsee tästä epäjatkuvuuskohtasta ruostuttamaan virtausputket. Virtausputkiston vuoto pääsee kulkemaan lasikuitusuojaputken sisällä aiheuttaen syöpymää putkessa pitkällä matkalla. Ruostumista aiheuttaa myös muovisuojakuorielementin vaatima virtausputkiston tuuletus, joka ei ole riittävä virtausputken ja lasikuitusuojaputken välissä. (Energiateollisuus 2018.)



KUVA 7. Mpul-elementti (Valkonen)

3.4.3 Betonielementtikanava

Betonielementtikanava (kuva 8) koostuu betonielementeistä valmistetusta suojuoresta sekä meno- ja paluuputkista, joiden eristeenä on yleensä mineraalivilla tai polyuretaanikouru. Eristyksen päälle on usein asennettu bitumihiuopa suojaamaan virtausputkia tippuvalta vedeltä. Valmiiksi tehtaalla valetut ylä- ja alaelementtikourut ovat 4 tai 6 metrisiä. Elementit liimataan toisiinsa vesitiiviisti bitumilla kaivantoon asennettaessa. Virtausputket kannakoidaan betonielementin alakourusta liukukannakkeilla ja sivusta sivuliikutukien avulla. Putkien lämpöliikkeitä hallitaan putkeen asennettujen paljetasainten ja kiintopisteiden avulla. Lämpöliikkeet otetaan vastaan elementin seinämiin ja alaelementtiin, joka on sidottu toisiinsa vetoteräksillä. Kiintopiste-elementtiin on valettu sisään teräkset, joihin virtausputket on hitsattu kiinni lattaraudalla. Kanavan sulkulaitteet sijaitsevat betonikaivoissa (kuva 9), joihin on asennettu kanavan tuuletus sekä viemärointi veden poistoa varten. (Koskelainen ym. 2006; Lämpölaitosyhdistys 1983)



KUVA 8. Betonielementtikanaava (Valkonen)

Betonielementtikanaavissa vauriot syntyvät tyypillisesti betonielementin sisälle päässeestä vedestä. Vesi voi päästä kanaavaan kaivojen kautta. Kaivot saattavat tulvia sadevedestä vedenpoistoputkien tukkeutuessa. Betonielementtikanaavan painuminen maan vaikutuksesta voi myös aiheuttaa veden pääsyn kanaavaan saumakohtien peittäessä. (Energiateollisuus 2018.)



KUVA 9. Betonikaivo (Valkonen)

4 KUNTOKARTOITUS

4.1 Yleistä

Kaukolämpöverkon kuntokartoitusmenetelminä on yleisesti käytetty lämpökamerakuvausta ja etenkin betonielementtikanaavissa videokuvausta kanavan sisältä. Lämpökamerakuvaus jätettiin tekevämmäksi, koska alkutalven kostea ja luminen maa häiritsi kuvausta. Mahdolliset vuototapaukset näkyvät yleensä selkeänä alueena maan pinnalle, etenkin talviaikaan, jolloin maa on sulana vuotokohdasta. Videokuvaus on perinteisesti suoritettu betonielementin pohjalla kulkevalla ryömijällä, johon kamera on kiinnitetty. Menetelmän haittapuolena on elementin pohjalla oleva maa-aines ja tippuneet eristeet. (Energiateollisuus 2018.)

Kuntotutkimuksen alainen kaukolämpökanavisto on rakennettu 70-luvun lopun ja 80-luvun alun välisenä aikana. Kanavisto koostuu DN 400 ja DN 300 betonielementtirungosta, betonikaivoista ja haaroituslinjoista. Pohjolankadulla, Päiviönkadun ja Kauppakadun välinen osuus on 1977 rakennettu DN 300 kanava. Uusin osuus on rakennettu Kankaankadulle vuonna 1982; kanavan koko on DN 400. Haaroituslinjoista osa on alkuperäisiä Mpul- ja betonikanavarakenteisia linjoja. Osa haaroituksista on vuosien varrella uusittuja 2Mpuk ja Mpuk linjoja. Betonielementtikanaavassa on käytetty eristeenä mineraalivillaa sekä uretaanikourua.

Kuntokartoitusmenetelmiä arvioitaessa oli tieto siitä, että kanavistossa ei ole havaittu virtausputkiston vuotoja. Mikäli kanavan vuotoa ei huomata maan päälle sulana alueena, nähdään betonielementtikanaavan vuoto kanavan pohjaa pitkin tyhjennyskaivoon valuvana vetenä. Myös verkoston lisäveden tarve oli pieni tutkimusajankohtana. Kaukolämpöverkossa lisävedettä kuluu aina jonkin verran, verkon koosta riippuen. Iisalmen kaukolämpöverkon lisäveden määrä on normaalisti noin 1 kuutiometri vuorokaudessa. Kaukolämpöveden aiheuttamaa sisäpuolista syöpmistä virtausputkistolle ei ole havaittu Iisalmen kaukolämpöverkossa. Virtausputkiston kunto pääteltiin hyväksi, mikäli ulkopuolinen vesi ei ole päässyt ruostuttamaan sitä.

4.1.1 Kuntokartoitusmenetelmä

Kuntokartoitus tehtiin kuvausmenetelmällä, jossa ei käytetä pohjalla kulkevaa ryömijää. Betonielementtikanaavan tutkimuksessa voitiin käyttää hyväksi betonielementtien ja virtausputkien välille jäävää tilaa, jota pitkin kuvauskaapeli työnnettiin elementtiin (kuva 10). Betonielementin sisälle kaapeli saatiin elementin avonaisista päistä kaivojen kautta. Elementtikanaava kuvattiin kaivoista molempiin suuntiin virtausputkiston ylä- tai alapuolelta mahdollisuuksien mukaan. Kuvauskaapelia työnnettiin tapauskohtaisesti elementtiin se määrä, mikä oli esteiden puolesta mahdollista. Kuvauskaapelin pituus oli 40 metriä, ja tästä syystä enintään osaa kaivovälien kokopituudesta ei ollut mahdollista kuvata. Näiltä osilta kanavan kunto jäi selvittämättä kuvaamalla. Tutkimuksessa kuvattu pituus antoi pelkääntään yleisnäkymän jokaisen kanavaosuuden kunnosta, eikä mahdollisia vauriokohtia voitu kartoittaa koko kanavan pituudelta. Yleiskuvan perusteella voitiin arvioida kanavan eristyksen kuntoa sekä tuuletuksen ja vedenpoiston toimivuutta. Betonielementtisaumojen pitävyyttä ei voitu varmentaa koko pituudelta.



KUVA 10. Kuvauskaapelin syöttö kanavaan. (Suomen Verkostohuolto Oy)

Kameran kaapeli on melko löysä, eikä sitä saatu kulkemaan kanavassa ilman apuna käytettävää vartta. Varsi tehtiin muovisesta DN 32 muhviputkesta, johon kameran kaapeli teipattiin kiinni. Muhviputket olivat metrin mittaisia ja ne oli helppo liittää kaivossa kuvauskaapelin syötön yhteydessä. Videotallenne otettiin vedettäessä kuvauskaapelia takaisin kaivoon päin. Kameran etäisyyttä kaivosta voitiin seurata paikantimen avulla (kuva 11). Jos kanavassa huomattiin kuvauksen aikana vaurio, se pystyttiin paikantamaan tarkasti maan päälle. Havaitut vikakohtat dokumentoitiin korjaussuunnitelmia varten.



KUVA 11. Kameran etäisyys paikantimella katsottuna (Suomen verkostohuolto Oy)

4.2 Kuntotutkimuksen eteneminen

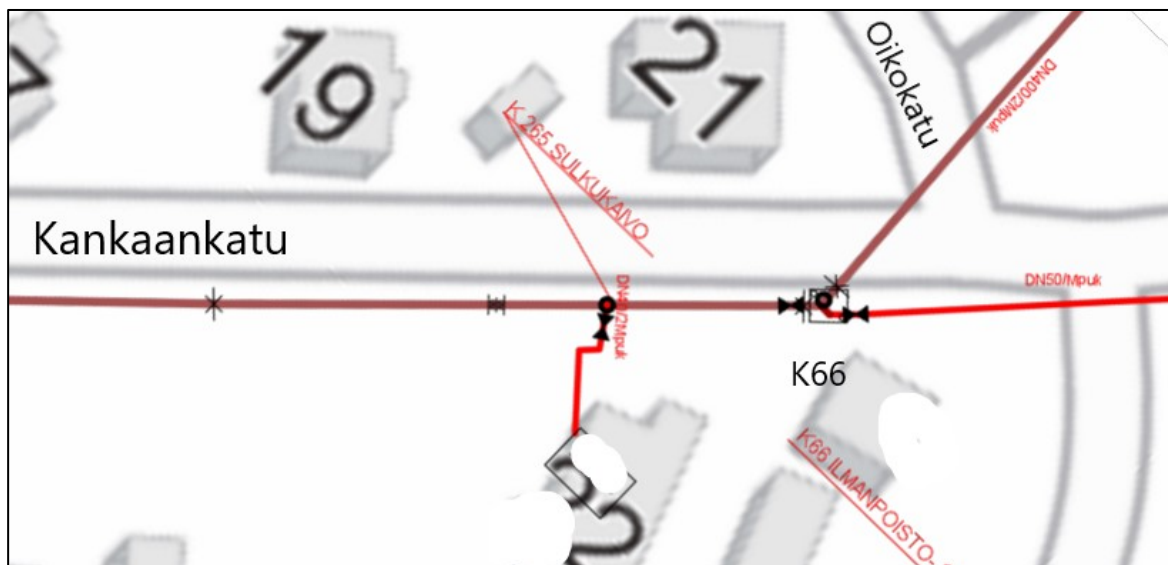
Pohjolankatu on Iisalmen kaupungin läpi kulkeva vilkasliikenteinen pääkatu, jonka kautta valtatie viisi on kulkenut ennen ohitustien valmistumista vuonna 1997. Kankaankatu on Pohjolankadulta Makkarahden asuinalueelle johtava tie. Voimalaitokselta Kankaankadulle tuleva runkolinja on aikaisemmin saneerattu K66 kaivolle asti DN 400/2Mpu-k elementiksi. Kaivolta runkolinja jatkaa Kankaankatua pitkin vanhana betonielementtinä Pohjolankadun suuntaan kaivoon K55. Kaivosta K55 runkolinja lähtee keskustan suuntaan Pohjolankatua pitkin. Joukolankadun kaivossa K54 linja supistuu kokoon DN 300. Pohjolankatua pitkin linja jatkaa Kauppakadun kaivoon K1, jossa kanavatyyppe muuttuu DN 300/2Mpu-k kanavaksi. Runkolinjan kuvaukset tehtiin linjan varrella olevien kaivojen kautta. Kuvauksen yhteydessä tarkastettiin kaivojen tuuletusten ja vedenpoiston toiminta sekä virtausputkiston sulkulaitteiden kunto. Kuvassa 12 on piirretty betonielementtikanan sijainti kartalla.



KUVA 12. Betonielementtirunkolinjan sijainti (Maanmittauslaitos 2021)

4.2.1 Kaivot K66 ja K265

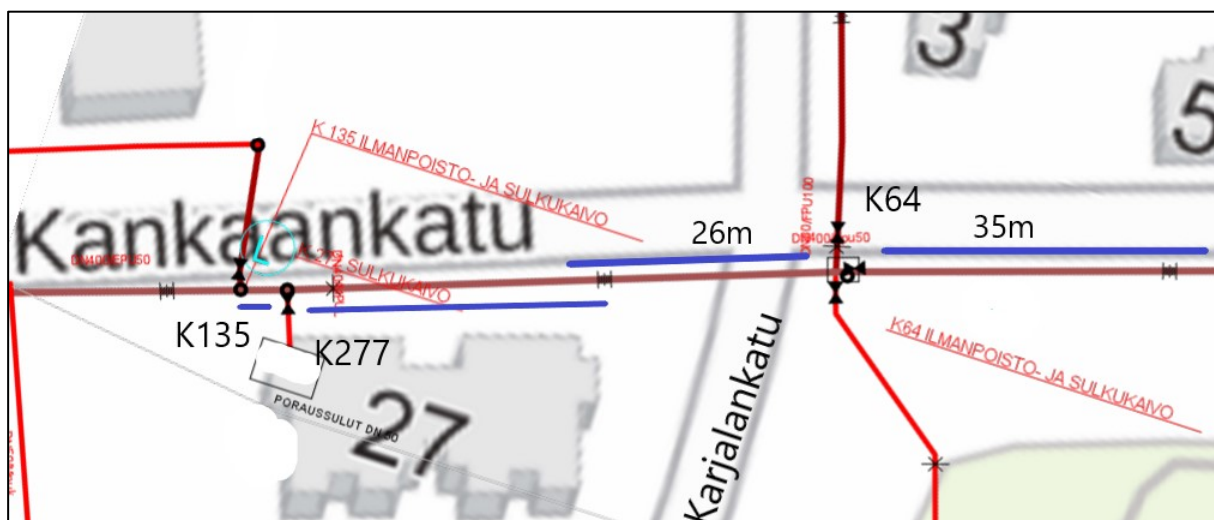
Kaivossa K66 voimalaitokselta päin tuleva DN 400/2Mpuk linja muuttuu vanhaksi betonielementtikana-
navaksi (kuva 13). Kaivossa on runkolinjan ilmanpoisto-, tyhjennys- ja sulkuventtiilit. Kaivossa run-
gosta haaroittuu DN 50/Mpuk linja. Kaivon K66 jälkeen sijaitsee sulkukaivo K265, josta on haaroit-
tettu viereisen kiinteistön DN 40 liittymä. DN 40/2Mpuk haaroitus on tehty vuonna 1993. Tältä osalta
betonielementtiä ei kuvattu.



KUVA 13. K66 ja K265 (Savon Voima, kartat)

4.2.2 Kaivo K64

Kaivon K64 kohdalla runkolinja kulkee Kankaankadun suuntaisesti (kuva 14). Betonielementtikana-
van koko on DN 400. Virtausputken eristeenä on polyuretaanikouru. Kaivosta haaroittuu Karjalanka-
dun suunnassa pohjoiseen lähtevä DN 80/Mpul kanava sekä etelään päin lähtevä DN 65/2Mpuk ka-
nava. Runkolinja kuvattiin molemmista suunnista noin 35 metriä. Kuvatulla matkalla ei havaittu nä-
kyviä vaurioita.



KUVA 14. Kaivot K64, K277 ja K135. (Savon Voima, kartat)

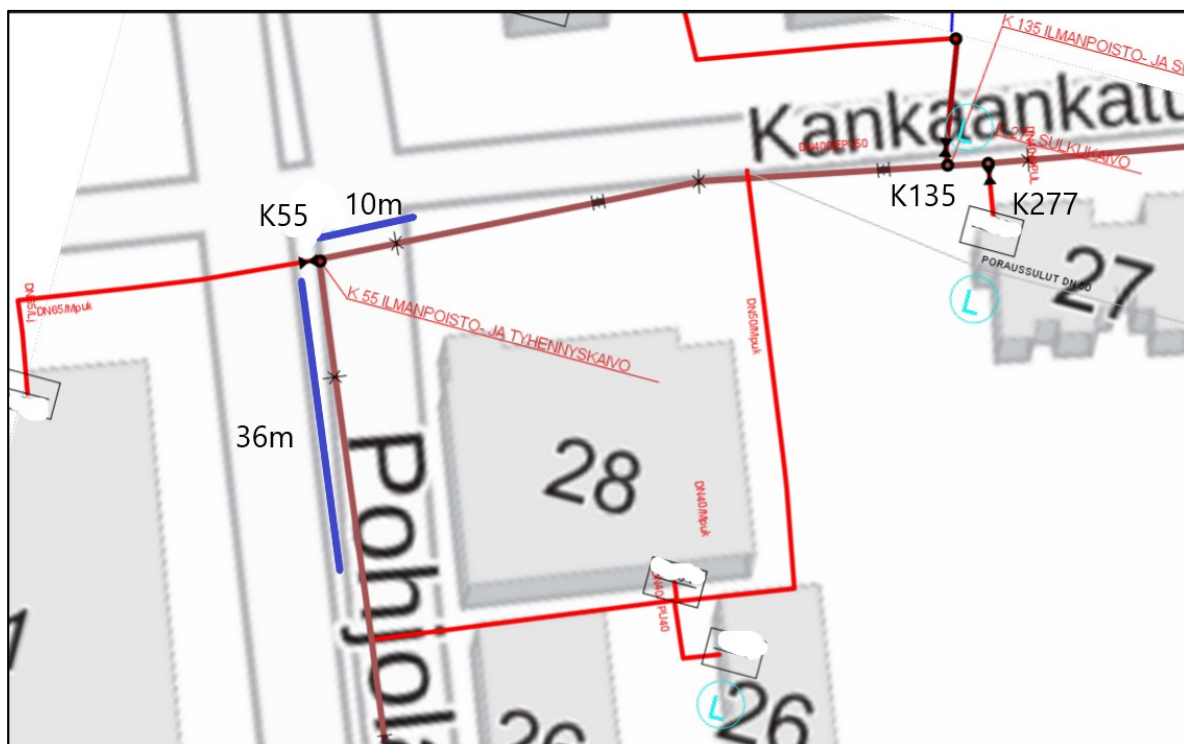
4.2.3 Kaivot K277 ja K135

Sulkukaivosta K277 ja Ilmanpoisto- ja sulkukaivosta K135 lähtevät haaroitukset viereisille kiinteistöille (kuva 14). Runkolinjan kuvaus suoritettiin kaivon K277 kautta. Runkolinjaa kuvattiin K64 kaivon suunnasta noin 26 metriä. Kaivon K135 ja K277 väli kuvattiin koko pituudelta virtausputkien yläpuolelta. Kuvatulla osuudella ei huomattu vaurioita.

4.2.4 Kaivo K55

Kaivo K55 Ilmanpoisto- ja tyhjennyskaivo sijaitsee Pohjolankadun ja Kankaankadun risteyksessä (kuva 15). Runkolinja tulee kaivoon Kankaankadulta ja lähtee keskustaan päin Pohjolankadun suuntaan. Kaivosta haaroittuu Pohjolankadun poikki kulkeva DN 65/Mpuk linja. Pohjolankadun suuntaan kuvattiin linjaa noin 36 metriä; linjassa ei havaittu vaurioita.

Elementin kuvaus ei onnistunut linjan alapuolelta Kankaankadulle päin, kanavan pohjalle kertyneen kostean maan vuoksi, joten linja kuvattiin virtausputkien yläpuolelta. Yläpuolelta havaittiin kosteutta elementtikanavan katossa kiintopisteen kohdalla, josta vettä pääsee tippumaan uretaanieristeiden päälle. Eristeiden päältä vesi pääsee ruostuttamaan virtausputkea. Veden pääsy elementtiin viittaa betonielementtisaumojen vuotoon. Kankaankadulle päin elementtiä kuvattiin noin 10 metriä; kosteutta löytyi koko matkalta.

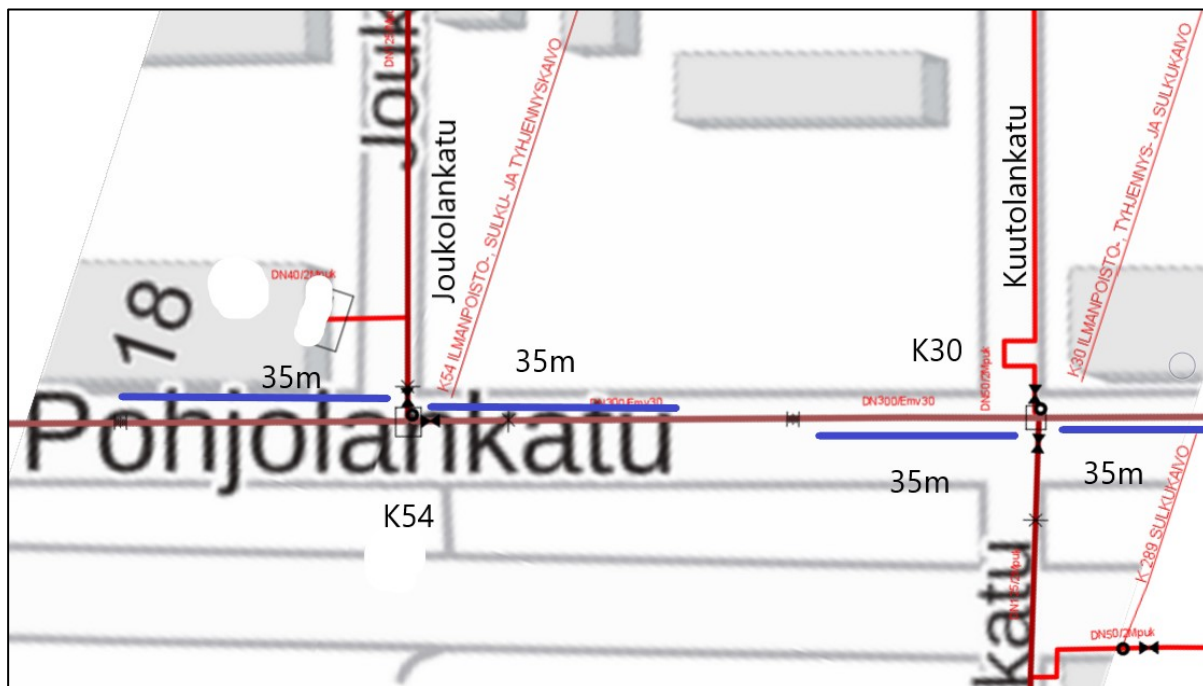


KUVA 15. Kaivo K55. (Savon Voima, kartat)

4.2.5 Kaivo K54

K54 ilmanpoisto-, sulku- ja tyhjennyskaivo sijaitsee Joukolankadun ja Pohjolankadun risteyksessä (kuva 16). Kaivossa runkoputken koko supistuu DN 300:n keskustaan päin. Kaivossa on haaroitus Joukolankadulle lähtevälle DN 125/Mpul linjalle. Runkolinjaa kuvattiin molempiin suuntiin noin 35

metriä. Kuvaussuunnassa voimalaitokselle päin havaittiin paljetasaimen kohdalla mineraalivillaeristeiden tippuneen. Keskustaan päin DN 300 elementissä löytyi mahdollinen vuoto betonielementin saumassa 14 metrin etäisyydellä kaivosta.



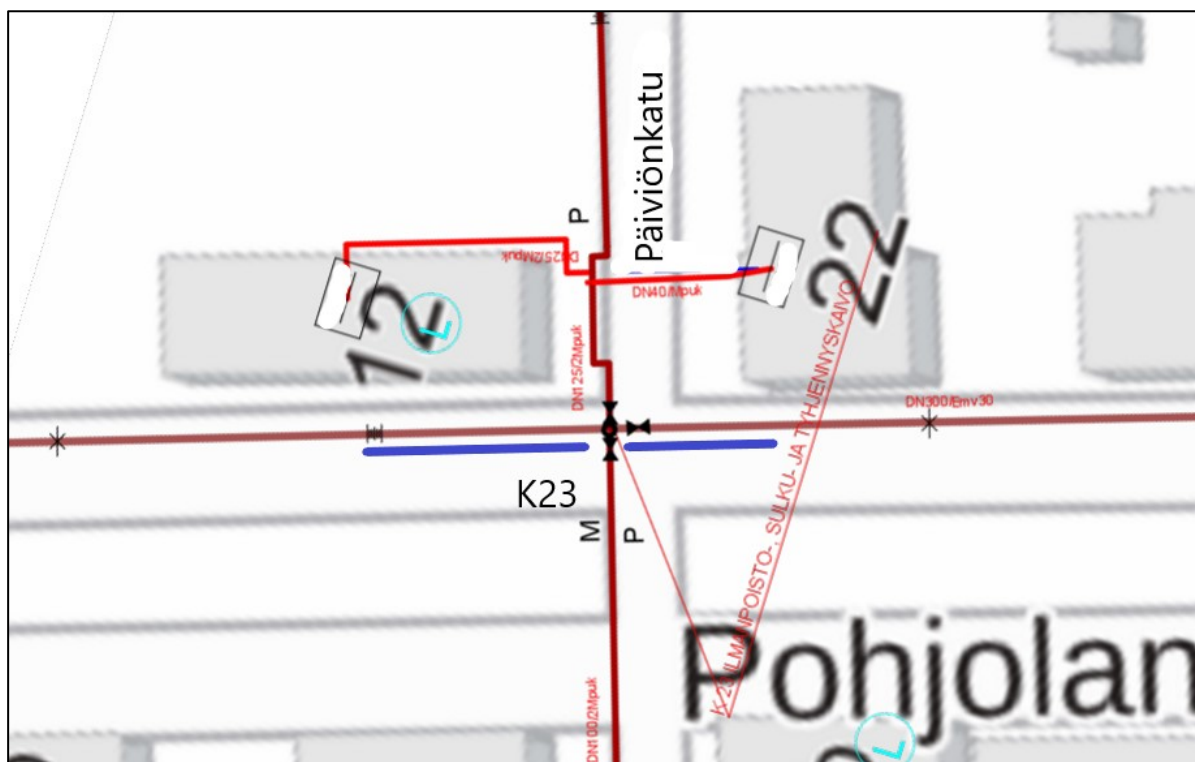
KUVA 16. Kaivot K54 ja K30 (Savon Voima, kartat)

4.2.6 Kaivo K30

Pohjolankadun ja Kuutolankadun risteyksessä on kaivo K30 (kuva 16), joka toimii ilmanpoisto-, tyhjennys- ja sulkukaivona. Runkolinja kulkee Pohjolankadun suunnassa. Rungosta lähtee haarat Kuutolankadun molempiin suuntiin. Haaroituslinjat ovat kokoa DN 125/Mpuk ja DN 50/Mpuk. Vedenpoistoputken tukkeutumisen vuoksi kaivon pohjalle oli kertynyt vettä ja mutaa. Voimalaitokselle lähtevässä suunnassa havaittiin kosteuden tiivistymistä betonikanavan katossa. Virtausputken eristeenä tässä kohdassa olevan mineraalivillan päällä ei ole huopaa. Huovan tilalla on ohut muovi tai paperi, joka ei tarpeeksi suojaa eristettä kosteudelta. Kuvassuunnassa keskustaan päin havaittiin eristeiden tippumista ja kosteutta elementin katossa; eristeenä polyuretaanikouru.

4.2.7 Kaivo K23

Päiviönkadun ja Pohjolankadun risteyksessä on ilmanpoisto-, sulk- ja tyhjennyskaivo K23 (kuva 17). Pohjolankadun poikki haarautuu DN 100/2Mpuk linja. Vastakkaiseen suuntaan haarautuu DN 125/2Mpuk linja. Tutkimuksessa havaittiin kansien (4kpl) tiivisteiden olevan rikki. Kansien kautta vesi pääsee kaivoon. Kaivon pohjalle oli kertynyt vettä ja mutaa, koska kaivon vedenpoistoputkisto ja padotusventtiili olivat tukossa. Kaivoon on asennettu tuuletuksen tehostamiseksi kanavapuhallin, jonka sulake oli lauennut ja tästä syystä kaivoon on kertynyt kosteutta. Tuuletin saatiin toimimaan sulakekytkimestä. Runkolinja kuvattiin molempiin suuntiin kaivosta. Voimalaitokselle päin kanavistoon on jossain vaiheessa noussut vettä kaivon K23 kautta. Veden mukana kanavaan on päässyt maa-ainesta. Eristevilla oli tippunut paljetasainten kohdalta, sekä muutamasta muusta kohden. Runkoputkessa keskustaan päin ei havaittu vaurioita.



KUVA 17. Kaivo K23 (Savon Voima, kartat)

4.2.8 Kaivo K22

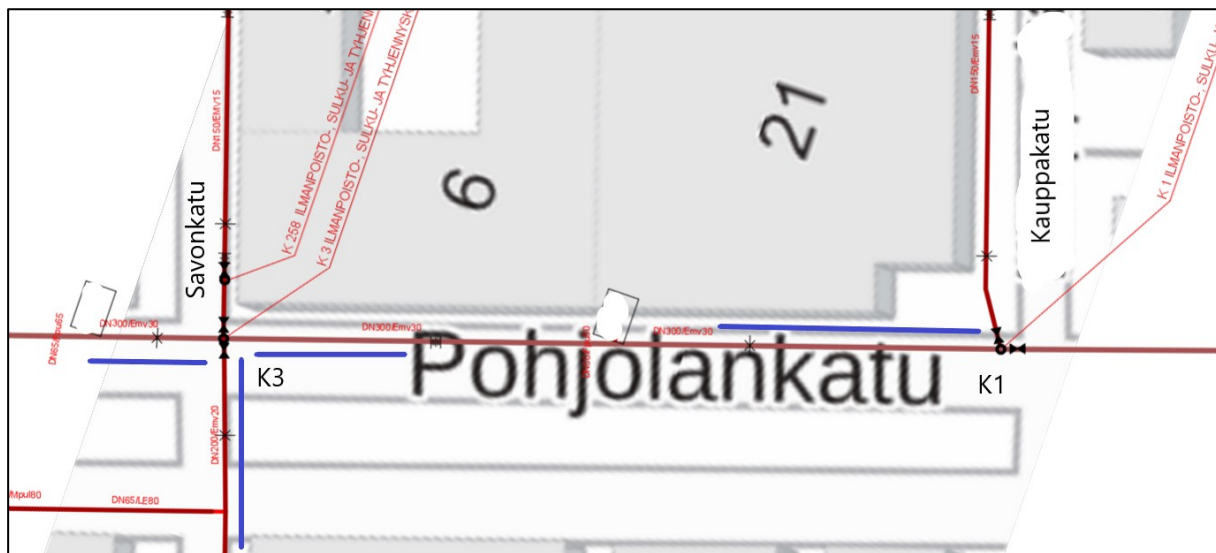
K22 ilmauskaivo sijaitsee Kirkkopuiston kohdalla, Päiviönkadun ja Savonkadun risteysten välissä. Keskustaan päin eriste vaihtuu mineraalivillaan, jonka välissä kamera ei kulkenut. Runkoputkea kuvattiin ainoastaan voimalaitokselle menevältä osalta, jossa uretaanikouru. Runkolinjassa ei havaittu vaurioita. Kaivossa olevat ilmausventtiilit olivat ruostuneet pinnasta.

4.2.9 Kaivo K3

Kaivo K3 on Savonkadun risteyksessä oleva Ilmanpoisto-, sulku-, ja tyhjennyskaivo (kuva 18). Runkolinja DN 300/Emv kulkee Pohjolankadun suuntaisesti. Runkolinjasta haarautuu kaivossa DN 200/Emv kanava Pohjolankadun poikki Savonkadulle. Savonkadun vastakkaiseen suuntaan haarautuu DN 150/Emv kanava. Runkolinja DN 300 kuvattiin molemmista suunnista noin 30 metrin matkalta. DN 300 runkojohdossa ei havaittu vaurioita. Haarautuva DN 200 linja kuvattiin noin 40 metrin matkalta. Eristeitä oli tippunut monessa kohdin linjaa sekä kanavan pohjalla oli paljon maa-ainesta.

4.2.10 Kaivo K1

K1 ilmanpoisto-, sulku- ja tyhjennyskaivo sijaitsee Kauppakadun ja Pohjolankadun risteyksessä (kuva 18). Kaivossa betonielementtikanava DN 300/Emv muuttuu aikaisemmin saneeratuksi DN 300/2Mpk kanavaksi. Kaivossa rungosta haaroittuu DN 150/Emv kanava Kauppakadun suunnassa kohti Karjalankatua. Betonielementtirunkolinjaa kuvattiin noin 35 metriä. Kaivon sisällä eristyksiä oli tippunut putkista. Uretaanikourueristeiden havaittiin repsottavan osassa kohtaa kanavaa. Eristeen päältä löytyi valumajälkiä, joka voi viitata betonielementtisauman vuotoon jossain vaiheessa; kanavassa ei kuitenkaan havaittu kosteutta.



KUVA 18. Kaivot K3 ja K1 (Savon Voima, kartat)

4.3 Kuntotutkimuksen tulokset

Betonielementtikanava on suurimmalta osalta katsottuna toimintakuntoinen. Tutkimuksen aikana tehtyjen havaintojen perusteella kanavistossa huomattiin lämpöeristeiden irtoamista. Etenkin polyuretaanikourulla eristetyissä putkissa; myös mineraalivillaa on pudonnut osittain. Eristeiden vanhentuminen ja tippuminen on lisännyt lämpöhäviöiden määrää. Osassa kohtaa linjaa ulkopuolinen vesi on tulvinut kanavistoon kaivojen kansien kautta sekä sadevesijärjestelmään johtavien vedenpoistoputkien kautta. Veden mukana kaivoihin on päässyt myös maa-ainesta, joka on johtanut kaivojen vedenpoistoputkien tukkeutumiseen. Myös kanaviston pohjalla havaittiin monessa kohtaa maa-ainesta, joka on päätyntä sinne osittain jo rakennusvaiheessa. Virtausputkiston vuodon yhteydessä maa-aines saattaa lähteä liikkeelle kohti vedenpoistojärjestelmää ja tukkia sen. Kanaviston tuuletuksessa on ollut puutteita, mikä on aiheuttanut veden tiivistymistä kaivon kansiin. Tiivistymisen seurauksena vettä on tippunut suojaamattomille venttiileille ja putkille ruostuttaen niitä. Pahin ongelmakohta on betonielementtien saumojen tiiveyden pettäminen. Ongelmallista tämä on niissä osissa kanavistoa, missä eristyksen päällä ei ole huopaa suojana tippuvalta vedeltä.

Kaivosta K55 voimalaitokselle päin löytynyt kosteus ja märkä maa-aines viittaa veden pääsyyn kyseiselle osalle kanavaa. Tutkimushetkellä vesi tippui eristeiden päälle. Eristeiden päällä ei ole vedenpitävää suojaa, joten voidaan olettaa veden päässeen ruostuttamaan virtausputkia. Tältä osalta elementtikanava on kaivettava auki, jotta päästään tutkimaan virtausputkiston kunto. Kun tiedetään virtausputkiston kunto, tehdään toimintasuunnitelma vauriokohdan korjaukselle. Jos putkiston kunto todetaan hyväksi, korjataan pelkästään elementtien saumakohdat. Mikäli virtausputkistossa on vaurioita, mutta vauriot eivät yletä laajalle alalle, voidaan vaihtaa osa virtausputkea, eristyksiä sekä korjata betonielementin saumakohdat. Jos vauriot yltävät laajemmalle alalle, on syytä harkita linjan muuttamista 2Mpuk kanavaksi sopivalta matkalta. Taulukossa 1 ja 2 on eritelty kuvauksien löydöt ja havainnot.

TAUKUKKO 1. Kanavan kuvaukset Pohjolankadulla.

Kaivo	Kuvaus voimalaitoksen suuntaan	Kuvaus keskustan suuntaan	Muu huomio
K55	Kuvattu 10 m virtausputkien päältä. Koko matkalla kosteutta kanavan katossa. Eristeenä uretaanikouru ilman huopaa.	Kuvattu 36 m kanavan pohjalta. Eristeenä mineraalivilla, jonka päällä huopa. Kanavan pohjalla havaittiin hieman maa-ainesta.	Voimalaitoksen suunnasta vesi pääsee kanavaan betonielementin saumoista. Uretaanieristeiden välistä vesi pääsee virtausputkiin. Voimalaitoksen suunnassa Kanavan pohjalla kerääntynyt kosteaa maa-ainesta; ei voitu kuvata kanavan pohjalta.
K54	Kuvattu 35 m. Eristeenä mineraalivilla ja huopa. 29 metriä kaivosta löytyi maa-aines- ja kivikasa; pohjalla maa-ainesta. 17 m kaivosta mineraalivillaa tippunut. Paljetasainten kohdalla villa tippunut. Kuvattu kanavan pohjalta.	Kuvattu 35 m. Eriteenä mineraalivillakouru ilman huopaa. eristeen saumat aukeilleet. Kuvattu virtausputkien päältä. 14 m kaivosta havaittu kosteutta betonielementin saumakohdassa.	Kaivossa runkoputken koko muuttuu DN 300 kokoon keskustaan päin.
K30	Kuvattu 3 m virtausputkien päältä ja 35 metriä alta. 2 metriä Elementin katossa havaittiin kosteutta. Eristeenä mineraalivilla ja ohut muovi sekä osittain uretaanikouru. 27 metriä kaivosta eristeitä tippunut.	Kuvattu 10 m virtausputkien alta ja 35 m päältä. Pohjalla kiviä ja maa-ainetta. Kameraa ei saatu pidemmälle. Eristeenä mineraalivillaeriste. 26 metriä kaivosta kosteutta kanavan katossa.	Kaivon pohjalla oli 5 cm mutaa ja vettä, koska purkuputki ei toiminut. Kaivo on puhdistettu tutkimuksen yhteydessä.
K23	Kuvattu 30 m kanavan pohjalta. Eristeenä mineraalivilla, joka on osittain tippunut ja saumat auenneet monesta kohtaa. Pohjalle kertynyt paljon maa-ainesta. Vesi on noussut joskus kanavaan kaivon kautta.	Kuvattu noin 6 m kanavan pohjalta. Maa-ainesta pohjalla. Eristeenä uretaanikouru.	Kaivon kansien 4 (kpl) tiivisteet on rikki. Kaivon pohjalle oli kertynyt vettä, koska padotudventtiili oli jumissa. Kaivon sähköinen tuuletin ei toiminut ja kosteutta oli päässyt kertymään kaivon kattoon. Tuuletin korjattiin tutkimuksen aikana.
K22	Kuvattu 13 m virtausputkien päältä. Uretaanieriste, jonka saumat aukeilleet.	Ei kuvattu. Eristeenä villa, jonka päällä kamera ei kulkenut.	Ilmauskaivo, jossa ilmausventtiilit ovat syöpyneet päältä.
K3	Kuvattu 33 m kanavan pohjalta. Eristeenä uretaanikouru ja mineraalivilla. Uretaanikourujen saumat aukeilleet.	Kuvattu 32 m kanavan pohjalta. Uretaanikourut aukeilleet.	Kaivon kautta kuvattiin 40 m DN 200 haaroituskanavaa, jonka pohjalla paljon maa-ainesta.
K1	Kuvattu 35 m kanavan pohjalta. Uretaanieristeiden saumoissa aukeilua. Mahdollinen betonielementin saumavuoro lähellä kaivoa.	Muuttuu 2Mpuk kanavaksi.	Kaivossa eristeitä tippunut.

Kaivoväleillä K54 - K30 sekä K30 - K23 betonielementin katossa havaittujen mahdollisten saumavuotojen osalta voidaan harkita kanavan aukaisua ja kunnon tarkastusta. Kuvauksen perusteella eristykset näyttivät kuivilta kyseisillä kohdilla. Kanavassa havaittu kosteus on vähäistä ja luultavasti johtuu kaivon K23 kanavapuhaltimen toimimattomuudesta. Kanavan tuuletuksen puuttuminen on aiheuttanut tällä osalla veden tiivistymistä myös kaivon K23 katossa. Kaivojen K23 ja K30 kansien tiivisteet täytyy vaihtaa sadeveden valumisen estämiseksi kansien kautta. Kaivoissa olevat sulku-, ilmaus- ja tyhjennysventtiilit täytyy suojata huovalla sadeveden tippumiselta kaivojen kansista.

Kuvausten yhteydessä K23 kaivon kanavatuuletin korjattiin, sekä K23 ja K30 poistoputkien tukokset avattiin. Myös kaivojen pohjalla ollut vesi ja muta poistettiin. Tulevaisuudessa kaivojen tarkastuksia tulee tehdä useammin poisto- ja tuuletusputkien toiminnan varmistamiseksi. Kaivon K23 kanavatuuletin tulee tarkastaa säännöllisesti. Tuuletin on asennettu 20 vuotta sitten, joten sen toimintaikä saattaa olla lopussa.

TAULUKKO 2. Kanavan kuvaukset Kankaankadulla.

Kaivo	Kuvaus voimalaitoksen suuntaan	Kuvaus keskustan suuntaan	Muu huomio
K66	Ei kuvattu.	Ei kuvattu.	Kaivoväli K66 - K64 on pitkä. Kaivovälille suositellaan lämökamerakuvausta sopivissa olosuhteissa. Kaivossa voimalaitokselta tuleva 2Mpuk runko muuttuu betonielementiksi.
K265	Ei kuvattu.	Ei kuvattu.	Haaroitusta varten tehty pieni sulkukaivo.
K64	Kuvattu 35 m. Kanavan pohjalla maa-ainesta. Uretaanikourujen saumat aukeilleet ja kiristyspantoja irronnut.	Kuvattu 35 m. Kanavan pohjalla koko matkalla maa-ainesta. Uretaanikourut aukeilleet.	
K277	Kuvattu kanavan pohjalta 26 m. Kanavan pohjalla maa-ainesta. Uretaanieristekourujen kiristyspantoja irronnut.	Kuvattu koko kaivoväli 4 m kaivolta K135. Kuvaus virtausputkien päältä	
K135	Kuvattu koko kaivoväli 4 m kaivolta K277.	Ei kuvattu.	Pieni haaroitus- ja ilmanpoistokaivo.

5 KUSTANNUSARVIO

5.1 Lähtötiedot

Kustannusarviossa selvitetään betonielementtikanavan saneeraamisesta syntyviä kustannuksia. Betonielementtikanava on vielä toimintakunnossa, eikä koko kanaviston saneeraustarpeelle ole välitöntä tarvetta. Käyttöikä tulee kuitenkin vastaan jossain vaiheessa ja siihen on hyvä varautua suuntaa antavalla kustannusarviolla. Rakentamisen kustannukset on jaoteltu sopiville kaivoväleille. Kaivoväleittäin saneeraamalla voidaan kustannuksia jakaa pitemmälle ajalle ja saneerata linjaa vaiheittain.

Kanaviston saneeraaminen on järkevin tehdä uudella kiinnivaahdotetulla putkijärjestelmällä. Kiinnivaahdotetulla kanavalla saadaan hyvä suoja ulkopuoliselta kosteudelta. Samalla voidaan poistaa betonista valmistetut miehistökaivot ja korvata ne kiinnivaahdotetuilla ilmaus-, tyhjennys- ja sulkuventtiileillä, joiden käyttö voidaan hoitaa maan päältä. Lisäksi uudella eristeellä saadaan pienemmät lämpöhäviöt.

5.2 Kustannuksien muodostuminen

Arviossa käytetään maanrakennustyöstä, putkityöstä ja materiaaleista muodostuvaa kokonaishintaa metriä kohden. Kustannusarviossa ei ole otettu huomioon työnvalvonta- ja suunnittelukustannuksia. Suurin osa kokonaiskustannuksista muodostuu maanrakennustyön hinnasta, joka on myös vaikein

arvioitava kustannus. Putkitöiden kustannukset voidaan arvioida melko tarkasti käyttämällä Savon Voiman hallussa olevia tietoja putkityön yksikkökustannuksista. Myös materiaalikustannukset voidaan arvioida tarvittavien putkimetriä ja elementtiosien määrän ja hintatietojen perusteella.

5.2.1 Maanrakennustyö

Kaivutyön yksikköhintoja voidaan käyttää arvioitaessa ainoastaan uuden linjan rakentamisesta syntyviä kustannuksia. Uutta runkolinjaa ei voida rakentaa vaihtoehtoisia reittejä pitkin, eikä sitä voida kaivaa vanhan kanavan viereen muun kunnallistekniikan ollessa tiellä. Maanrakennuksen kustannukseen täytyy lisätä kanavan purkutyöstä ja jätteenkäsittelystä syntyvät kustannukset. Kanavan purkutyöhön sisältyy betonielementtikanava kansiensa poisto, virtausputkiston eristysten purku, virtausputkiston polttoleikkaus sekä alaelementin sidontarautojen polttoleikkaus, alaelementin poisto sekä jätteiden kuljetus. Jätteiden kuljetuksessa täytyy olla käytössä nosturilla varustettu kuorma-auto, jätteen loppusijoituspaikkaan kuljetusta varten. Työmaan tilanpuutteen vuoksi jätteitä täytyy kuljettaa pois työmaalta sitä mukaa, kun jätettä syntyy. Purkutyössä käytetään apuna kaivuria, jolla betonielementin kansi- ja alaelementit irrotetaan toisistaan. Elementit saattavat olla tiukasti kiinni bitumisaumauksista, jolloin pelkästään kuorma-auton nosturi ei jaksa nostaa elementtejä. Teräspannut täytyy polttoleikata alle kuuden metrin pituisiksi, jotta ne mahtuvat sopivasti kuorma-auton lavalle. Putkiston polttoleikkaustyössä tarvitaan vähintään kaksi miestä ja purkutyöhön vaadittavat työkalut.

Kaivutyön kustannuksia arvioitaessa on otettava huomioon myös kanaviston sijainti. Kanavisto kulkee suurimmalta osalta vilkkaalla keskuskadulla, joka aiheuttaa kustannuksia liikennejärjestelyjen osalta. Liikenteen vuoksi voidaan joutua sulkemaan tiet kaivupaikoilta. Kaivutöitä joudutaan tekemään yöaikoina, jos liikennettä ei voida ohjata vaihtoehtoisia reittejä pitkin. Etenkin risteysalueilla tehtävät kaivutyöt ovat haastavia. Risteyksissä sijaitsevat betonikaivot tarvitsevat isot kaivannot, jotta niiden ympärillä työskentely on mahdollista. Myös uusien haaroitusten teko kaivojen läheisyydessä kasvattaa kaivannon kokoa.

Vanha betonielementtikanava ja uusi kiinnivaahdotettu linja yhdistetään kaivoissa tai välittömästi kaivon viereen. Yhdistettäessä putkisto kaivossa, joudutaan betonikaivo purkamaan osittain ja valamaan uudestaan. Uusia betonikaivoja joudutaan valamaan lisäksi haaroitusten muutoksissa, mikäli runkoputkisto uusitaan ja haarautuva kanavatyyppi jää vanhaksi Mpul- tai betonielementtikanavaksi. Betonikaivoissa tehtävien töiden turvallisuuden ja työtilojen varmistamiseksi, joudutaan kaivojen betoniset kannet poistamaan töiden ajaksi. Mikäli kaivon yli jatketaan kiinnivaahdotetulla elementillä, kaivosta sahataan vain putkien tarvitsemat aukot ja loput betoniosat voidaan jättää purkamatta. Iisalmen kaupunki saattaa vaatia vanhojen betonijätteiden poistamista, jolloin kaivot täytyy poistaa. Isojen betonikaivojen nostoon tarvitaan järeitä nostureita. Nosturi vaatii paljon tilaa työskentelyyn ja ahtaissa risteyksissä joudutaan luultavimmin kadut sulkemaan nostotöiden ajaksi. Nostotyöt suoritetaan samaan aikaan uuden linjan yhdistystöiden kanssa.

5.2.2 Putkityö

Putkityön yhteydessä syntyy vähän yllättäviä kustannuksia. Putkityön urakka perustuu yksikköhintoihin, jossa jokaiselle putkiosalle, putkimetrille ja jatkostyölle on yksikköhinta. Tässä työssä yksiköt

arvioidaan vain suuntaa antavasti. Tarkempien suunnitelmien myötä voidaan arvioida putkityön kustannuksia tarkemmin, kun tiedetään tarvittavien putkiosien määrä. Näin putkityön kustannukset saadaan laskettua melko tarkasti.

Putkityön osalta joudutaan tekemään yhdistyksiä ja vanhan linjan tulppauksia. Näissä töissä joudutaan kaukolämmön jakelu keskeyttämään joksikin aikaa. Keskeytysten aikana joudutaan tekemään linjan tyhjennys- ja täyttötöitä. Keskeytystöiden määrään vaikuttaa kaivoväleillä olevien haaroitusten lämmönjakelun järjestäminen ja uuden ja vanhan linjan yhdistäminen. Väliaikaisia putkilinjoja voidaan joutua tekemään haarautuville kanaville ja taloliittymille.

5.3 Kustannusarvion tulokset

Kustannuslaskentaan tarvittiin tiedot saneerattavista metrimääristä ja arvio kokonaiskustannukselle. Koska runkokanava on tarkoitus rakentaa vanhan kanavan tilalle, metrimäärän arviossa voitiin käyttää apuna vanhan kanaviston pituutta. Haaroitettavien putkiosuuksien metrihintoina käytettiin Energiategollisuus Ry:n tilastoimia keskimääräisiä kokonaiskustannuksia 2Mpuk kanavalle vuodelta 2019. Kokonaiskustannuksen metrihinta DN 400 ja DN 300 runkokanavalle arvioitiin käyttämällä Savon Voiman yksikköhintatietoja ja arviota purkutyön hinnasta (taulukko 3).

Elementtiputken metrihinnassa on mukana elementtiputken materiaalikulmuksen kanavametrille ja asennushinta metriä kohden. Elementtikulma / käyrä sisältää suunnanmuutoksiin tarvittavien teräskäyrien ja elementtikulmien hinnan kappaleelta asennustöineen. Hinta on molemmilla tavoilla tehtynä suurin piirtein sama, joten hintana käytetään elementtikulman hintaa. Teräskäyriä tarvitaan pienissä suunnanmuutoksissa ja yhdistettäessä 2Mpuk kanava betonielementtikanavaan. Uuden ja vanhan kanavan putkiväli ei ole sama, johtuen rakennetyyppien eroista ja 2Mpuk putkien eristystyön vaatimasta asennusvälistä toisiinsa nähden. Maaventtiilin ja asennuksen kustannukseen sisältyy materiaali ja asennustyön hinta. Haaraelementin hinnassa on mukana materiaali ja asennuskustannus per haaraelementti. Haaroitukset voidaan ottaa myös suoraan runkoputkesta paikallahaaroitusyhteellä. Hinta on suurin piirtein sama molemmilla tavoilla toteutettuna, koska paikallahaaroitus vaatii muovihitsattavan esivalmisteosan. Jatkostyön kustannuksessa on mukana hitsaus- ja eristystyön kustannus. Jatkoksien määrä on arvioitu jakamalla kaivovälin kokonaiskanavametri 12 metrillä, joka on tyypillinen elementtiputken pituus. 12 metrin matkalle lasketaan 2 jatkosta. Jatkoksia tulee jokaiselle elementtikulmalle, käyrälle, haaroitukselle ja maaventtiilille. Yhdistyskohdissa putkia joudutaan asentamaan kahden putken väliin, jolloin saumalle tulee kaksinkertainen hinta. Eristyksen hinta lasketaan myös kaksinkertaisena yhdistyskohdissa, koska suunnanmuutoksiin tarvittavat muovihitsattavat kulmat nostavat eristystyön hintaa. Maanrakennuksen hintaan on lisätty katualueella tapahtuvan kaivutyön hinta sekä lisäkaivutyön hinta, joka tulee betonielementtiarkun purkamiseen tarvittavan tilan kaivamisesta.

Isompien betonikaivojen vaatimille työ- ja materiaalikulmuksille arviottiin 50 000 € per kaivo. Arvio perustuu saman tyyppisistä kohteista saatuihin kustannuksiin. Kaivon kustannukseen sisältyy maanrakennustyö, kaivonpurkutyö sekä käyttökeskeytysten ja tulppausten kustannus. Työn hintaan sisäl-

tyy myös pienempien ilmaus ja haaroituskaivojen purkutyöt sekä uudet muutoskaivot. Työn kustannus saattaa jäädä todellisuudessa pienemmäksi tai olla suurempi, riippuen siitä onko kaivo vilkkaalla risteysalueella vai ei, ja siitä, täytyykö kaivo poistaa vai voiko sen jättää osittain purettuna maahan.

Vanhan betonielementtikanava purkutöistä syntyvät kustannukset arviotiin purkutyöstä syntyvien tuntimäärien perusteella ja purkujätteen kierrätyksestä syntyvien kustannusten perusteella. Kierrätysmaksullista purkujätettä syntyy enimmäkseen betonielementeistä, joiden kierrätysmaksu Iisalmen kierrätyskeskuksella on 30 €/t. Vanhana runkoelementtinä käytetyn E50 DN 400 Betonielementin paino ilman virtausputkia on 0,6 t/m ja E30 DN 300 0,3 t/m. Jätteenkäsittelymaksuksi DN 400 elementille saadaan 18 €/m ja DN 300 elementille 9 €/m. Betonijätteet voidaan käsitellä myös Iisalmen voimalaitoksen pihalla, jossa se murskataan urakoitsijan toimesta. Murskaustyölle ei tässä yhteydessä ole hinta-arviota, joten kustannusarviossa käytetään kierrätysmaksun hintaa. Betonielementtien purkutyön kustannusarvioon tarvitaan kaivinkoneen 80 €, nosturikuorma-auton 100 € sekä kahden ammattimiehen 45 € tuntihinta. Yhteiseksi tuntihinnaksi saatiin 270 €/h ja purkutyön nopeudeksi arviotiin 100 m/40h, josta saatiin purkutyön metrihintaa 108 €/m. Purkutyön kustannukseksi saadaan jätemaksuineen DN 400 betonielementille 126 €/m ja DN 300 betonielementille 117 €/m.

TAULUKKO 3. Yksikköhinnat DN 400 ja DN 300 kanaville.

Yksikkö	DN 400	DN 300
Elementtiputki	370 €	240 €
Elementtikulma / käyrä	995 €	640 €
Maaventtiili	7 145 €	3 300 €
Haaraosa	845 €	600 €
Jatkostyo	440 €	310 €
Purkutyö	126 €	117 €
Maanrakennus + lisäkaivu	270 €	150 €

Rungosta lähtevien haaroitusten kustannuksia arvioitaessa käytettiin kokonaisuudessaan 2Mpuk rakenteen mukaisia keskimääräisiä kokonaiskustannuksia (taulukko 4), vaikka osa pienemmistä haaroitusjohdoista todellisuudessa rakennetaan Mpuk rakenteella rungosta haarautumisen jälkeen. Haaroitusputkien metrimääriä oli haasteellista arvioida tarkasti. Vilkkaille risteysalueille ei ole järkevää jättää vanhoja haaroitusputkia, vaan ne kannattaa uusia rauhallisempaan kohtaan. Metrimäärät perustuvat arvioon uusittavan putken määrästä ja kiinnivaahdotettujen haaroitusten vaatimaan lämpöliikkeen kompensointikulmien määrään. Tarkemmilla suunnitelmissa saadaan haaroitusten kustannukset selvitettyä paremmin.

TAULUKKO 4. Haaroitusputkien kokonaiskustannuksen metrihinnat ja kustannukset putkimetreittäin.

DN	Kokonaisrakennuskustannus €/m	Pituus m	kustannus yhteensä
40	209 €	140	29 260 €
50	217 €	70	15 190 €
65	206 €	30	6 180 €
80	275 €	100	27 500 €
100	266 €	20	5 320 €
125	315 €	60	18 900 €
150	297 €	100	29 700 €
200	485 €	50	24 250 €
300	Joka kaivovälillä eri	592	637 904 €
400	Joka kaivovälillä eri	876	966 896 €

Kustannuksia arviottiin järjestyksessä kaivoväleittäin alkaen kaivolta K66 (Liite 1). Kustannuksessa on otettu huomioon ensimmäisen betonikaivon haaroitusten muuttaminen kiinnivaahdotetuksi sekä kaivon vaatimat työt. Jos päädytään saneeraamaan kanava joltain väliltä tai kaivolta K1 päin, täytyy kaivovälin haaroitusten kustannuksia arvioida erikseen. Välillä K3 – K1 kustannuksessa on mukana molempien kaivojen vaatimat työt. Kiinnivaahdotetulla kanavarakenteella uusittavan betonielementtikanavan kokonaiskustannusarvioksi saatiin 1 761 100 €. Taulukossa 5 on eritelty kaivovälien kokonaiskustannukset.

TAULUKKO 5. Kustannukset laskettuna kaivoväleille.

Kaivoväli	Runkoputki	Haaroitukset	yhteensä
K66 - K64	413 444 €	8 520 €	421 964 €
K64 - K55	192 632 €	44 380 €	237 012 €
K55 - K54	360 820 €	18 780 €	379 600 €
K54 - K30	103 400 €	- €	103 400 €
K30 - K23	155 498 €	12 730 €	168 228 €
K23 - K3	191 580 €	15 770 €	207 350 €
K3 - K1	187 426 €	56 120 €	243 546 €
Yhteensä	1 604 800 €	156 300 €	1 761 100 €

6 KANNATTAVUUS

Investoinnin kannattavuutta tarkastellessa on otettava huomioon linjan tärkeys koko Iisalmen kaukolämmön jakelun kannalta. Mikäli kaukolämpöä halutaan jatkossa toimittaa kaupunkiin, linja joudutaan väistämättä saneeraamaan tulevaisuudessa. Saneerauksen viivyttäminen lisää riskiä vaurioille, joiden korjaaminen on kallista. Myös lämpöhäviöt kasvavat kanaviston vanhetessa.

Taulukossa 6 on laskettu lämpöhäviöt 16 % lisäyksellä normaaliin eristeen vanhenemiseen verrattuna, josta vuotuisesti lämpöhäviötehon säästöksi saadaan 95 762 €. Taulukossa 7 lämpöhäviö on laskettu 40 % lisäyksellä, jolloin häviötehon säästöksi saadaan 120 429 € vuodessa.

TAULUKKO 7. Lämpöhäviötehon säästö 40 % lämpöhäviötehon lisäyksellä.

DN	Lämpöhäviöteho betonielementti W/m	Lämpöhäviöteho 2Mpuk W/m	Lämpöhäviötehon säästö W/m	Vuosisäästö, lämpöhäviöt MWh/m	Vuosisäästö, lämpöhäviöt €/m	Vuosisäästö koko linjan uusimiselle €
300	196	35,6	160,4	1,41	72	42 914 €
400	231	35,2	195,8	1,72	88	77 515 €
						120 429 €

6.2 Takaisinmaksuaika

Takaisinmaksuaikaa selvittäessä otetaan huomioon lämpöhäviösäästö, joka saadaan kiinnivaahdotetulla kaukolämpöputkella. Muita säästöjä, kuten esimerkiksi käyttö ja kunnossapitokustannusten, tuotantokustannusten ja pumppauskustannusten pienenemistä ei huomioida takaisinmaksuaikalaskennassa. Takaisinmaksuaika lasketaan molemmilla lämpöhäviölaskennasta saadulla vuosisäästöllä vertailun vuoksi. Takaisinmaksuaikaa tarkastellaan koko investoinnin osalta sekä kaivoväleittäin. Todellisuudessa rakennuskustannukset jakaantuvat useammalle vuodelle, koska linjaa ei voida saneerata yhden vuoden aikana, jolloin maksuaika alkaa saneerattavilla osuuksilla eri aikoina. Liitteessä 2 on eritelty takaisinmaksuajat ja sisäiset korot kaivoväleille. Excel ei pystynyt laskemaan korollista takaisinmaksuaikaa jokaisessa tapauksessa. Tällöin korkoa pienennettiin niin paljon, että saatiin tulos. Tuloksena näissä tapauksissa korolliset takaisinmaksuajat olivat yli 60 vuotta.

6.2.1 Takaisinmaksuajan laskentamenetelmät

Laskennassa käytetään Excel -taulukkolaskentaohjelman kaavoja. Takaisinmaksuaika lasketaan korottomalla takaisinmaksuajalla ja korollisella takaisinmaksuajalla. Korollinen takaisinmaksuaika lasketaan 3 %:n ja 5 %:n korolla (taulukko 8). Lisäksi lasketaan investoinnin sisäinen korko 30:n ja 50:n vuoden pitoajalla (taulukko 9). Sisäistä korkoa verrataan tuottovaatimukseen eli korkoon. Sisäisen koron ollessa suurempi kuin investoinnin tuottovaatimus, on investointi kannattava (Järvenpää ym. 2017, 384).

Koroton takaisinmaksuaika saadaan jakamalla runkoputkiston investointi lämpöhäviöistä saadulla säästöllä. Korollinen takaisinmaksuaika saadaan Excelin kaavalla NJAKSO(korko; erä; nykyarvo), jossa

$$\text{korko} = n \%,$$

$$\text{erä} = \text{lämpöhäviöstä saatu säästö},$$

$$\text{nykyarvo} = -1\,761\,100 \text{ €}.$$

Sisäinen korko lasketaan Excelin kaavalla SISÄINEN.KORKO(nettokassavirrat 1:2), jossa

$$\text{nettokassavirta 1} = -1\,761\,100 \text{ €},$$

$$\text{nettokassavirta 2} = \text{lämpöhäviösäästö } n \text{ vuoden pitoajalla}.$$

6.2.2 Kannattavuuslaskennan tulokset

TAULUKKO 8. Takaisinmaksuajat koko investoinnin osalta

Vuosisäästöt €	Rakennuskustannus, €	Koroton takaisinmaksuaika, vuotta	Korollinen takaisinmaksuaika 3 % korolla, vuotta	Korollinen takaisinmaksuaika 5 % korolla, vuotta
95 762 €	1 761 100 €	18	27	52
120 429 €	1 761 100 €	15	20	27

Takaisinmaksuajan arvio on suuntaa antava. Arvio perustuu oletuksiin betonielementtikanan lämpöhäviöstä, korkokehityksestä ja investoinnin määrästä. Arvioon vaikuttaa myös häviöenergian hinta. Kanaviston kuntoarvion ja laskennassa käytettyjen oletusarvojen perusteella voidaan olettaa lämpöhäviötehon vuosisäästön olevan lähellä 95 762 €. Näin ollen koroton takaisinmaksuaika on 18 vuotta ja korollinen takaisinmaksuaika 3 % korolla laskettuna 27 vuotta. 5 % korolla takaisinmaksuaika kasvaa 52 vuoteen, mikä kertoo korkokannan suuresta vaikutuksesta takaisinmaksuaikaan. Pelkästään takaisinmaksuajan perusteella investointia ei voi pitää kannattavana.

TAULUKKO 9. Koko investoinnin sisäiset korot 30:n ja 50:n vuoden pitoajoilla laskettuna.

Vuosisäästöt €	Rakennuskustannus, €	Sisäinen korko 30 vuoden pitoajalla, %	Sisäinen korko 50 vuoden pitoajalla, %
95 762 €	1 761 100 €	4 %	5 %
120 429 €	1 761 100 €	5 %	7 %

Sisäisen koron tarkastelussa, pitoajalla 30 vuotta ja 95 762 € vuosisäästöllä saadaan sisäiseksi korkoksi 4 %. Laskennassa käytetyllä tuottovaatimuksella 3 % investointia on teoriassa kannattavaa. Suuremmalla lämpöhäviötehon vuosisäästöllä laskettu sisäinen korko on 5 %, joka on myös kannattavaa. Mikäli tuottovaatimus on 5 % ei investointi ole kannattava. Sisäinen korko laskettiin myös 50 vuoden pitoajalla, josta sisäiseksi korkoksi saatiin pienemmällä lämpöhäviötehon säästöllä 5 % ja suuremmalla 7 %. Mikäli vuosisäästöt olisivat 120 429 € ja tuottovaatimus 3 %, sisäisen koron näkökannalta investointi olisi kannattava 30 vuoden pitoajalla. 5 % tuottovaatimuksella päästäisiin nol-latulokseen. Tuloksesta voidaan päätellä, ettei sisäinen korko edullisimmassa tapauksessakaan ole tuottovaatimukseen nähden kovinkaan hyvä.

Pelkästään lämpöhäviötehosta saatavan säästön perusteella ei verkon uusiminen ole kannattavaa. Vaikka vanha linja aiheuttaa lämpöhäviöitä, ei linjaa kannata alkaa saneeraamaan ennen kuin tekninen käyttöikä tulee loppuun. Tämän kaltaista investointia voidaan pitää ns. välttämättömyysinvestointina, jonka avulla nykyistä liiketoimintaa pyritään pitämään yllä. Kannattavuutta ei voi arvioida tässä tapauksessa ainoastaan lukujen perusteella. Kaukolämmön toimintavarmuuden näkökulmasta ei ole järkevää odottaa perusparannustoimien aloitusta siinä vaiheessa, kun vaurioita alkaa esiintyä samassa kanavistossa useasti. Tämä näkyy korjauskustannuksissa ja asiakkaille huonona maineena.

Kaukolämmön luotettavuus on tärkeää uusien asiakkaiden vertaillessa vaihtoehtoisia lämmitysmuotoja. Myös vanhat asiakkaat saattavat harkita lämmitysmuodon vaihtamista johonkin toiseen.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Kuntotutkimuksesta saadut tulokset osoittivat kyseisen betonielementtikanavan olevan melko hyvässä kunnossa. Havaittujen vauriokohtien osalta joudutaan tekemään joitakin korjauksia, mutta laajemmat saneeraustoimet eivät ole kiireellisiä. Tutkimusmenetelmänä käytetyn kuvaustekniikan avulla päästiin näkemään linjan kunto vain osittain. Videokuvaus antoi silti riittävän tiedon kanaviston yleiskunnosta. Kanava täytyy uudistaa tulevaisuudessa ja suunnitelmia saneeraukselle on hyvä alkaa tehdä jo tässä vaiheessa. Linjan kuntoa on hyvä tarkkailla, jotta yllättäviltä vuotovaurioilta vältytään. Vuotojen korjauskustannukset saattavat muodostua tämän kokoluokan kanavissa suuriksi. Saneeraus täytyy tehdä lämmityskauden ulkopuolisena aikana, jolloin lämmitystehontarve on pieni. Näin voidaan runkoputkisto katkaista saneerattavalta väliltä ja lämmönjako kierrättää pienempien linjojen kautta.

Saneerauskustannus on suuntaa antava ja perustuu arvioon tämäntyyppisistä rakennuskohteista. Kustannuksissa on epävarmuustekijöitä etenkin maanrakennus- ja purkutyön osalta. Tarkempien suunnitelmien perusteella voidaan pyytää tarjoukset urakoitsijoilta ja saada parempi tieto kustannuksista. Saneeraamalla kaivoväli kerrallaan esim. ensimmäinen kaivoväli yhden vuoden aikana, voidaan käyttää ensimmäisen kaivovälin saneerauksessa saatuja kokemuksia ja kustannuksia seuraavien kaivovälien kustannusarvioissa.

Kustannuslaskennan lisäksi oli hyvä selvittää uudella kanavatyyppillä saatavat säästöt. Betonielementtikanavan lämpöhäviöiden ollessa yli neljä kertaa isommat uuteen kiinnivaahdotettuun verrattuna, oli järkevää tutkia investoinnin takaisinmaksuaikaa ja kannattavuutta investoinnin kustannusten ja lämpöhäviön säästön avulla. Tulosten perusteella kanavan saneeraukseen ryhdyttäessä, on järkevää suorittaa saneeraus mahdollisimman nopeassa aikataulussa, jolloin saadaan paras takaisinmaksuaika. Takaisinmaksuaikaa voidaan lyhentää myös rakentamiskustannuksia pienentämällä tai nostamalla myytävän lämpöenergian hintaa. Etenkin on otettava huomioon mahdolliset muut katusaneeraustoimet Kankaankadulla ja Pohjolankadulla, joiden yhteydessä kanava on järkevin uusia. Myös korolla on oleellinen vaikutus takaisinmaksu-aikaan. Sisäisellä korolla voidaan arvioida investoinnin kannattavuutta. Sisäiseen korkoon vaikuttaa edellä mainitut tekijät ja investoinnin pitoaika. Kaukolämpöverkon käyttöikä on usein yli 50 vuotta. Tarkastelun kohteena ollut betonielementtikanava oli tarkasteluhetkellä noin 40 vuotta vanha ja vielä toimintakuntoinen. Uudella kiinnivaahdotetulla kanavarakenteella päästään oletettavasti yli 50 vuoden käyttöikään. Kaukolämpöverkon investoinnit ovat pitkän ajan investointeja, joiden kannattavuuden arvioissa täytyy ottaa huomioon eri asioita, kuten esimerkiksi toiminnan jatkuvuus, kilpailukyky ja tuotantolaitosten kannattavuuden riippuvuus toimivan kaukolämpöverkon olemassaolosta.

LÄHTEET

Energiateollisuus. 2013. Kaukolämpöjohtojen suunnittelu- ja rakentamisohjeet. Suositus L11/2013. Saatavissa: https://energia.fi/uutishuone/materiaalipankki/suositus_l11_2013_kaukolampojohtojen_suunnittelu-ja_rakentamisohjeet_paivitetty_30.1.2018.html. Viitattu: 30.3.2021.

Energiateollisuus. 2016a. Kaukolämpöverkon suunnitelmallinen perusparantaminen. Suositus L7/2016. Saatavissa: https://energia.fi/uutishuone/materiaalipankki/suositus_l7_2016_kaukolampoverkon_suunnitelmallinen_perusparantaminen.html. Viitattu: 30.3.2021.

Energiateollisuus. 2016b. Verkon saneerauksen ja uudisrakentamisen energia- ja kustannustehokkuus laskentatyökalu. 2016. Saatavilla: https://energia.fi/uutishuone/materiaalipankki/verkon_saneerauksen_ja_uudisrakentamisen_ja_perusparantamisen_energia-ja_kustannustehokkuustarkasteluja_varten.html. Viitattu: 30.3.2021.

Energiateollisuus. 2018. Kaukolämmön kunnossapito. Suositus KK2/2018. Saatavissa: https://energia.fi/uutishuone/materiaalipankki/suositus_kk2_2018_kaukolampoverkon_kunnossapito.html. Viitattu: 30.3.2021.

Energiateollisuus. 2019. Maanalaisten kiinnivaahdotettujen kaukolämpöjohtojen rakentamiskustannukset 2019. Saatavissa: https://energia.fi/uutishuone/materiaalipankki/kaukolampojohtojen_rakentamiskustannukset.html. Viitattu: 30.3.2021.

Järvenpää, M., Länsiluoto, A., Partanen, V., Pellinen, J. 2017. Talousohjaus ja kustannuslaskenta. Helsinki: Sanopa Pro Oy.

Koskelainen, L., Saarela, R., Sipilä, K., Nuorkivi, A. 2006. Kaukolämmön käsikirja. Helsinki: Energiateollisuus.

Logstor Finland Oy. 2015. Kaukolämpö käsikirja 2015. Saatavissa: <https://www.logstor.com/media/5033/kaukol%C3%A9mp%C3%B4k%C3%A9sikirja-2015.pdf>. Viitattu: 24.3.2021.

Lämpölaitosyhdisty Ry. 1983. Kaukolämpöjohdoissa käytettävien 2- ja 3- tukisten betonisten koeelementtien tekniset vaatimukset ja raudoitukset L6/1983. Saatavissa: Kaukolämpöextra.fi/kirjasto. Viitattu: 25.3.2021.

Maanmittauslaitos. 2021. Karttapaikka. Saatavissa: <https://www.maanmittauslaitos.fi/asioi-verkossa/karttapaikka>. Viitattu: 30.3.2021

Nurmela, Esa. 18.12.2021. Kunnossapitomestari. [Haastattelu] Siilinjärvi: Suomen Verkostohuolto Oy.

Paldanius, Mikko. 1.2.2021 ja 19.2.2021. Verkostopäällikkö. [Haastattelu] Siilinjärvi: Savon Voima Oyj.

Pitkänen, Aki. 18.12.2021. Kunnossapitoinsinööri. [Haastattelu] Siilinjärvi: Suomen Verkostohuolto Oy.

Pulkka, Juha. 15.2.2021. Lämpöasentaja. [Haastattelu] Iisalmi: Savon Voima Oyj.

Savon Voima. 2019. Savon Voima Oyj:n vuosikatsaus 2019. Saatavissa: https://savonvoima.fi/wp-content/uploads/2020/11/SV_Vuosikatsaus_2019_web.pdf. Viitattu: 30.3.2021

Savon Voima, kartat. 2021. Savon Voiman verkostokartat, Iisalmi.

Savon Voima. 2021. Kaukolämpöhinnasto, teho- ja energiamaksut 1.1.2021. Saatavilla: https://savonvoima.fi/wp-content/uploads/2020/11/SV_kaukolampo_teho-ja_energiamaksu_01012021.pdf. Viitattu: 30.3.2021

Suomen Verkostohuolto Oy. 2020. Kameran etäisyys paikantimella katsottuna. Valokuva kuvauspäivä tuntematon. Suomen verkostohuolto Oy:n tutkimuskuvat.

Suomen Verkostohuolto Oy. 2020. Kuvauskaapelin syöttö kanavaan. Valokuva kuvauspäivä tuntematon. Suomen verkostohuolto Oy:n tutkimuskuvat.

Vainikainen, Toni. 26.3.2021. Talousjohtaja. [Haastattelu] Siilinjärvi: Savon Voima Oyj.

Valkonen, Juho. 2.5.2016. 2Mpuk kaukolämpörunkolinjoja. Juho Valkonen, kuva-arkisto.

Valkonen, Juho. 23.5.2019. 2Mpuk-elementti. Valokuva. Juho Valkonen, kuva-arkisto.

Valkonen, Juho. 18.7.2019. Mpuk-elementti. Valokuva. Juho Valkonen, kuva-arkisto.

Valkonen, Juho. 15.9.2020. Betonielementtikanava. Valokuva. Juho Valkonen, kuva-arkisto.

Valkonen, Juho. 21.10.2020. Betonikaivo. Valokuva. Juho Valkonen, kuva-arkisto.

Valkonen, Juho. Mpuk-elementti. Valokuva, kuvauspäivä tuntematon. Juho Valkonen kuva-arkisto.

Yläs-Savon Jätehuolto Oy. 2021. Ylä-Savon jätekeskuksen hinnasto 1.5.2020. Saatavissa: <https://www.ylasavonjatehuolto.fi/hinnat/yla-savon-jatekeskus.html>. Viitattu: 30.3.2021

LIITE 1: KUSTANNUKSET KAIVOVÄLEITTÄIN

Kaivoväli K66 - K64

Metrihinta runko 1 091 €

Runkoputken kustannukset

DN 400	yks.	määrä	yksikköhinta	yht.
Elementtiputki	m	379	370	140 230 €
Elementtikulma / käyrä	kpl	6	995	5 970 €
Maaventtiili	kpl	4	7145	28 580 €
Haaraosa	kpl	4	845	3 380 €
Jatkustyö	kpl	80	440	35 200 €
Purkutyö	m	379	126	47 754 €
Betonikaivotyöt	kpl	1	50000	50 000 €
Maanrakennus	m	379	270	102 330 €
				413 444 €

Haarojen kustannukset

	yks.	määrä	kok. kustannus	
DN 50	m	20	217	4 340 €
DN 40	m	20	209	4 180 €
				8 520 €

Kustannus yhteensä

421 964 €**Kaivoväli K64 - K55**

Metrihinta runko 1 310 €

Runkoputken kustannukset

DN 400	yks.	määrä	yksikköhinta	yht.
Elementtiputki	m	147	370	54 390 €
Elementtikulma / käyrä	kpl	4	995	3 980 €
Maaventtiili	kpl	0	7145	0 €
Haaraosa	kpl	10	845	8 450 €
Jatkustyö	kpl	40	440	17 600 €
Purkutyö	m	147	126	18 522 €
Betonikaivotyöt	kpl	1	50000	50 000 €
Maanrakennus	m	147	270	39 690 €
				192 632 €

Haarojen kustannukset

	yks.	määrä	kok. kustannus	
DN 80	m	100	275	27 500 €
DN 50	m	20	217	4 340 €
DN 40	m	60	209	12 540 €
				44 380 €

Kustannus yhteensä

237 012 €

Kaivoväli K55 – K54

Metrihinta runko 1 031 €

Runkoputken kustannukset

DN 400	yks.	määrä	yksikköhinta	yht.
Elementtiputki	m	350	370	129 500 €
Elementtikulma / käyrä	kpl	6	995	5 970 €
Maaventtiili	kpl	0	7145	0 €
Haaraosa	kpl	6	845	5 070 €
Jatkostyo	kpl	72	440	31 680 €
Purkutyö	m	350	126	44 100 €
Betonikaivotyöt	kpl	1	50000	50 000 €
Maanrakennus	m	350	270	94 500 €
				360 820 €

Haarojen kustannukset

	yks.	määrä	kok. kustannus	
DN 125	m	20	315	6 300 €
DN 65	m	20	206	4 120 €
DN 40	m	40	209	8 360 €
				18 780 €

Kustannus yhteensä

379 600 €**Kaivoväli K54 – K30**

Metrihinta runko 1 293 €

Runkoputken kustannukset

DN 300	yks.	määrä	yksikköhinta	yht.
Elementtiputki	m	80	240	19 200 €
Elementtikulma / käyrä	kpl	2	640	1 280 €
Maaventtiili	kpl	2	3300	6 600 €
Haaraosa	kpl	0	600	0 €
Jatkostyo	kpl	16	310	4 960 €
Purkutyö	m	80	117	9 360 €
Betonikaivotyöt	kpl	1	50000	50 000 €
Maanrakennus	m	80	150	12 000 €
				103 400 €

Haarojen kustannukset

	yks.	määrä	kok. kustannus	
				0 €
				0 €
				0 €
				0 €

Kustannus yhteensä

103 400 €

Kaivoväli K30 - K23

Metrihinta runko 894 €

Runkoputken kustannukset

DN 300	yks.	määrä	yksikköhinta	yht.
Elementtiputki	m	174	240	41 760 €
Elementtikulma / käyrä	kpl	2	640	1 280 €
Maaventtiili	kpl	0	3300	0 €
Haaraosa	kpl	6	600	3 600 €
Jatkostyö	kpl	40	310	12 400 €
Purkutyö	m	174	117	20 358 €
Betonikaivotyöt	kpl	1	50000	50 000 €
Maanrakennus	m	174	150	26 100 €
				155 498 €

Haarojen kustannukset

	yks.	määrä	kok. kustannus	
DN 125	m	20	315	6 300 €
DN 50	m	20	217	4 340 €
DN 40	m	10	209	2 090 €
				12 730 €

Kustannus yhteensä

168 228 €**Kaivoväli K23 - K3**

Metrihinta runko 871 €

Runkoputken kustannukset

DN 300	yks.	määrä	yksikköhinta	yht.
Elementtiputki	m	220	240	52 800 €
Elementtikulma / käyrä	kpl	2	640	1 280 €
Maaventtiili	kpl	2	3300	6 600 €
Haaraosa	kpl	8	600	4 800 €
Jatkostyö	kpl	56	310	17 360 €
Purkutyö	m	220	117	25 740 €
Betonikaivotyöt	kpl	1	50000	50 000 €
Maanrakennus	m	220	150	33 000 €
				191 580 €

Haarojen kustannukset

	yks.	määrä	kok. kustannus	
DN 125	m	20	315	6 300 €
DN 100	m	20	266	5 320 €
DN 65	m	10	206	2 060 €
DN 40	m	10	209	2 090 €
				15 770 €

Kustannus yhteensä

207 350 €**Kaivoväli K3 - K1**

Metrihinta runko 1 588 €

Runkoputken kustannukset

DN 300	yks.	määrä	yksikköhinta	yht.
Elementtiputki	m	118	240	28 320 €
Elementtikulma / käyrä	kpl	4	640	2 560 €
Maaventtiili	kpl	2	3300	6 600 €
Haaraosa	kpl	8	600	4 800 €
Jatkotyö	kpl	44	310	13 640 €
Purkutyö	m	118	117	13 806 €
Betonikaivotyöt	kpl	2	50000	100 000 €
Maanrakennus	m	118	150	17 700 €
				187 426 €

Haarojen kustannukset

	yks.	määrä	kok. kustannus	
DN 200	m	50	485	24 250 €
DN 150	m	100	297	29 700 €
DN 50	m	10	217	2 170 €
				56 120 €

Kustannus yhteensä

243 546 €

LIITE 2: TAKAISINMAKSUAJAT JA SISÄISET KOROT KAIVOVÄLEITTÄIN

K66-K64

Vuosisäästöt €	Rakennuskustannus, €	Koroton takaisinmaksuaika, vuotta	Korollinen takaisinmaksuaika 3%, vuotta	Korollinen takaisinmaksuaika 5%, vuotta	Sisäinen korko 30 vuoden pitoajalla,	Sisäinen korko 50 vuoden pitoajalla,
26 909 €	421 964 €	16	22	31	5 %	6 %
33 352 €	421 964 €	13	16	21	7 %	8 %

K64-K55

Vuosisäästöt €	Rakennuskustannus, €	Koroton takaisinmaksuaika, vuotta	Korollinen takaisinmaksuaika 3%, vuotta	Korollinen takaisinmaksuaika 5%, vuotta	Sisäinen korko 30 vuoden pitoajalla,	Sisäinen korko 50 vuoden pitoajalla,
10 437 €	237 012 €	23	39	Ei voitu laskea	2 %	4 %
12 936 €	237 012 €	18	27	51	4 %	5 %

K55-K54

Vuosisäästöt €	Rakennuskustannus, €	Koroton takaisinmaksuaika, vuotta	Korollinen takaisinmaksuaika 3%, vuotta	Korollinen takaisinmaksuaika 5%, vuotta	Sisäinen korko 30 vuoden pitoajalla,	Sisäinen korko 50 vuoden pitoajalla,
24 850 €	379 600 €	15	21	30	5 %	6 %
30 800 €	379 600 €	12	16	20	7 %	8 %

K54-K30

Vuosisäästöt €	Rakennuskustannus, €	Koroton takaisinmaksuaika, vuotta	Korollinen takaisinmaksuaika 3%, vuotta	Korollinen takaisinmaksuaika 5%, vuotta	Sisäinen korko 30 vuoden pitoajalla,	Sisäinen korko 50 vuoden pitoajalla,
4 560 €	103 400 €	23	39	Ei voitu laskea	2 %	4 %
5 760 €	103 400 €	18	26	47	4 %	5 %

K30-K23

Vuosisäästöt €	Rakennuskustannus, €	Koroton takaisinmaksuaika, vuotta	Korollinen takaisinmaksuaika 3%, vuotta	Korollinen takaisinmaksuaika 5%, vuotta	Sisäinen korko 30 vuoden pitoajalla,	Sisäinen korko 50 vuoden pitoajalla,
9 918 €	168 228 €	17	24	39	4 %	5 %
12 528 €	168 228 €	13	17	23	7 %	7 %

K23-K3

Vuosisäästöt €	Rakennuskustannus, €	Koroton takaisinmaksuaika, vuotta	Korollinen takaisinmaksuaika 3%, vuotta	Korollinen takaisinmaksuaika 5%, vuotta	Sisäinen korko 30 vuoden pitoajalla,	Sisäinen korko 50 vuoden pitoajalla,
12 540 €	207 350 €	17	23	36	4 %	6 %
15 840 €	207 350 €	13	17	22	6 %	8 %

K3-K1

Vuo- sisäästöt €	Rakennuskus- tannus, €	Koroton takai- sinmaksuaika, vuotta	Korollinen takaisin- maksuaika 3%, vuotta	Korollinen takai- sinmaksuaika 5%, vuotta	Sisäinen korko 30 vuo- den pitoajalla,	Sisäinen korko 50 vuoden pi- toajalla,
6 726 €	243 546 €	36	Ei voitu laskea	Ei voitu laskea	-1 %	1 %
8 496 €	243 546 €	29	67	Ei voitu laskea	0 %	2 %