



**SAVONIA**

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# PUTKINÄYTTEIDEN NÄYT- TEENOTTO VESIJOHTO- JA VIEMÄRIVERKOSTOSTA

TEKIJÄ: Juuso Piirainen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma			
Työn tekijä(t) Juuso Piirainen			
Työn nimi Putkinäytteiden näytteenotto vesijohto- ja viemäriverkostosta			
Päiväys	29 toukokuu 2019	Sivumäärä/Liitteet	37/2
Ohjaaja(t) Tuntiopettaja Juha-Matti Aalto ja yliopettaja Pasi Pajula			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Jyväskylän Energia Oy			
Tiivistelmä <p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää Jyväskylän Energia Oy:lle ohjeistus putkinäytteiden näytteenottoon vesijohto- sekä viemäriverkostosta. Tarpeena oli kehittää ohjeistus urakoitsijoiden käyttöön putkiverkostojen saneeraustöiden sekä putkikirkojen yhteydessä tehtävää putkinäytteiden näytteenottoa varten. Ohjeistuksen tavoitteena oli mahdollistaa putkinäytteiden näytteenoton systemaattisuus. Työn tavoitteena, ohjeistuksen lisäksi, oli kehittää tapa näytteenoton tietojen ja analyysitulosten dokumentointiin.</p> <p>Opinnäytetyön tekeminen alkoi tutkimalla Jyväskylän Energia Oy:n käytössä olevista tai olleista putkimateriaaleista niiden ominaisuuksia, sekä yleisimpiä vaurioita ja niiden syitä. Tämän lisäksi perehdyttiin vesijohto- sekä viemäriputkien kuntotutkimuksiin liittyvään kirjallisuuteen ja kartoitettiin putkinäytteitä analysoivat suomalaiset toimijat. Putkinäytteiden näytteenoton dokumentointia varten kehitettiin näytteenottolomake, johon merkitään kaikki tärkeät tiedot näytteenotosta.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena syntyi ohjeistus putkinäytteiden näytteenottoon sekä näytteenoton ja analyysitulosten dokumentaatioon. Ohjeistuksen avulla putkinäytteitä voidaan ottaa tilaajan toimesta aina samalla toimintaperiaatteella. Laadittu ohjeistus kattoi putkinäytteiden näytteenoton eri vaiheet, kuten putken tietojen selvityksen, olosuhteiden tarkastuksen, itse putkinäytteenoton (näytteen koko, näytteenottotapa ja tarvittavat työkalut), näytteen merkinnän, säilytyksen ja kuljetuksen. Ohjeistuksen lisäksi työn tuloksena syntyi uusi toimintatapa dokumentoida näytteenotot.</p>			
Avainsanat Putkinäyte, Näytteenotto, Ohjeistus, Vesijohtoverkosto, Viemäriverkosto			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Environmental Technology			
Author(s) Juuso Piirainen			
Title of Thesis Sampling Pipe Specimen from Water Supply Network and Sewerage			
Date	29 May 2019	Pages/Appendices	37/2
Supervisor(s) Mr. Juha-Matti Aalto, Lecturer and Mr. Pasi Pajula, Principal Lecturer			
Client Organisation /Partners Jyväskylän Energia Oy			
<p>Abstract</p> <p>This thesis was commissioned by Jyväskylän Energia Oy. The goal of this thesis was to develop instructions for taking samples from a water supply network and sewerage during renovation work and pipe breakage. Jyväskylän Energia Oy needed instructions for taking samples from a water supply network and sewerage that their contractors can use. The goal of the instructions was to make sampling pipe specimen as systematic as possible. In addition to drawing up the instruction, the goal was to develop a method for documenting information about samples taken from water supply network and sewerage and analytic results.</p> <p>The making of this thesis started by studying pipe materials that Jyväskylän Energia Oy uses or used previously. Pipe materials were studied concerning their properties and their most common failures and reasons of the failures. Water supply network and sewerage condition survey methods were also studied. Also, few companies that analyse pipe specimen were found and listed. A sampling form was developed where contractors can mark important information about samples taken from pipes.</p> <p>The outcome of this thesis was instructions for taking samples from water supply network and sewerage and instructions for documenting the analytic results. Using the instructions, sampling can be done systematically. Instructions contain information about different phases of taking samples. In addition to the instructions, a new method to document samplings was developed.</p>			
Keywords Pipe specimen, sampling, instruction, water supply network, sewerage, sewer network			

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	6
2	JYVÄSKYLÄN ENERGIA OY .....	7
2.1	Yleistä .....	7
2.2	Jyväskylän Energia Oy:n vesihuolto .....	7
3	JYVÄSKYLÄN ENERGIAN VERKOSTOISSA KÄYTETYT PUTKIMATERIAALIT .....	8
3.1	Asbestisementti .....	8
3.1.1	<i>Yleisimmät vauriot ja niiden syyt</i> .....	8
3.2	Harmaavalurauta .....	9
3.2.1	<i>Yleisimmät vauriot ja niiden syyt</i> .....	9
3.3	Pallografiittivalurauta .....	10
3.3.1	<i>Yleisimmät vauriot ja niiden syyt</i> .....	10
3.4	Ruostumaton teräs .....	11
3.4.1	<i>Yleisimmät vauriot ja niiden syyt</i> .....	11
3.5	Teräs .....	12
3.5.1	<i>Yleisimmät vauriot ja niiden syyt</i> .....	12
3.6	Polyeteenit .....	13
3.6.1	<i>Yleisimmät vauriot ja niiden syyt</i> .....	14
3.7	Polypropeeni .....	15
3.8	PVC .....	15
3.8.1	<i>Yleisimmät vauriot ja niiden syyt</i> .....	15
3.9	Betoni .....	17
3.9.1	<i>Yleisimmät vauriot ja niiden syyt</i> .....	18
3.10	Muut materiaalit .....	19
3.11	Yhteenveto putkimateriaaleista .....	19
4	VERKOSTON TAUSTATIEDOT .....	20
4.1	Vesijohtoverkosto .....	20
4.2	Jätevesiverkosto .....	21
5	NÄYTTEENOTTO JA MUUT KUNTOTUTKIMUSMENETELMÄT .....	23
5.1	Kuntotutkimusmenetelmät .....	23
5.2	Näytteenotto .....	23
5.3	Näytteenoton hyödyt .....	24

5.4	Näytteenoton ongelmat .....	24
5.5	Tulosten vertailu .....	24
6	NÄYTTEENOTON OHJEISTUS .....	26
6.1	Putken tietojen selvitys .....	26
6.2	Putken olosuhteiden tarkastus .....	26
6.3	Näytteen koko .....	26
6.4	Näytteenotto ja työkalut .....	27
6.5	Näytteen merkintä .....	28
6.6	Näytteen säilytys .....	28
6.7	Näytteen kuljetus .....	29
7	PUTKINÄYTTEIDEN ANALYSOINTIA TARJOAVAT TOIMIJAT .....	30
8	TIETOJEN KERÄÄMINEN JA DOKUMENTOINTI .....	32
8.1	Tietojen kerääminen .....	32
8.2	Tietojen dokumentointi .....	32
9	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	34
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT .....	35
	LIITTEET .....	38
	LIITE 1: PUTKINÄYTTEEN NÄYTTEENOTTOLOMAKE .....	38
	PUTKINÄYTTEEN NÄYTTEENOTTOLOMAKE .....	38
	LIITE 2: TOIMIJOIDEN TARJOAMAT ANALYYSIT .....	40

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on kehittää ohjeistus putkinäytteiden näytteenottoon vesijohto- sekä viemäriverkostosta. Ohjeistukselle on tarvetta, sillä työn tilaajalla eli Jyväskylän Energia Oy:llä ei ole olemassa ohjeistusta putkinäytteiden näytteenottoa varten. Ohjeistuksen lisäksi on tarve kehittää tapa kerätä ja dokumentoida tietoa putkinäytteiden näytteenotosta sekä tarkastella putkinäytteiden analysointia tarjoavia toimijoita.

Ohjeistus kehitetään Jyväskylän Energia Oy:n sekä heidän urakoitsijoiden käyttöön. Putkinäytteiden näytteenoton ohjeistuksen tavoitteena on tehdä näytteenotosta selkeä ja systemaattinen. Tavoitteena on, että jokainen näytteenotto suoritetaan seuraten näytteenottoa varten tehtävää ohjeistusta. Ohjeistuksen lisäksi kehitetään tapa kerätä ja dokumentoida näytteenottojen informaatiota. Putkinäytteiden näytteenoton ohjeistuksen lisäksi tässä työssä käydään läpi Jyväskylän Energia Oy:n verkostoissa olevia putkimateriaaleja, niiden ominaisuuksia sekä yleisimpiä vaurioita ja niiden syitä.

Toinen tärkeä osa opinnäytetyötä on tarkastella putkinäytteiden analysointia tarjoavia toimijoita. Toimijoista selvitetään, mitä putkimateriaaleja he voivat analysoida, mitä analyysejä he voivat tehdä sekä minkä hintaista näytteiden analysointi on. Toimijoiden tarkastelun tavoitteena on saada selville ainakin yksi analyysejä tarjoava toimija jokaiselle putkimateriaalille. Tämän ohella näytteitä analysoida asiantuntijoilta kysytään vaatimuksia putkinäytteiden kokoon sekä näytteenottomenetelmiin.

Putkinäytteiden näytteenoton ohjeistus tehdään tutkimalla aiheeseen liittyvää kirjallisuutta, etsimällä tietoa internetistä ja haastattelemalla alan asiantuntijoita ottaen huomioon putkinäytteitä analysoiden toimijoiden vaatimukset. Jyväskylän Energia Oy:n vesijohto- sekä viemäriverkostojen tietoja tutkitaan Trimble-verkkotietojärjestelmästä ladattujen Excel-taulukkojen avulla.

## 2 JYVÄSKYLÄN ENERGIA OY

### 2.1 Yleistä

Jyväskylän Energia Oy on perustettu vuonna 1902. Aluksi yritys oli vain sähkölaitos. 1960 yritys aloitti myös kaukolämmön tuotannon ja vuonna 2006 Jyväskylän vesi liittyy osaksi JE-yhtiöitä. Nykyisin Jyväskylän Energia Oy on täysin Jyväskylän kaupungin omistama ja sen tuottamat palvelut ja kautuvat kolmeen pääryhmään, joita ovat sähkö, lämpö sekä vesi. Jyväskylän Energia konsernin liikevaihto vuonna 2017 oli 190,6 miljoonaa euroa. (Jyväskylän Energia Oy, D ja E.) Jyväskylän Energialla oli vuonna 2017 noin 250 työntekijää.

Jyväskylän Energialla on toiminnassa kaksi voimalaitosta, jotka molemmat tuottavat sekä sähköä että lämpöä. Voimalaitokset ovat Keljonlahden voimalaitos, sekä Rauhalahden voimalaitos. Voimalaitoksista Keljonlahti on uudempi sekä suurempi. Jyväskylän Energialla on myös biokaasulaitos, jonka yhteydessä on nykyisin micro-CHP-laitos. Micro-CHP-laitoksen myötä biokaasusta voidaan tuottaa sähköä lämmön lisäksi. (Jyväskylänenergia.fi, D.) Jyväskylän Energia Oy:n strategian mukaan vuoteen 2025 mennessä tuotannossa käytettävistä polttoaineista 70 prosenttia olisi uusiutuvia polttoaineita. (Jyväskylänenergia.fi, E.) Jyväskylän Energia Oy pyrkii tuottamaan energiaa mahdollisimman ympäristöystävällisesti ja vuonna 2017 yli 50 prosenttia myydyin sähkön alkuperästä oli uusiutuvista energianlähteistä. Vuonna 2017 noin 53 prosenttia tuotetusta energiasta oli peräisin uusiutuvista energianlähteistä. (Jyväskylän Energia Oy, E.)

### 2.2 Jyväskylän Energia Oy:n vesihuolto

Jyväskylän Energia Oy tuottaa sekä jakelee puhdasta vettä Jyväskylän alueella. Puhtaan veden tuottamiseen on vuoden 2018 tilastojen mukaan käytössä kahdeksan vedentuotantolaitosta. Kaikki vedentuotantolaitokset tuottivat vuonna 2018 yhteensä noin 8 739 000 kuutiota vettä. Kyseisen vuoden vedentuotannossa ostetun veden osuus oli vain 123 973 m<sup>3</sup>, kun esimerkiksi vain neljä vuotta aiemmin ostetun veden määrä oli yli kaksinkertainen. Vuonna 2018 puhdasvesiverkon pituus oli 866 kilometriä. Paineenkorotuspumppaamoita oli 37 kappaletta sekä paineenalennusasemia 9 kappaletta. (Jyväskylän Energia Oy, B. Excel-taulukko.)

Jätevesiverkosta Jyväskylän Energia Oy:llä on vuoden 2018 tilastojen mukaan 882 kilometriä. Jätevesiverkoston kuuluu 250 jätevesipumppaamoja. Jätevesipumppaamoiden määrä on kasvanut runsaasti viimeisen kymmenen vuoden aikana, sillä vuonna 2007 jätevedenpumppaamoita oli vain 46 kappaletta. Jätevedet johdetaan JS-puhdistamo Oy:n kahdelle jätevedenpuhdistamolle. Vuonna 2018 jätevedenpuhdistamolle johdetun jäteveden määrä oli 11 454 586 m<sup>3</sup>. (Jyväskylän Energia Oy, B. Excel-taulukko.)

### 3 JYVÄSKYLÄN ENERGIAN VERKOSTOISSA KÄYTETYT PUTKIMATERIAALIT

Tässä luvussa käydään läpi Jyväskylän Energia Oy:n vesijohto- sekä viemäriverkostoissa käytössä olevia putkimateriaaleja, niiden ominaisuuksia sekä yleisimpiä vaurioita ja niiden syitä. Jyväskylän Energia Oy:n vesijohto- ja viemäriverkostoja on rakennettu vaihteittain yhä kattavamiksi ja vuonna 2019 käytössä olevaa verkostoa on yhteensä noin 2000 kilometriä (Jyväskylän Energia Oy, A & C. Excel-taulukko). Vuonna 2018 Jyväskylän Energia Oy osti Wiitaseudun energia Oy:n ja näin ollen myös Viitasaaren vesihuoltoverkosto siirtyi Jyväskylän Energia Oy:n ylläpidettäväksi (Jyväskylänenergia.fi, A). Tässä opinnäytetyössä on kuitenkin käsitellyssä vain Jyväskylän seudulla oleva vesijohto- ja viemäriverkosto.

#### 3.1 Asbestisementti

Asbestisementtiä käytettiin Suomessa lyhyen aikaa 1970-luvulla (Vesi- ja viemärilaitosyhdistys 2011, 13). Asbestisementin monet ominaisuudet ovat verrattavissa PVC:n ominaisuuksiin. Asbestisementistä valmistetulla putkella on alhainen kimmokerroin, joka vaimentaa paineiskuista aiheutuvia vaikutuksia. Jäätymisvaara asbestisementtiputkilla on alhainen, sillä materiaalin lämmönjohtavuus on huono. (Kekki ym. 2008, 85.) Asbestisementtiputkia on Jyväskylän Energia Oy:n käytössä vesijohtoverkostossa. Asbestisementtiputkien ominaisuudet ovat samankaltaisia kuin PVC-putkien ominaisuudet (Vesi- ja viemärilaitosyhdistys 2011, 13).

##### *3.1.1 Yleisimmät vauriot ja niiden syyt*

Asbestisementin rikkoutumismuotoja ovat muun muassa poikittainen rikkoutuminen, pitkittäinen vaurio, reikä tai kuoppa sekä lasittuminen (kuva 1). Asbestisementtiputkien liitokset ovat myös mahdollinen vaurion aiheuttaja. Asbestisementin kestävyys vaikuttaa myös ulkoiset kemialliset tekijät. Näitä tekijöitä ovat putkessa virtaava vesi ja sen laatu sekä maaperä, johon putki on asennettu. Maaperän ominaisuudet voivat aiheuttaa putkessa ulkopinnan korroosiota. (Kekki ym. 2008, 85.)



Kuva 1. Käyttökelvottomaksi vaurioitunut asbestisementtiputki (concreteconstruction.net).

## 3.2 Harmaavalurauta

Harmaavalurauta tunnetaan myös nimellä suomugrafiittirauta. Harmaavalurautaa ei ole asennettu enää moneen kymmeneen vuoteen. Harmaavaluraudasta valmistetut putket ovat kovaa materiaalia. Harmaavalurauta on huomattavasti heikompaa kuin pallografiittivalurauta. Harmaavalurautaiset putket eivät kestä huomattavaa mekaanista kuormitusta. Harmaavaluraudasta valmistetun putken seinämäpaksuus on suurehko. (Kekki, Kaunisto, Keinänen-Toivola ja Luntamo 2008, 41.)

### 3.2.1 Yleisimmät vauriot ja niiden syyt

Harmaavaluraudan vauriot johtuvat yleensä joko korroosiosta, mekaanisesta rasituksesta tai näiden yhteisvaikutuksesta. Tyypillinen harmaan valuraudan korroosiomekanismi on grafitoituminen, jossa rauta syöpyy metallista pois ja jäljelle jää hiili (Kekki ym. 2008, 42). Valurautaputkilla yleisin putkien ulkoisen heikkenemisen syy on sähkökemiallinen korrosio. Tämä esiintyy putkissa pistesyöpymisenä. Pistesyöpymistä valurautaputkissa edistää aggressiiviset olosuhteet maaperässä. Ääriolosuhteissa korrosio voi vaikuttaa putken eheyteen jo viiden vuoden kuluttua putken asennuksesta. (Rajani ja Kleiner 2004, 10.)

Valurautaputket eivät ole elastisia, joten putken venyminen tai vääntyminen johtaa usein putken katkeamiseen tai halkeamiseen. Putkilinjan siirtyminen kantavalta rakenteelta pehmeälle aiheuttaa

putkeen jännityksiä ja mahdollistaa putken vaurioitumisen. Tätä ilmiötä ja sen seurauksia on tarkkailtu Lahdessa. Tarkkailun seurauksena on havaittu, että putket, joiden läpimitta on korkeintaan 250 mm katkeavat. Läpimitaltaan 250 mm suuremmat putket taas halkeavat edellä mainituissa tilanteissa. (Vesi- ja viemärlaitosyhdistys 2011, 10.)

### 3.3 Pallografiittivalurauta

Pallografiittirauta on harmaavalurautaan verrattuna kestävämpi vaihtoehto. Pallografiittiraudasta valmistetut putket ovat elastisempia sekä omaavat korkeammat lujuusarvot verrattuna harmaavalurautaan. (Vesi- ja viemärlaitosyhdistys 2011, 11.) Putkien seinämäpaksuuksien ei tarvitse olla yhtä suuret kuin harmaavaluraudalla, jotta saavutetaan paineenkestävyys. Pallografiittivalurauta putkimateriaalina sietää hyvin dynaamista rasitusta. Uudet pallografiittivalurautaputkien sisäseinämät on pinnoitettu sementtilaastipinnoitteella. Standardin SFS-EN 545 mukaan sementtilaastipinnoitteen paksuuden tulee olla 4 - 9 mm riippuen putken koosta. (Kekki ym. 2008, 47 – 48.)

#### 3.3.1 Yleisimmät vauriot ja niiden syyt

Pallografiittirautaputkien vaurioita aiheuttavat syöpymismekanismit ovat samankaltaiset kuin harmaavalurautaputkillä. Syöpymismekanismit ovat pistesyöpyminen, yleinen korroosio sekä grafitoituminen. (Kekki ym. 2008, 48.) Pahimmassa tapauksessa putki voi korroosion myötä syöpyä kokonaan puhki (kuva 2). Kuten harmaavaluraudan korroosiota myös pallografiittivaluraudan korroosiota edistää maaperän ominaisuudet (Rajani ja Kleiner 2004, 10). Vinka (2003, 7) toteaa, että 1977–1987 Göteborgissa tehdyissä tutkimuksissa 52,4 prosenttia pallografiittirautaputken vaurioista johtui korroosiosta, 17,5 prosenttia katkeamisesta, 16,5 prosenttia liitos- ja materiaalivirheestä, 5,8 prosenttia ilkvallasta tai huolimattomuudesta sekä 7,8 prosenttia tuntemattomasta syystä. Lisäksi tutkimuksessa todettiin, että korroosio vaikutti jopa 69 prosenttiin vaurioista (Vinka 2003, 7).



Kuva 2. Pallografiittivalurautaputkeen syöpynyt reikä (Picacorp.com).

### 3.4 Ruostumaton teräs

Ruostumaton teräs sisältää vähintään 10.5 prosenttia kromia. Verrattuna muihin vesijohtoverkoissa käytettäviin putkimateriaaleihin, ruostumaton teräs kestää todella hyvin korroosiota eli syöpmistä vastaan. (Kekki, Keinänen-Toivola, Kaunisto ja Luntamo 2007, 50–51.) Ruostumattomassa teräksessä käytetään eniten austeniittista seosta, joka on niin sanottu tavallinen ruostumaton teräs. Tämän lisäksi käytössä on myös hapon kestävä ruostumatonta terästä. Austeniittisen teräksen seosmetalleina käytetään kromia ja nikkeliä. Haponkestävän ruostumattoman teräksen metalleina käytetään kromin ja nikkelin lisäksi molybdeenä. Ruostumattomien terästen korroosion kestävyys perustuu materiaalin kromipitoisuuteen. Kromi sekä raudan oksidit muodostavat putken pinnalle kerroksen, jota kutsutaan passiivikalvoksi. Putken pinnalla oleva passiivikalvo on paksuudeltaan 5- 10 nm. (Kekki ym. 2008, 57.)

#### 3.4.1 Yleisimmät vauriot ja niiden syyt

Vaikka ruostumattoman teräksen ominaisuuksiin kuuluu korroosion sietokyky, on sen yleisin vaurioitumisen syy juuri korroosio. Ruostumattomassa teräksessä esiintyviä korroosimuotoja ovat piste-, rako- ja jännityskorroosio sekä mikrobiologinen ja ulkopuolinen korroosio. Putkien korroosion aiheuttaja on useassa tapauksessa kloridi. Kloridi vaikuttaa ruostumattoman teräksen passiivikalvoon rikkoen sen paikoittain ja näin mahdollistaen korroosion syntyminen. Putkessa virtaavan veden nopeus sekä lämpötila voivat edistää korroosion riskiä, mikäli lämpötila on korkea ja veden virtaus on hidastai vesi seisoo paikallaan. Ruostumattomassa teräksessä yleisin paikka korroosiolle on putkien liitoskohdat. (Kekki ym. 2008, 58–61.)

### 3.5 Teräs

Teräsputkesta voidaan käyttää nimitystä Mannesmann. Nimi tulee suuren teräsputkien valmistajan mukaan. Edellä mainittua nimitystä Mannesmann käytetään myös Jyväskylän Energian verkkotietojärjestelmässä (Pietilä 2013, 57). Teräsputkien valmistuksessa käytetään terästä, joka on niukkahiihlistä. Niukkahiihlisten teräksen hiilipitoisuus on 0,05 – 0,25 prosenttia. Myös teräsputket ovat nykyisin pinnoitettu sekä sisä- että ulkopinnalta. Teräsputkien pinnoitukseen käytettiin aluksi epämetallisia pinnoitteita, putket sinkitettiin tai käytettiin kokonaan pinnoittamattomina. Putkien sisäpinnoitteena käytettiin vielä 1980-luvulla tiettävästi bitumia. Teräsputkissa on käytetty sisäpuolen pinnoitteena sementtilaastia 1980-luvun lopussa. (Kekki ym. 2007, 48.)

Teräsputket ovat valurautaputkiin verrattuna lujempaa materiaalia mekaanisesti (Kekki ym. 2008, 50). Jyväskylän Energia Oy:n käytössäolevista putkimateriaaleista teräksellä on kaikista suurin vikatiheys (Pietilä 2013, ). Teräs putkimateriaalina on seinämäpaksuutensa vuoksi kevyttä verrattuna muihin metalleihin. Teräksen pieni seinämäpaksuus myös mahdollistaa putken puhkisyöpymisen nopeammin kuin esimerkiksi valurautaputkissa. Teräsputket ovat kuitenkin elastisempia kuin esimerkiksi valurautaputket, eikä teräsputket yleensä halkea tai katkea. (Vesi- ja viemärlaitosyhdistys 2011, 10–11.)

#### 3.5.1 Yleisimmät vauriot ja niiden syyt

Myös teräsputkilla tyypillinen vaurio on korroosio. Teräsputkissa esiintyvä korroosio on tyypillisesti piste- tai kuoppakorroosiota ja yleistä korroosiota. Teräsputkien yleinen korroosiotyyppi on myös mikrobiologinen korroosio. Edellä mainitut korroosiotyypit esiintyvät teräsputkissa sekä ulko- että sisäpinnoilla. Teräsputkien pinnoitteiden vaurioituminen tai puuttuminen altistaa putket korroosiolle, mutta myös veden laatu, maaperä ja veden virtaus vaikuttavat korroosion syntymiseen ja etenemiseen. (Kekki ym. 2008, 52.)

Happipitoinen kosteus syövyttää teräsputkia, minkä seurauksena syntyy korroosiotuotteita (kuva 3). Korroosiotuotteet teräsputkessa ovat rautaoksideja ja rautahydrokseja. Korroosiotuotteet ovat väriltään ruskeita tai punaruskeita. Teräsputken pintaan edellä mainitut korroosiotuotteet synnyttävät joko tasaisia tai puolipallon muotoisia sakkoja. (Kekki ym. 2007, 50.)



Kuva 3. Korroosion vaikutuksia teräsputkessa (Piirainen 2019-05-10).

### 3.6 Polyeteenit

Polyeteeni on muovimateriaalia. Polyeteenistä on putkimateriaalina useita eri vaihtoehtoja. Erona eri polyeteeniputkilla on lähinnä putkien lujuus- ja kovuusominaisuudet. (Vesi- ja viemärlaitosyhdistys 2011, 12). Jyväskylän Energian vesijohtoverkossa käytössä on kahta eri polyeteeniputken versiota, kovaa sekä pehmeää polyeteeniputkea. Jätevesiverkossa käytössä on myös mahdollisesti keskikovaa polyeteeniputkea. (Pietilä 2013, 20–21.)

Polyeteeniputkien valmistajista monet ohjeistavat putkien alimmaksi käsittelylämpötilaksi  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , koska lämpötila vaikuttaa huomattavasti polyeteenin murtolujuuteen. Polyeteeniputket omaavat hyvän elastisuuden, jonka takia putket sietävät vääntöä ja taivutusta. Putken käyttöolosuhteiden ollessa normaalit, polyeteenin pitäisi olla lähes murtumaton. Polyeteeniputkien ongelma poikkeustilanteissa on se, että ne saattavat päästää putken seinämän läpi maaperään joutuneita liuotin- ja öljytuotteita. Tähän ongelmaan on kuitenkin ratkaisu. Nykyisin on mahdollista käyttää polyeteeniputkia, jotka ovat ns. diffuusiosuojattu. (Vesi- ja viemärlaitosyhdistys 2011, 12.) Diffuusiosuoja on putken seinämässä oleva suojakuori, jonka läpi liuotin- tai öljytuotteet eivät pääse.

Kovasta polyeteenistä voidaan käyttää lyhenteitä PEH, HDPE tai PE-HD. Materiaalin lyhenteet tulevat englanninkielen sanasta high density polyethene/polyethylene, joka tarkoittaa korkeatiheyksistä polyeteeniä. Kovasta polyeteenistä valmistettuja putkia on kokoluokissa 16–1600 mm. (Kekki ym. 2007, 58–59.)

Keskikova polyeteeni eli PEM, MDPE tai PE-MD on polyeteeniputkista nimensä mukaisesti kovuudeltaan ja tiheydeltään kovan ja pehmeän polyeteenin välimuoto. Materiaalin lyhenteet tulevat englanninkielen sanasta medium density polyethylene. Keskikovaa polyeteeniputkea on Suomen jakeluverkostoissa otettu käyttöön arviolta 1965. (Kekki ym. 2007, 60–61.)

Pehmeästä polyeteenistä käytetään lyhenteitä PEL, LDPE ja PE-LD. Lyhenteet tulevat englanninkielen sanasta low density polyethylene, joka tarkoittaa pientiheyksistä polyeteeniä. PEL-muovi on polyeteeneistä kaikista pehmein. Pehmeää polyeteeniä käytetään lähinnä vain pienessä putkikoossa. Pehmeällä polyeteeniputkella on myös alhainen paineensietokyky, minkä vuoksi sen käyttö on vähäistä. (Kekki ym. 2007, 61.)

### *3.6.1 Yleisimmät vauriot ja niiden syyt*

Polyeteeniputkissa esiintyviä vaurioita usein ovat joko liitosvuodot tai reiät putken seinämässä. Korrosio ei ole polyeteenille ongelma. Putken seinämiin syntyvät reiät johtuvat useimmiten kaivantoon jääneiden kivien aiheuttamasta hankauksesta. Kivet voivat hangata putkia maaperän liikkumisesta johtuen. Pitkään käytössä olleissa putkissa voidaan myös havaita pitkittäshalkeamia. Pitkittäshalkeamat johtuvat todennäköisesti putken väsymisestä ja ulkopuolisista voimista. Polyeteeniputkissa eräs havaittu ongelma on lasittuminen. Putken lasittuminen tarkoittaa, että putki kovettuu, jolloin se ei enää omaa riittävää kestävyyttä. Polyeteeniputkilla on ominaista naarmuuntumisherkkyys. Putkiin syntyvät naarmut etenevät putkessa ja lyhentävät putken käyttöikää huomattavasti. (Vesi- ja viemäriulaitosyhdistys 2011, 12.)

Suomalaisen tutkimuksen mukaan kovien polyeteeniputkien vaurioista 33 prosenttia oli pitkittäissuuntaisia, 12 prosenttia poikittaissuuntaisia ja noin 5 prosenttia epäsymmetrisiä. Yleisin vaurioiden syy kovalla polyeteeniputkella oli painuminen kiveä tai kalliota vasten. Yleinen syy vaurioon oli myös virhe alkutäytössä, hitsausvirhe putkessa ja materiaalin väsyminen sekä huonokuntoisuus. Toisin kuten PEH-muovisissa putkissa, joissa yleisimmät vauriot olivat pitkittäissuuntaisia, PEL-muovisissa putkissa yleisin vaurio oli poikittaissuuntainen. Poikittaissuuntaisia vaurioita oli 26 prosenttia ja pitkittäisiä vaurioita 13 prosenttia. Lisäksi epäsymmetrisiä vaurioita oli kuusi prosenttia ja muun suuntaisia neljä prosenttia. PEL-putkilla yleisin vaurion aiheuttaja oli metallisten verkoston osien korrosio, joiden osuus oli 34 prosenttia. Toiseksi yleisin syy vaurioon oli kaivuutyö, joiden osuus oli 13 prosenttia. Ulkopuoliset tekijät, kuten kiven tai kallion painaminen tai muu asentamisesta johtunut syy oli kukin kuuden prosentin vaurion aiheuttaja. (Kekki ym. 2008, 99.)

### 3.7 Polypropeeni

Polypropeeni on saman kaltainen materiaali kuin kova polyeteeni, mutta polypropeeniputkilla on parempi joustavuus. Polypropeeni kestää heikosti UV-säteilyä ja hapen vaikutusta ja siksi siihen tulee aina lisätä stabilisaattoreita. (Kekki ym. 2008, 103.) Polypropeenilla on hyvä väsymiskestävyys. Josain määrin polypropeenin fysikaaliset sekä mekaaniset ominaisuudet ovat parempia kuin polyeteenin vastaavat ominaisuudet. (ValuAtlas.fi.) Polypropeenin yleisimpien vaurioiden syitä ei kirjallisuudessa mainittu.

### 3.8 PVC

PVC eli polyvinyylikloridi on muovilaatu. PVC on materiaalina kovempaa kuin esimerkiksi polyeteenit. PVC:n kovuudesta johtuen se ei myöskään ole yhtä joustavaa verrattuna polyeteeneihin. PVC on alhaisissa lämpötiloissa hauras materiaali ja siihen vaikuttaa materiaalin kovuus (Kekki ym. 2008, 101). Jyväskylän Energia Oy:n käytössä olevista vesijohtomateriaaleista PVC:llä on kaikista pienin vikatiheys (Pietilä 2013, 61).

#### *3.8.1 Yleisimmät vauriot ja niiden syyt*

Yleisin syy PVC-putken vaurioon on putken halkeaminen pitkittäissuuntaisesti (kuva 4 ja kuva 5). Pitkittäissuuntaiset vauriot johtuvat yleensä joko huonosta kaivannon alkutäytöstä tai esimerkiksi kiven painamisesta putken seinämää vasten. Vanhemmissa ns. ensimmäisen sukupolven PVC-putkissa materiaalin lasittumisen on havaittu aiheuttavan vaurioita putken murtumisen muodossa. PVC-putkien liitoksissa esiintyvät vauriot ovat yleisimmin asennuksessa tapahtuneen virheen aiheuttamia. PVC-putkien liitoksiin tulee jättää liikkumavaraa liitosmuhviin, jotta maaperän liikkeet eivät aiheuta putkikirikkoa. (Vesi- ja viemäri- ja viemäri- ja viemäri- ja viemäriyhdistys 2011, 13.)



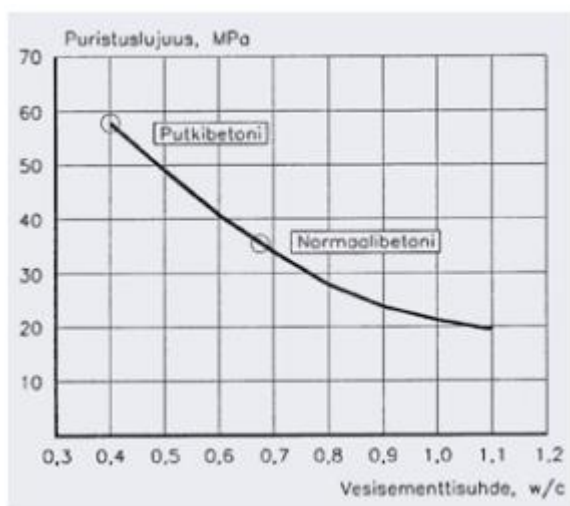
Kuva 4. 280 mm PVC-putki pitkittäissuuntainen halkeama, vuotomäärä n. 100 m<sup>3</sup>/h. Putki asennettu 1969, putkirikko 2016. (Pirainen 2019-05-10.)



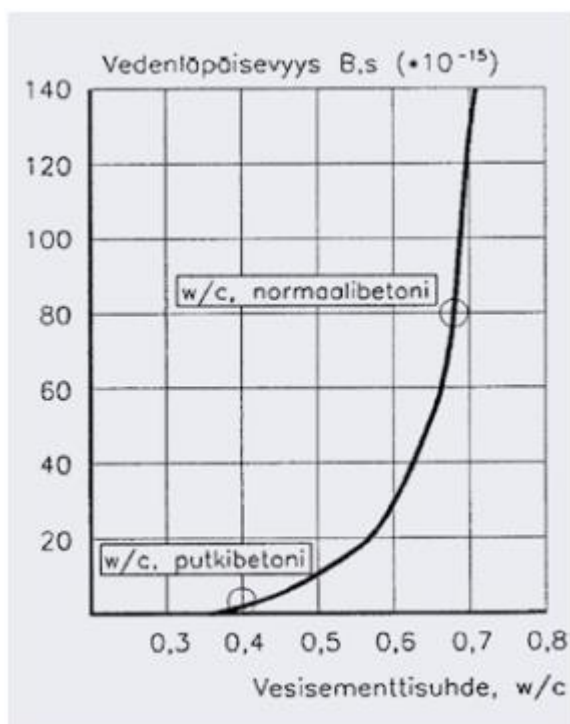
Kuva 5. 225 mm PVC-putki haljennut pituussuuntaisesti. Putken käyttöikä oli n. 48 vuotta, 1971-2019. Putkikirkon aikana vuotomäärä arviolta 4000 m<sup>3</sup> noin 3-4 tunnin aikana. (Piirainen 2019-05-10.)

### 3.9 Betoni

Betoniputkia käytetään jäte- ja hulevesiviemäristössä, mutta tässä opinnäytetyössä ei käsitellä hulevesiverkostoa. Betoniviemärit valmistetaan korkealaatuisesta betonista. Betoniviemärien materiaalin ominaisuuksiin kuuluu lujuus, tiiveys sekä hyvä lämpötilan vaihtelun kesto. Lähtökohtaisesti betonista valmistetulla viemäriputkella on yli sadan vuoden käyttöikä. Betoniputkia valmistetaan kolmessa eri lujuusluokassa: B, Br ja Dr. B luokitus tarkoittaa, että putkea ei ole raudoitettu. Nämä putket ovat sisähalkaisijaltaan alle 1000 mm. Br luokitus tarkoittaa normaalisti raudoitettua betoniputkea. Dr luokituksen putket ovat vahvasti raudoitettu. Putkibetonin ominaisuudet verrattuna normaaliin betoniin ovat huomattavan erilaiset (kuva 1. & kuva 2). Betoniputkilla on tutkimusten mukaan myös todella hyvä kulutuskestävyys. (Betoni.com.)



Kuva 6. Vesimenttisuhteen vaikutus puristuslujuuteen. Vertailussa putkibetoni ja normaalibetoni. (Betoni.com.)



Kuva 7. Vesimenttisuhteen vaikutus betonin vedenläpäisevyyteen. Vertailussa putkibetoni ja normaalibetoni. (Betoni.com.)

### 3.9.1 Yleisimmät vauriot ja niiden syyt

Sementtipohjaisten putkimateriaalien yleisiä vauriomekanismia ovat liukeneminen, halkeamat ja niiden eteneminen sekä teräksen korrosio, jos putki on teräsbetoninen. Teräsbetonisissa putkissa myös melko yleinen vauriomekanismi on halkeaminen ja halkeaman eteneminen johtuen putken jäätymisestä. Sementtipohjaisissa materiaaleissa, kuten betonissa, yksi vaurio vahvistaa muita vaurioita. Esimerkiksi teräsbetoniputken teräksen korroosion syytä on yleensä ympäröivän betonin vauriutumisen. Betoniputkien yleisimpien vauriomekanismien aiheuttajia ovat materiaalin laatu, veden

laatu, veden virtausnopeus, putken kutistuminen, liukeneminen, mahdolliset kemiallisesti aggressiiviset aineet, jäätyminen sekä kuljetuksessa tai asennuksessa syntyneet hiushalkeamat. (Kekki ym. 2008, 83 – 85.)

### 3.10 Muut materiaalit

Jyväskylän Energia Oy:n vesijohtoverkostossa on käytössä myös tuntematonta putkimateriaalia, eli putken materiaalista ei ole dokumentoitua tietoa. Tuntematonta putkimateriaalia on käytössä vesijohtoverkostossa yli 10 kilometrin edestä vuonna 2013. Jätevesiverkostossa tuntemattoman putkimateriaalin määrä on yli 12 kilometriä vuoden 2012 tilastojen mukaan. (Pietilä 2013, 20–21.)

### 3.11 Yhteenveto putkimateriaaleista

Jyväskylän Energia Oy:n käytössä olevista vesijohto- sekä viemäriverkostojen putkimateriaaleista tehtiin taulukko (taulukko 1.), jossa tiivistetään materiaalien käyttökohteet, yleisin vaurio ja vaurion yleisin syy. Taulukon tarkoituksena on helpottaa putkirikkoa tutkittaessa, onko vaurio materiaalille yleinen vai ei.

Taulukko 1. Putkimateriaalit, niiden käyttökohteet ja yleisimmät vauriot (Piirainen 2019-05-25).

<b>Materiaali</b>	<b>Vesijohto / Viemäri</b>	<b>Yleisin vaurio</b>	<b>Yleisin vaurion syy</b>
Asbestisementti	Vesijohto	Halkeilu	Kutistuminen, jäätyminen, kemiallisesti aggressiiviset aineet, asennuksen virheellisyys
Betoni	Viemäri	Liukeneminen & halkeamat	Materiaalin laatu, asennuksen virheellisyys & kemiallisesti aggressiiviset aineet
Harmaavalurauta	Molemmat	Korroosio	Veden laatu, maaperä
Pallografiittivalurauta	Vesijohto	Korroosio	Veden laatu, maaperä
Polyeteenit	Molemmat	Reikä tai halkeama	Kiven tai kallion painaminen putkea vasten
Polypropeeni	Molemmat	ei tietoa kirjallisuudessa	ei tietoa kirjallisuudessa
PVC	Molemmat	Pitkittäissuuntainen halkeama	Huono alkutäyttö tai kiven tai kallion painaminen putkea vasten
Ruostumaton teräs	Vesijohto	Korroosio	Kloridi rikkoo putken passiivikalvon
Teräs	Vesijohto	Korroosio	Veden laatu, maaperä

## 4 VERKOSTON TAUSTATIEDOT

### 4.1 Vesijohtoverkosto

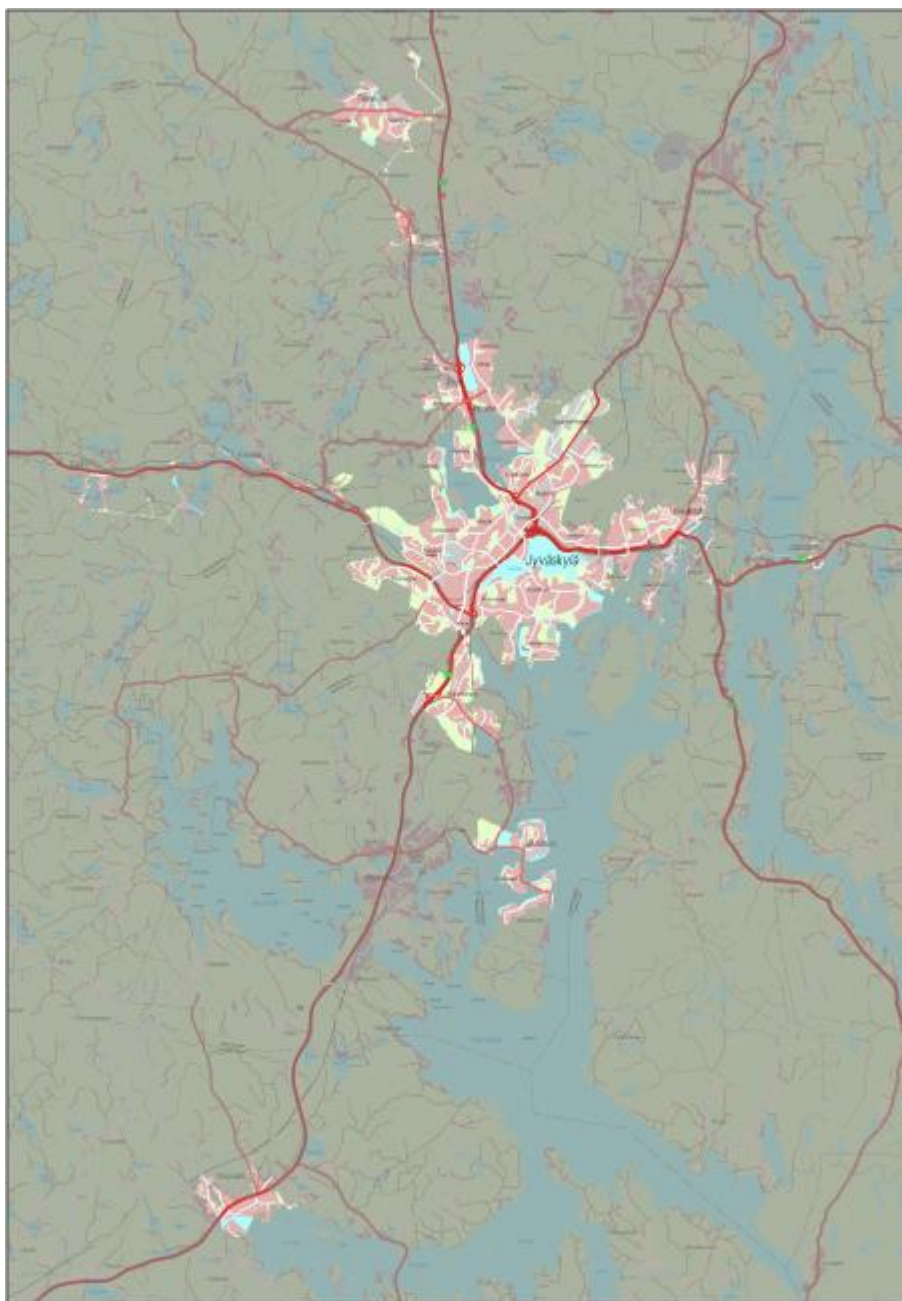
Jyväskylän Energia Oy:n vesijohtoverkosto on noin 970 kilometriä pitkä (kuva 8.). Puhdasvesiverkon putkien halkaisijat ovat suurimmillaan 600 mm. Verkosto koostuu 30.04.2019 Trimblestä ladatun Excel-taulukon mukaan kuudesta tiedossa olevasta materiaalista. Näiden kuuden eri putkimateriaalin lisäksi Excel-taulukossa on putkia, joiden materiaalitietoa ei ole Trimbleen lisätty. (Jyväskylän Energia Oy, C. Excel-taulukko.)

Jyväskylän Energian saneerausinsinööri Pietilä (2019-05-16) kertoi, että suuri osa ”tuntemattomasta” putkimateriaalista on mannesmann-putkea eli teräsputkea. Muut putkimateriaalit ovat 30.04.2019 Excel-taulukon mukaan betoni, harmaavalurauta, pallografiittivalurauta, PE, PP sekä PVC. Excel-taulukossa ilmi käyvien putkimateriaalien lisäksi verkostossa on myös asbestibetoniputkia. Vanhimmat putket, jotka ovat yhä käytössä on Pietilän (2019-05-16) mukaan 1910-luvun alkupuolelta.

Vuonna 2018 Jyväskylän Energian vesijohtoverkostossa oli vaurioita 3,6 kappaletta 100 kilometriä kohden. Tämä vesijohtovaurioiden tiheys on laskettu jakamalla vuotuisten vaurioiden lukumäärä vesijohtojen yhteenlasketulla pituudella. Vuotta aiemmin eli vuonna 2017 vesijohtojen vaurioita oli 4,4 kappaletta per 100 kilometriä. Viimeisen kymmenen vuoden ajalta keskimääräinen vesijohtovaurioiden määrä per 100 km on 4.08 kappaletta. Vaikka viimeisen kahden vuoden vesijohtojen vikatiheys on alle keskiarvon, on verkoston saneerausvelka silti kohtuullisen suuri. Jyväskylän Energia Oy:n kaikkien vesiverkkojen eli vesijohto-, jätevesi- sekä hulevesiverkoston saneerausvelka on vuonna 2018 ollut 269 kilometriä. Vuonna 2018 kaikkia JE:n verkostoja saneerattiin yhteensä noin 10,5 km edestä. (Jyväskylän Energia Oy, B. Excel-taulukko.) Saneerausvelalla tarkoitetaan verkoston käyttöön ylittämää osaa eli putkia, jotka olisi jo käyttöönsä perusteella pitänyt saneerata.

Vuosien 1992 ja 2012 välillä tehtyjen putkien korjausten perusteella kaikista putkimateriaaleista huomattavasti suurin vikatiheys on teräsputkilla. Teräsputkien vikatiheys on 71,1 kappaletta per 100 km vuodessa. Tiedossa olevista materiaaleista seuraavaksi suurin vikatiheys oli harmaavalurautaputkilla. Harmaavaluraudan vikatiheys oli 8,5. Teräsputkien vikatiheys siis oli huomattavasti suurempi kuin minkään muun putkimateriaalin. Kaikista alhaisin vikatiheys oli PVC-putkilla. Vikatiheyden ollessa vain 0,5 kappaletta. Edellä mainitut luvut eivät kuitenkaan ole täysin tarkkoja. (Pietilä 2013, 62).

Loppuvuodesta 2018 Jyväskylän Energia Oy osti Wiitaseudun Energia Oy:n. Jyväskylän Energia Oy osti Wiitaseudun Energia Oy:n koko osakekannan. Osakekaupan myötä Wiitasaaren vesihuolto siirtyi Jyväskylän Energia Oy:n hoidettavaksi. Wiitasaaren alueesta ei ole vielä saatavissa toiminta-aluekarttaa, kuten Jyväskylän alueelta. Uuteen vesihuoltoalueeseen lukeutuvat sekä puhdas- että jätevesi. (Jyväskylänenergia.fi, A.)



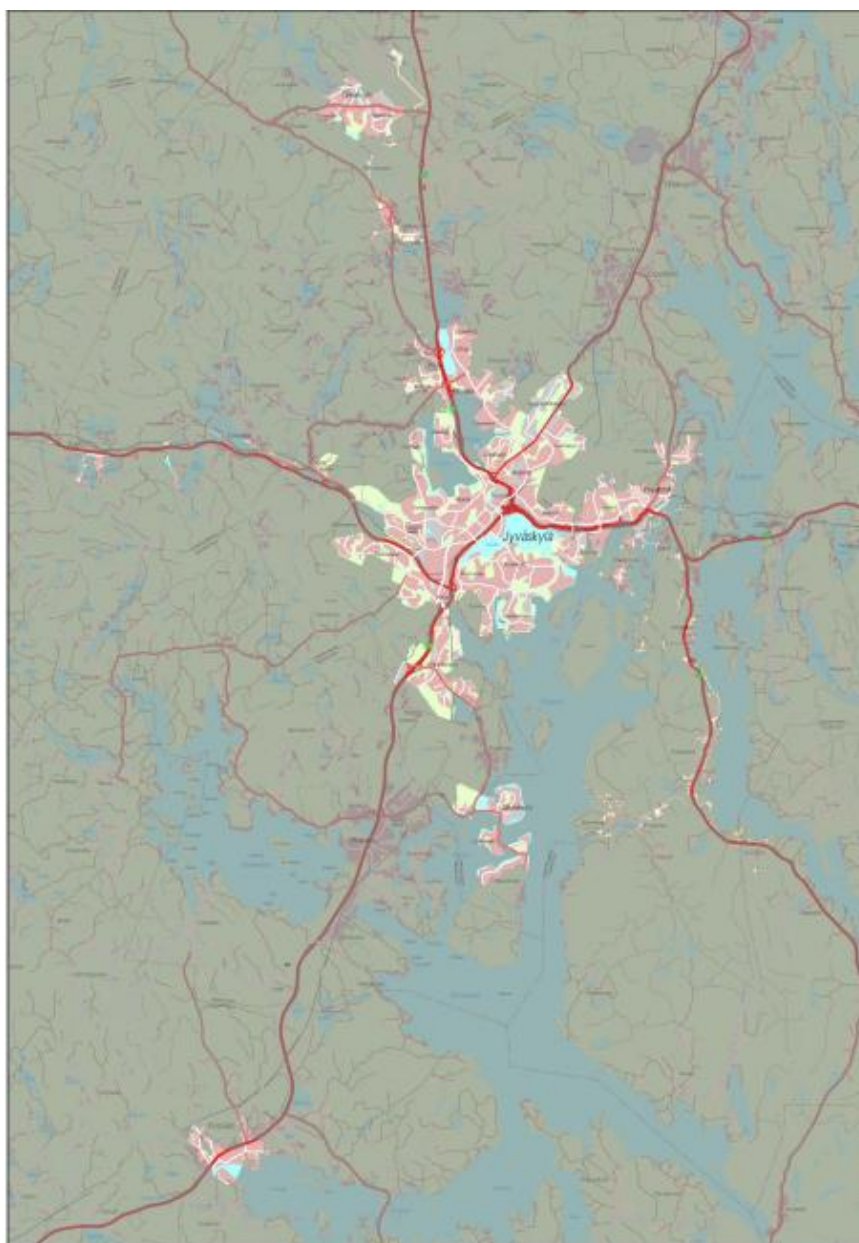
Kuva 8. Jyväskylän Energia Oy:n talousveden toiminta-alue (Jyväskylänenergia.fi, B).

#### 4.2 Jätevesiverkosto

Jyväskylän Energian jätevesiverkko on noin 965 kilometriä pitkä (kuva 9.) Trimblestä ladatun Excel-taulukon mukaan. Excel-taulukossa ei kuitenkaan jokaisen putken pituutta ole, joten verkoston pituus on todellisuudessa hieman eri. Jätevesiverkostossa suurimmat putket ovat lähtökohtaisesti betonisia putkia. Halkaisijat suurimmilla putkilla on jopa yli 1000 mm. Lutpubissa julkaistussa diplomityössä (Pietilä 2013) todetaan, että suurimmat viettoviemärit ovat DN 1400 kokoluokkaa.

Suurin osa jätevesiverkostosta on joko muoviputkea tai betoniputkea. Muovilaadut ovat joko PVC-putkia, PE-putkia tai PP-putkia. Jätevesiverkostossa on käytössä myös harmaavalurautaisia putkia sekä putkia, joiden tietoja ei ole ladattu Trimble-verkkotietojärjestelmään. Excel-tilin mukaan vanhin yhä käytössä oleva betoniviemäri on asennettu vuonna 1937. Vuosina 2018–2019 30.04.2019 mennessä on Jyväskylän Energian toimesta jätevesiverkostoa asennettu yli 30 kilometriä. (Jyväskylän Energia Oy, A. Excel-tili.)

Jätevesiverkoston vaurioita ei ole Jyväskylän Energian toimesta tilin mukaan samoin, kuten vesijohtoverkoston vaurioita. Excel-tiliin on kuitenkin kerätty tietoa jätevesiverkoston tukosten määrästä. vuonna 2018 jätevesiverkostossa oli 17,91 kappaletta tukoksia jokaista verkoston 100 kilometriä kohden. Viimeisen 10 vuoden ajalta jätevesiverkoston tukosten määrän keskiarvo on 18,54. Viimeiset viisi vuotta verkoston tukoksia on ollut alle edellä mainitun keskiarvon. (Jyväskylän Energia Oy, A. Excel-tili)



Kuva 9. Jyväskylän Energia Oy:n jäteveden toiminta-alue (Jyväskylänenergia.fi, C).

## 5 NÄYTTEENOTTO JA MUUT KUNTOTUTKIMUSMENETELMÄT

Vesijohto- ja viemäriverkoston kunnan tutkimiseen on olemassa useita eri menetelmiä. Verkostomateriaalien kunnan arviointi voidaan jakaa kolmeen pääryhmään: vuotojen havainnointi, ainetta rikkomattomat menetelmät sekä ainetta rikkovat menetelmät. Putkivuodosta ei voida päätellä materiaalin kuntoa, mutta vuotoa voidaan pitää indikaattorina verkoston kunnosta. (Kekki ym. 2008, 110.)

### 5.1 Kuntotutkimusmenetelmät

Vesijohto- ja viemäriverkoston kuntotutkimuksia tehtäessä on lähtökohtana hyvä muistaa erottaa vesijohto- ja viemäriverkosto toisistaan. On myös hyvä muistaa arvioita tehdessä eri putkimateriaalien erot. (Hanski 2013, 10) Kuntotutkimukset vesijohto- ja viemäriverkostoista tehdään osittain eri menetelmillä, sillä kaikki menetelmät eivät sovi kumpaankin verkostoon. Puhdasvesiverkoston kuntotutkiminen on haasteellisempaa kuin jätevesiverkoston. Tämä johtuu siitä, että suuressa osassa menetelmistä putki tulisi tyhjätä vedestä, eikä putkessa voi virrata vettä, kun kuntotutkimusta suoritetaan. (Hanski 2013, 16.)

Viemäriputkissa kuntotutkimusmenetelmät ovat osittain erilaiset paineellisessa putkessa ja paineettomassa putkessa. Paineettomassa viemäriputkessa eli viettoviemärissä käytetään paljon putken sisäpinnan kuvausta. Viettoviemärin sisäpinnan kuvaukseen voidaan käyttää perinteistä viemärikuvausta, zoom-kameraa, digitaalista viemärikuvausta tai työnnettävää kameraa. Edellä mainituista menetelmistä zoom-kamera soveltuu vain viettoviemäreiden kuntotutkimuksiin. Nykytekniikalla perinteistä TV-kuvausta sekä digitaalista viemärikuvausta voidaan hyödyntää viettoviemärissä, paineviemärissä sekä vesijohdoissa. Perinteinen TV-kuvaus ja digitaalinen kuvaus soveltuvat putkiin, joiden halkaisija on suurempi kuin 150 mm. Muita viettoviemärin kuntotutkimusmenetelmiä ovat mm. tutkaus ultraääniantureilla, infrapunatekniikat, laserkeilaus sekä maaperätutkat. (Lampola ja Kuikka 2018, 54–69.) Putken kuntoa selvittäessä voidaan myös käyttää röntgenkuvausta. Röntgenkuvaus soveltuu kuitenkin vain, kun putki on esillä, sillä kuvattava putki tulee sijoittaa säteilylähteen ja filmin väliin. (Suomen LVI-liitto 2013, 87.)

### 5.2 Näytteenotto

Näytteenottoa käytetään yleisesti silloin, kun halutaan selvittää mistä syystä putki on vaurioitunut (Suomen LVI-liitto 2013, 42). Näytteenotto tai koepalan otto tarkoittaa sitä, että kunnan arviointia varten putkesta otetaan jonkin suuruinen pala pois. Näyte lähetetään laboratoriotutkimuksiin, jossa ammattitaitoinen analysoija tutkii putkesta otetun näytteen. Joissakin tapauksissa putkesta tulee ottaa useita näytepaloja, jotta laboratoriossa voidaan suorittaa useampi koe. Näytteenottoa ei ole kannattavaa suorittaa, ellei putkea jouduta jostain toisesta syystä kaivamaan esiin. Lähtökohtaisesti näytteenottoa varten vesijohto- sekä viemäriverkosto tulee kaivaa esille, sillä putket sijaitsevat lähes aina maan alla. Hanski (2013, 11) toteaa, että näytteenotto putkesta on hyvä tapa saada tietoa putken kunnosta esimerkiksi kaivuutöiden yhteydessä.

### 5.3 Näytteenoton hyödyt

Ainetta rikkovat kuntotutkimusmenetelmät, kuten näytteenotto ja sen laboratoriotestaus tarjoavat tarkemman vaurioiden ja niiden syiden selvittämisen putkimateriaalista riippumatta. Ainetta rikkovat menetelmät mahdollistavat putken tutkimisen sekä sisä- että ulkopinnalta. (Kekki ym. 2008, 116.) Toisin kuin muut kuntotutkimusmenetelmät, näytteenotto on ainoa tapa testata putken ominaisuuksia laboratoriossa.

Näytteenoton avulla voidaan selvittää, minkä suuruisia voimia putkimateriaali kestää. Putkimateriaalien kestoja voidaan selvittää esimerkiksi vetolujuuskokeella. Verrattaessa näytepalan kokeiden tuloksia kunkin materiaalin lähtöarvoihin, voidaan arvioida putken jäljellä olevaa käyttöikä. Laboratoriotesteissä näytepaloille voidaan myös tehdä kemiallisia kokeita.

### 5.4 Näytteenoton ongelmat

Näytteenotto vesijohto- tai viemäriverkosta on haastavaa, sillä putki täytyy lähtökohtaisesti poistaa näytteenoton ajaksi käytöstä. Näytettä ei voida ottaa varsinkaan, jos putki on paineistettu. Tässä opinnäytetyössä käsiteltävä verkostojen näytteenotto rajoittuu vain verkoston saneerausten sekä putkirikkojen yhteydessä suoritettaviin näytteidenottoihin, joten verkostoon ei näytteenotosta johtuen aiheudu käyttökatkoa.

Näytteenotto putkesta voi heikentää putken fyysisiä ominaisuuksia sekä aiheuttaa muuta haittaa putkelle. Näytteenotto voi johtaa vuotoihin, jos putkea ei esimerkiksi tiivistetä huolella. Muutenkin näytteenotto tulee suorittaa huolellisesti, jotta haittavaikutuksilta vältytään. Näytteiden otto tulisi pitää mahdollisimman vähäisenä ehjässä putkistossa, jotta sen kunto ei heikkenisi. (Lampola ja Kuikka 2018, 74.)

### 5.5 Tulosten vertailu

Suurin osa ainetta rikkomattomista kuntotutkimusmenetelmistä ei kykene kertomaan putkien seinämien paksuuksia. Etu monella ainetta rikkomattomalla menetelmällä on se, ettei putkea tarvitse kaivaa esille. Putkiverkostojen kuvaus on hyvä menetelmä, jos halutaan selvittää mahdollisia halkeamia, vuotokohtia, sisäpuolen korroosiota tai esimerkiksi sedimentin kertymistä putkenpinnalle. Ainetta rikkomattomissa menetelmissä on ongelmallista se, ettei yhdellä menetelmällä saada välttämättä kartoitettua putken kuntoa kuin joiltakin osa-alueilta. Esimerkiksi putken sisäpuolen kuvaamisella ei voida selvittää, millaisessa kunnossa putken ulkoseinä on. Pelkkä putken sisäpinnan kuvaus ei anna tarpeeksi tietoa tutkittavan putken rakenteellisesta kunnosta. (Lampola ja Kuikka 2018, 96.) Rikkomattomilla menetelmillä kuntotutkimus on kuitenkin suhteellisen edullista. Esimerkiksi Zoom-kameralla viemäriin sisäpinnan kuvaus maksaa 1–2 euroa per kuvattu metri ja kyseinen hin-

noittelu sisältää tulosten analysoinnin (Lampola ja Kuikka 2018, 54). Ainetta rikkomattomien kunto- tutkimusmenetelmien suuri etu verrattuna ainetta rikkoviin menetelmiin on se, ettei putkea välttämättä tarvitse poistaa käytöstä.

Ainetta rikkovat menetelmät mahdollistavat putken kunnan tutkimisen perusteellisemmin kuin ainetta rikkomattomilla menetelmillä. Ainetta rikkovat menetelmät soveltuvat kaikille materiaaleille. (Kekki ym. 2008, 116.) Luvussa 7 taulukossa (taulukko 1.) kerrotaan joitakin putkinäytteelle mahdollisia kokeita. Näytepalloille mahdolliset kokeet käyvät paremmin ilmi tämän opinnäytetyön liitteinä olevista taulukoista. Putkinäytteet analysoidaan laboratorioissa, kokeet tehdään tarkoilla mittalaitteilla ja kokeet tekevät alan ammattilaiset (Rakennustieto.fi). Näin ollen kokeista saadut tulokset ovat tarkkoja. Putkinäytteiden avulla voidaan selvittää myös putken vaurioitumisen syy (Suomen LVI-liitto 2013, 42). Putkinäytteiden näytteenotto ei ole kovin halpaa. Näytteenotto itsessään ei ole kallista, mutta jotta näytepalloja voidaan ottaa, tulee putki kaivaa esille. Myös näytepallojen analysointi laboratorioissa on suhteellisen kallista, riippuen mitä näytteistä halutaan selvittää (Vihervä 2019-05-17). Lähtökohtaisesti putkesta näytepalloa ottaessa, putken tulee olla pois käytöstä.

## 6 NÄYTTEENOTON OHJEISTUS

### 6.1 Putken tietojen selvitys

Tärkeä osa näytteenottoa on tietää putken tietoja. Tärkeimmät tiedot, jotka putkesta tulee selvittää ennen näytteenottoa, ovat putken sijainti, materiaali, asennusvuosi, putken koko sekä putken käyttötarkoitus, eli onko kyseessä puhdas- vai jätevesiputki. Ennen näytteenottoa tulee selvittää, missä linjan sulkuventtiili sekä pääsulkuventtiili sijaitsevat. Sulkuventtiilien sijainnit tulee selvittää ongelmien välttämiseksi. (Suomen LVI-liitto 2013, 42.) Putkesta on hyvä selvittää, onko sille jouduttu aiemmin tekemään toimenpiteitä. Aiemmista korjaustoista tai muista toimenpiteistä putkeen liittyen on hyvä ilmoittaa myös laboratoriolle, jonne näyte lähetetään tutkittavaksi. Näin ollen aiemmat korjaustyöt ja vauriot osataan huomioida tuloksia analysoitaessa.

Esiin kaivettavasta putkesta tulee selvittää, kuinka syvällä putki sijaitsee. Putken asennussyvyys on tärkeä tietää, sillä putkikaivanto tulee kaivaa vähintään viimeiseltä noin 50 cm matkalta käsin. (HSY.fi.) Kun putken asennussyvyys on tiedossa, kaivuutyöstä aiheutuvat putkien vauriot vähenevät, sillä tällöin tiedetään kuinka syvälle kaivinkoneella voidaan kaivaa.

### 6.2 Putken olosuhteiden tarkastus

Putken olosuhteilla tarkoitetaan maaperää, jossa putki on sekä putkessa virtaavaa vettä. Putkessa virtaavan veden laadun tiedot olisi hyvä tietää, sillä eri laatuiset vedet kuluttavat putkimateriaaleja eri tavoin. Myös vesijohtovesi sekä jätevesi kuormittavat putkia eri tavoin. Jätevedessä voi olla putkimateriaalille haitallisia aineita, jotka voivat aiheuttaa esimerkiksi betoniputken kemiallista korroosiota (Betoni.com 2017, 107).

Maaperästä tulisi selvittää ainakin sen syövyttävyys, vakaus ja muutokset käytön aikana, kuten routiminen (Lampola ja Kuikka 2018, 74). Jos vain mahdollista, olisi maaperästä hyvä kerätä näyte, jotta se voitaisiin tarvittaessa analysoida. Maaperästä otettu näyte kerätään esimerkiksi muoviseen ilmatiiviiseen astiaan. On myös tärkeä merkitä maaperästä otettujen näytteiden tiedot, kuten päiväys sekä näytteenottoaika.

### 6.3 Näytteen koko

Tämän ohjeistuksen näytepalojen koko määritetään perustuen eri näytteitä analysoiden toimijoiden vaatimusten sekä aiheeseen liittyvän kirjallisuuden perusteella. Näytepalan koko vaihtelee myös putkimateriaalin sekä tehtävien testauksien mukaan. Tämä perustuu siihen, että tiettyihin kokeisiin vaaditaan tietty määrä materiaalia, jotta kokeet voidaan suorittaa. Putkinäytteet kannattaa ottaa isomman kokoisina kuin analysoiden toimijat tarvitsevat, sillä se mahdollistaa useamman koepalan ja näin ollen useamman kokeen suorittamisen. Esimerkiksi putkesta otetaan vähintään 70 cm pituinen kappale ja varastoidaan se. Varastoidusta kappaleesta voidaan myöhemmin irrottaa analysointia varten tarvittavat koepalat. Edellä mainitun esimerkin putkinäytteen kooksi on ilmoitettu 70 cm, sillä yhden toimijan vaatimus painekokeeseen on vähintään 70 cm pitkä putkikappale (Holmström 2019-05-24).

Betonisen putken koko on hyvä olla noin 60 mm pitkä, sekä 45-65 mm leveä lieriö (Pyy 2019-04-04). Betoniputkien näytteiden koko on kuitenkin täysin riippuvainen siitä, mitä näytteestä halutaan selvittää. Tähän samaan kokoluokkaan näytteet otetaan myös asbestisementtiputkista, sillä materiaalit ovat molemmat sementtipohjaisia.

Muoviputkilla näytepalojen tulisi olla kooltaan 80–100 mm leveitä ja vähintään 150 mm pitkä. Näytepala tulee ottaa putkesta pituussuuntaisesti. Putkinäytteen analysoija valmistaa edellä mainitun kokoisesta näytepalasta viisi testikappaletta, joilla varsinaiset kokeet suoritetaan. (Leiniö 2019-04-03.) Eurofins Oy:lle toimitettavat muoviputket tulee olla vähintään 70 cm pitkiä ja putkinäytteiden tulee olla ehjästä putkesta. Näille näytteille voidaan suorittaa painekokeita. (Holmström 2019-05-24.)

Metallisista putkista otettavien putkinäytteiden koko riippuu usein siitä, mitä näytteestä halutaan selvittää. Esimerkiksi, jos putkinäytteelle halutaan tehdä useampia kokeita, tulisi näytteen olla noin 300 mm pitkä ja noin 50 mm leveä. Jos putkinäytteelle halutaan tehdä jokin tietty koe, pienempi näytepala riittää. (Vihervä 2019-05-27.) Riihiahho (2019-05-27) painotti, että metallisille putkinäytteille voidaan tehdä kokeita, kun näytteen koko on noin 20-50 cm.

#### 6.4 Näytteenotto ja työkalut

Putkesta otettava näyte tulee ottaa putkimateriaalille soveltuvalla työkalulla. Väärä työkalu tai näytteenottotapa voi vaurioittaa näytettä, eikä näin ollen näytteestä saada todenmukaista analyysia. Putkivalmistajien ohjeita tulisi käyttää putken katkaisussa, jos ohjeita on saatavilla (Suomen LVI-liitto 2013, 42). Vesijohtoverkon ja viemäriverkon putket saattavat olla hyvin lähellä toisiaan. Näissä tapauksissa tulee toimia huolellisesti, sillä vesijohtoverkon saastumisen riski on suuri. Saastumisriskin takia näytteenottajilla tulee olla tiedossa mitä tehdä, jos vesijohtoverkon saastuminen tapahtuu. Talousvesiverkostoissa tehtävissä näytteenotoissa työntekijöillä täytyy olla voimassa oleva vesityökortti. Riihiahho (2019-05-27) painotti, että putkirikon yhteydessä suoritettavaa näytteenottoa ennen on hyvä olla yhteydessä näytteen analysoijaan ennen näytteenottoa.

Metallisista putkista otetut näytteet tulee kuivata mahdollisimman hyvin ja välittömästi näytteenoton jälkeen, ettei putken korrosio pääse enää etenemään. Kuivauksen jälkeen näytepala tulee suojata muovilla, jotta putken sisälle ei pääse mitään aineita, jotka voisivat vaikuttaa näytteen kuntoon. (Suomen LVI-liitto 2013, 42.) Riihiahho (2019-05-27) painotti, että metallisia putkia katkaistaessa putki saattaa lämmetä ja näin ollen vaikuttaa putken ominaisuuksiin. Putkinäytteeseen tulisi jättää noin 5 cm ylimääräistä katkaistuun päähän, jotta näytteestä saataisiin todenmukaisia testituloksia. Metallisia putkia voidaan katkaista esimerkiksi rälläkällä tai polttoleikkaamalla. Polttoleikkausta käytettäessä tulee kuumenemisen takia jättää enemmän ylimääräistä materiaalia putken päihin, jotta keskeltä voidaan ottaa häiriintymätön näytekappale. (Riihiahho 2019-05-27.)

Betoniputkesta näytettä ottaessa tulee välttää rälläkän sekä lyömätyökalujen käyttöä, ettei näytteisiin synny halkeilua. Paras irroitustekniikka näytteenottoon on poraaminen, jolloin putkesta porataan lieriön muotoinen pala pois. (Pyy 2019-04-04.) Muita kuin sementtipohjaisia materiaaleja voidaan leikata esimerkiksi putkisahalla käyttäen materiaaliakohtaisesti oikeaa terää.

Näytteenottoa suoritettaessa tulee muistaa työturvallisuus (rakennustieto.fi). Jyväskylän Energia Oy:n verkostosta näytettä ottaessa tulee noudattaa heidän määrittämiä työturvallisuusohjeita. Eri-tyistä työturvallisuuden huomiointia vaatii työskentely asbestin kanssa. Asbestisementtiputkista näytteenottoa suorittaessa tulee noudattaa asbestin purkutyötä koskevia säädöksiä: Laki eräistä asbestipurkutyötä koskevista vaatimuksista (684/2015) sekä Valtioneuvoston asetus asbestityön turvallisuudesta (798/2015). Asbestisementtiputkesta näytettä ottaessa tulee näytteenottajalla olla voimassa oleva asbestipurkutyölupa. Asbestisementtiputkien näytteenottajilla on oltava asianmukainen suojarustus käytössä. (Rantanen 2018, 2–5.)

## 6.5 Näytteen merkintä

Näytteenotto tapahtumana sekä itse näytepalat ovat tärkeä dokumentoida. Putkesta otettu näyte tulee merkitä välittömästi, jonka lisäksi näyte tulee valokuvata. Putkista otettavista näytteistä tulee merkitä ylös tietyt asiat ja näytteen tiedot merkitään näytteenottolomakkeeseen (liite 1.). Näytepalan merkintä on tärkeä tehdä, jotta näyte on helppo identifioida. Näytepaloihin on tärkeä merkitä putken ylä- sekä alapinnat. Putkien ylä- ja alapinnat kuluvat eri tavoin, joten siitä syystä ne tulee merkitä.

Näytteen merkintä voidaan tehdä erilliselle lapulle, joka kulkee näytteen mukana. Vaihtoehtoisesti näytteen merkintä tapahtuu kirjaamalla näytteen tiedot näytepalaan kiinni. Näytepalaan kirjattaessa voidaan käyttää esimerkiksi teippiä tai tarralappuja, joihin voi kirjoittaa näytteen tietoja. Näytteeseen itseensä ei kuitenkaan ole suotavaa kirjata esimerkiksi tussilla mitään, jos näytteestä tehdään kemiallisia tutkimuksia. Tusseissa saattaa olla kemikaaleja, jotka voivat vaikuttaa näytteen analyysiin. Jos tutkittavasta putkesta voidaan ottaa tarpeeksi suuri näytepala, voidaan merkintä tehdä huolletta suoraan putkeen. Jos putkinäyte lähetetään Dekra Oy:lle tutkittavaksi, tulee näyte merkata omalla näytetunnuksella (Vihervä 2019-05-17).

## 6.6 Näytteen säilytys

On erittäin tärkeää, että putkesta otettavaa näytettä käsitellään vain suojakäsineiden kanssa, ettei näytteeseen tartu käsistä esimerkiksi rasvaa tai muita epäpuhtauksia, jotka voivat kontaminoida näytteen. Näyte tulee säilyttää siten, ettei mikään ulkopuolinen tekijä vaikuta putken kuntoon ja näin ollen vaikuttaisi tutkimustulosten todenmukaisuuteen. Betoniputkista otetut näytteet tulee säilyttää muovipussissa jokainen näyte omassa pussissaan (Pyy 2019-04-04).

Näytepalojen säilytyksessä tulee huolehtia, että olosuhteet ovat kuivat. Esimerkiksi valurautaputken korroosio voi edetä, jos putken pinnalle pääsee kosteutta (Suomen LVI-liitto 2013, 42).

## 6.7 Näytteen kuljetus

Näytettä kuljettaessa tulee huolehtia, ettei näyte kontaminoidu. Kontaminaation välttämiseksi näyte tai näytteet tulee pakata huolellisesti esimerkiksi suojamuovilla. Kuljetuksessa tulisi ottaa huomioon myös logistiikan ekologisuus. Jos näytteitä on tiettävästi tulossa useita lyhyehköllä aikavälillä, kannattaa näytteitä säilyttää ja toimittaa kaikki näytteet yhdellä kuljetuksella.

Kuljetettaessa näytteitä on tärkeä huomioida, ettei näytepalat pääse liikkumaan ja näin ollen vaurioitumaan kuljetuksessa. Näytteet tulee siis kiinnittää kuljetuksen ajaksi kunnolla, jotta ne ovat laboratorioon saapuessa samassa kunnossa kuin säilytyksessä. Näytteen mukana tulisi kuljettaa näytteenottolomake (liite 1.), jotta laboratorioissa saadaan mahdollisimman hyvät lähtötiedot putkesta.

## 7 PUTKINÄYTTEIDEN ANALYSOINTIA TARJOAVAT TOIMIJAT

Alla olevassa taulukossa (Taulukko 2.) kuvataan putkista otettujen näytepalojen analysointiin kykeneviä toimijoita. Tutkimistyön jälkeen tarkempaan tutustumiseen valikoitui taulukossa 2. mainitut yritykset. Taulukossa ei ole kaikki analyysejä tarjoavien toimijoiden kokeet, vaan joiltakin toimijoilta kokeiden listaa on tiivistetty. Taulukon 2 tarkoituksena on helpottaa tilaajan toimintaa ja kertoa tilaajalle esimerkkejä, minne näytteitä voi mahdollisesti toimittaa ja mitä toimijat voivat testata.

Taulukko 2. Putkinäytteiden analysointipalveluita tarjoavia toimijoita (Piirainen 2019-05-27).

Näytepalan analysoija	Materiaali(t)	Testit / Kokeet	Näytteen koko
Dekra Oy, <a href="https://www.dekra.fi/palvelut/materiaa-rikkova-testaus-dt">https://www.dekra.fi/palvelut/materiaa-rikkova-testaus-dt</a>	Metallit	mm. vetokoe, kuumavetokoe, taivutuskoe, iskutkeys-koe, kovuus-kokeet, makrorakennetutkimukset & alkuaineanalyytit	Pituus 300 mm, leveys 50 mm, jos halutaan tehdä useampi testi. Yksittäisille testeille riittää pienempi kappale.
Eurofins, <a href="https://www.eurofins.fi/expertservices/">https://www.eurofins.fi/expertservices/</a>	Metallit & muovit	Visuaalinen arvio (metallit), painekoe (muovit, putken oltava ehjä)	Painekokeeseen vähintään 0,7 m
Kiwa inspecta, <a href="https://www.kiwa.com/fi/fi/palvelumme/dt-tarkastus-eli-rikkovaineenkoetus-dt-destructive-testing/">https://www.kiwa.com/fi/fi/palvelumme/dt-tarkastus-eli-rikkovaineenkoetus-dt-destructive-testing/</a>	Metallit	mm. kovuusmittaus, makro- ja mikrotutkimus, metallografia, vauriotutkimukset, vetokokeet, iskukokeet & taivutuskokeet	noin 20-50 cm
Muovipoli Oy, <a href="https://www.muovipoli.fi/testaus/">https://www.muovipoli.fi/testaus/</a>	Muovit	mm. kovuusmittaus, veto- ja puristuskoe, tiheyden määrittäminen, iskukulujuus, kulumistestaus & UV-vanhennus	Pituus 150 mm, leveys 80-100 mm
Vahanen Rakennusfysiikka Oy, <a href="https://vahanen.com/fi/palvelut/kuntotutkimukset-rakennusfysiikka/laboratoriopalvelut/">https://vahanen.com/fi/palvelut/kuntotutkimukset-rakennusfysiikka/laboratoriopalvelut/</a>	Betoni & Asbestisementti	Puristuslujuus, vetolujuus, kloridit, sulfaattikorroosio, karbonatisoituminen & ohutkokeet	Pituus 60 mm, leveys 45-65 mm

Putkinäytteitä analysoivia toimijoita tutkittiin internetin kautta sekä ottamalla yhteyttä toimijoihin puhelimitse ja sähköpostitse. Ensin tutkittiin kuntotutkimuksia tekeviä sekä materiaalien ominaisuuksia tutkivia toimijoita. Kun mahdollisia toimijoita löytyi, otettiin toimijoihin yhteyttä ja kyseltiin putkinäytteiden analysoinnin mahdollisuuksia. Toimijoilta on kysytty mahdollisuutta tutkia eri materiaalista valmistettuja putkinäytteitä sekä mitä kokeita on mahdollista suorittaa.

Tässä opinnäytetyössä keskityttiin vain Suomessa toimiviin putkinäytteiden analyysipalveluja tarjoaviin toimijoihin. Suomessa toimii useita materiaalien ominaisuuksia testaavia yrityksiä. Kaikki heistä eivät kuitenkaan tutki putkimateriaaleja. Näin ollen kaikkien yritysten joukosta täytyi etsiä ne, jotka tarjoavat putkinäytteiden analysointia. Tähän opinnäytetyöhön kartoitettiin toimijoita vähintään yksi kappale jokaiselle putkimateriaalille, joita Jyväskylän Energia Oy käyttää ja mahdollisesti lähettää analysoitavaksi.

Lähtökohtaisesti kaikki edellä mainitut toimijat tekevät myös kokeita putkinäytteille, jotka voidaan sopia näytteen toimittajan kanssa erikseen. Myös hinnastot ovat vain suuntaa-antavia ja niistä voi neuvotella. Hinnat putkinäytteen analysoinnille ovat halvimmillaan noin 40 euroa, mutta kalleimmillaan yksi koe saattaa maksaa useita satoja euroja. Hinnat ovat myös hieman eroavaisia eri toimijoilla ja eri materiaaleilla. Opinnäytetyötä varten pyydettiin toimijoilta tämän hetkisiä hinnastoja tutkittavaksi. (Leiniö 2019-04-03; Vihervä 2019-05-17.)

## 8 TIETOJEN KERÄÄMINEN JA DOKUMENTOINTI

### 8.1 Tietojen kerääminen

Putkinäytteiden näytteenotosta tehtävä tietojen kerääminen tapahtuu kenttätöissä näytteenottajien toimesta. Tiedot kerätään näytteenottolomakkeelle (Liite 1). Näytteenottolomake täytetään näytteenoton yhteydessä sekä täydennetään jälkepäin, jos lisättävää tulee. Mahdollisena lisäyksenä voi olla esimerkiksi maaperästä selvitetty tiedot. Näytteenottolomakkeen lisäksi tietoihin voidaan liittää tutkitusta näytteestä laboratorion toimittamat tulokset. Lomakkeen lisäksi tulee näytteenotto valokuvata. Valokuvat voidaan myöhemmin liittää sähköisesti lomakkeeseen.

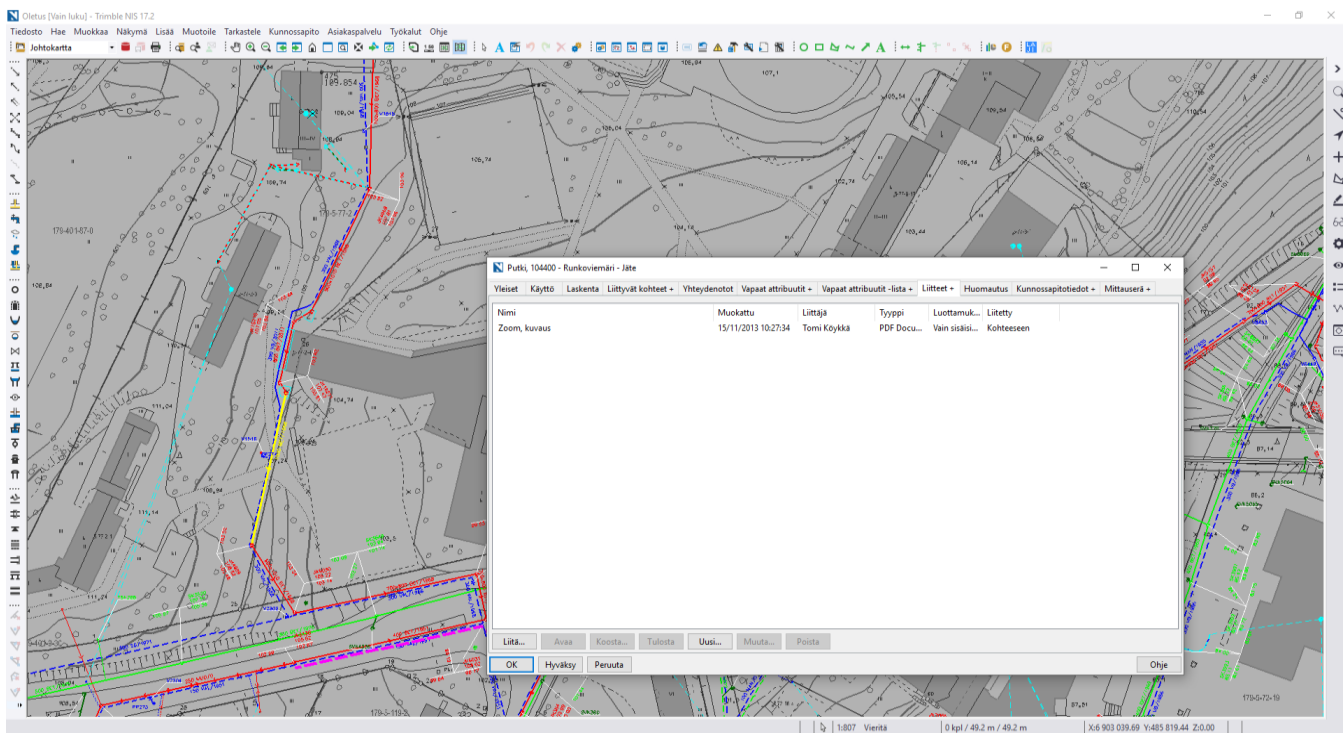
Jyväskylän Energia Oy käyttää putkien näytteenotossa urakoitsijoita. Urakoitsijat tulee perehdyttää näytteenoton tietojen keräämiseen sekä heiltä tulee vaatia tietojen keräämistä. Näytteenottolomake (liite 1.) annetaan näytteenottajille mukaan. On myös tärkeä varmistaa, että näytteenottajilla on valokuvauksen mahdollistava varustus.

### 8.2 Tietojen dokumentointi

Kerätyt tiedot sekä kuvat dokumentoidaan kaikki samalla tavoin. Tietojen dokumentointi tapahtuu Jyväskylän Energia Oy:n käyttämään Trimble-verkkotietojärjestelmään. Näytteenottolomake (liite 1.) täytetään ja ladataan sähköisesti Trimble-verkkotietojärjestelmään. Kerätty tieto voidaan dokumentoida tietylle putkelle. Valitsemalla tietyn putken osan, voidaan nähdä sen tiedot sekä tiedostot, jotka siihen on liitetty.

Verkostoista kerätään näytteitä ajan saatossa useita. Kun näytteenotot sekä niiden tulokset dokumentoidaan, saadaan hyvä ja kattava tietopankki. Kun materiaaleista on saatu riittävästi tietoa, voidaan niiden perusteella arvioida tilastollisesti verkoston kuntoa sekä ominaisuuksia ja näin ollen jäljellä olevaa käyttöikä. (Lampola ja Kuikka 2018, 74.) Varsinkin muoviputkien osalta verkoston käyttöikä on suhteellisen vaikea arvioida, sillä muoviputket eivät ole olleet vielä niin kauaa käytössä, jotta saneeraustarpeita olisi ilmennyt tarpeeksi. Hyvin hoidetun dokumentoinnin avulla muoviputkista saadaan kerättyä hyödyllistä informaatiota.

Putkinäytteiden näytteenotot olisi hyvä dokumentoida käyttäen tiettyä tunnusta. Kaikki näytteenotosta dokumentoitavat tiedostot merkataan lyhyellä tunnuksella esimerkiksi putkinäyte#1. Kun näytteenotoissa käytetään tunnuksia, kaikki dokumentoidut näytteenotot on helppo etsiä Trimble-verkkotietojärjestelmästä. Sama tunnus merkattaisiin dokumentoitavien lomakkeiden lisäksi itse putkinäytepalaan. Helppo tapa tunnuksen käytössä olisi numeroida näytteet numerojärjestyksessä. Ensimmäinen näyte olisi numero yksi ja sitä seuraava numero kaksi ja niin edelleen. Trimble-verkkotietojärjestelmässä on mahdollista hakea hakusanalla tuloksia, joten näytetunnusten käytöllä olisi mahdollista helpottaa kaikkien näytteenottojen hakemista järjestelmästä.



Kuva 10. Havainnekuva Trimble-verkkotietojärjestelmästä. Kuvassa auki putken laitekortti valitusta putkesta (keltainen putki). Laitkorttiin dokumentoidaan liitteenä näytteenotosta kerätyt tiedot. (Pietilä 2019-05-27)

## 9 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän opinnäytetyön tuloksena valmistui ohjeistus vesijohto- sekä viemäriverkostojen putkien näytteenottoon. Ohjeistuksessa käsitellään näytteenoton eri vaiheet. Ohjeistus tulee käyttöön Jyväskylän Energia Oy:lle ja heidän käyttämille urakoitsijoille. Ohjeistuksen avulla putkinäytteiden näytteenotto voidaan suorittaa aina samalla toimintaperiaatteella. Ohjeistuksen lisäksi näytteenoton dokumentointia varten kehitettiin uusi tapa toimia. Näytteenoton dokumentointia varten kehitetty näytteenottolomake (Liite 1.) tulee näytteenottajille käytettäväksi. Tulevaisuudessa ohjeistusta voidaan täydentää, mikäli siinä havaitaan puutteita tai kehitystarpeita.

Opinnäytetyön yhtenä tavoitteena oli kartoittaa putkinäytteiden analysointia tarjoavia toimijoita. Tavoitteena oli löytää jokaiselle putkimateriaalille analysointipalveluita. Toimijoita kartoitettiin vain Suomesta ja heidän mahdollisuudet analysoida eri materiaaleja selvitettiin. Toimijoiden testausmahdollisuudet esitetään liitteissä ja luvussa 7. Kaikille Jyväskylän Energia Oy:n käytössä oleville putkimateriaaleille löydettiin analyysejä tekevä toimija.

Opinnäytetyön yksi tavoitteista oli kehittää tapa kerätä tietoa ja dokumentoida putkinäytteiden näytteenotot. Tästä aiheesta voisi jatkossa kehittää oman projektin Jyväskylän Energia Oy:lle, jossa kehitettäisiin kokonaan uusi järjestelmä, johon näytteenottojen tiedot voidaan dokumentoida. Tästä aiheesta saisi kokonaan uuden opinnäytetyön. Alun perin tämän työn yhdeksi osaksi suunniteltiin uuden dokumentointi järjestelmän kehittämistä, mutta tilaajan kanssa todettiin, että sen työmäärä vastaisi kokonaista opinnäytetyötä.

Putkinäytteiden näytteenoton yhteydessä täytettävä näytteenottolomake (liite 1.) valmistui opinnäytetyön myötä. Näytteenottolomakkeen avulla Jyväskylän Energia Oy:n käyttämät urakoitsijat osaavat kerätä näytettä ottaessa tarvittavat tiedot. Näytteenottolomake kehitettiin mahdollisimman yksinkertaiseksi täyttää, jotta sen täyttämässä ei tulisi ongelmia eikä kuluisi ylimääräistä aikaa. Näytteenottolomake toimitettiin työn aikana yhdelle Jyväskylän Energia Oy:n käyttämälle urakoitsijalle arvioitavaksi. Urakointiyrityksen yhteyshenkilön mukaan näytteenottolomake näytti tarpeeksi selkeältä ja lomakkeessa kysyttiin tarpeelliset asiat.

## LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

Betoni.com. Betoniset viemäri- ja hulevesijärjestelmät [verkkoaineisto]. 2017 [viitattu 2019-04-17]. Saatavissa: [https://betoni.com/wp-content/uploads/2015/04/Betoniset\\_viemari\\_ja\\_hulevesijarjestelmat.pdf](https://betoni.com/wp-content/uploads/2015/04/Betoniset_viemari_ja_hulevesijarjestelmat.pdf)

Concreteconstruction.net [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-05-27]. Saatavissa: [https://www.concreteconstruction.net/business/management/end-of-the-line\\_o](https://www.concreteconstruction.net/business/management/end-of-the-line_o)

HANSKI, Jyri. 2013. Vesihuoltoverkon kunnon ja arvon määrittäminen – tulosityhteenvedo. [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-04-18]. Saatavissa: <https://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2012/VTT-R-08119-12.pdf>

HOLMSTRÖM, Carl 2019-05-24. Muoviputken koko painekokeita varten [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja Juuso Piirainen. Saatavissa: Tekijän sähköposti.

HSY.fi. Työskentely HSY:n putkien ja rakenteiden läheisyydessä [verkkoaineisto] 2019. [viitattu 2019-05-15]. Saatavissa: [https://www.hsy.fi/fi/asiantuntijalle/vesihuolto/vesiverkostot/Documents/tyoskentely\\_hsyn\\_putkien\\_ja\\_rakenteiden\\_laheisyydessa.pdf](https://www.hsy.fi/fi/asiantuntijalle/vesihuolto/vesiverkostot/Documents/tyoskentely_hsyn_putkien_ja_rakenteiden_laheisyydessa.pdf)

Jyri Hanski. 2013. Vesihuoltoverkoston kunnon ja arvon määrittäminen – tulosityhteenvedo. [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-04-16]. Saatavilla: <https://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2012/VTT-R-08119-12.pdf>

Jyväskylän Energia Oy, A. Excel-taulukko, JV-verkosto. [viitattu 2019-05-03].

Jyväskylän Energia Oy, B. Excel-taulukko, Perustietoja JE:stä. [viitattu 2019-05-03].

Jyväskylän Energia Oy, C. Excel-taulukko, VJ-verkosto. [viitattu 2019-05-03].

Jyväskylän Energia Oy, D. Jyväskylän Energia Oy, Tilinpäätös ja toimintakertomus, tilikausi 1.1.2017 – 31.12.2017 [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-04-29]. Saatavissa: [https://www.jyvaskylanenergia.fi/filebank/2850-JE\\_Tilinpa%CC%88a%CC%88to%CC%88sraportti\\_2017.pdf](https://www.jyvaskylanenergia.fi/filebank/2850-JE_Tilinpa%CC%88a%CC%88to%CC%88sraportti_2017.pdf)

Jyväskylän Energia Oy, E. Jyväskylän Energia – yhtiöt, yhteiskuntavastuuraportti 2017 [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-04-29]. Saatavissa: [https://www.jyvaskylanenergia.fi/filebank/2890-JE\\_yhteiskuntavastuuraportti\\_2017.pdf](https://www.jyvaskylanenergia.fi/filebank/2890-JE_yhteiskuntavastuuraportti_2017.pdf)

Jyväskylänenergia.fi, A. [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-05-27]. Saatavissa: [https://www.jyvaskylanenergia.fi/mediatiedote/2857/wiitaseudun\\_energian\\_kauppa\\_toteutuu\\_asiakkaille\\_ei\\_tois- taiseksi\\_muutoksia](https://www.jyvaskylanenergia.fi/mediatiedote/2857/wiitaseudun_energian_kauppa_toteutuu_asiakkaille_ei_tois- taiseksi_muutoksia)

Jyväskylänenergia.fi, B. [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-05-20]. Saatavissa: [https://www.jyvaskyla-energia.fi/filebank/247-veden\\_jakelualue.pdf](https://www.jyvaskyla-energia.fi/filebank/247-veden_jakelualue.pdf)

Jyväskylänenergia.fi, C. [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-05-20]. Saatavissa: [https://www.jyvaskyla-energia.fi/filebank/246-jateveden\\_jakelualue.pdf](https://www.jyvaskyla-energia.fi/filebank/246-jateveden_jakelualue.pdf)

Jyväskylänenergia.fi, D. [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-05-20]. Saatavissa: <https://www.jyvaskyla-energia.fi/lampo/kaukolammon-tuotanto/energiantuotantolaitokset>

Jyväskylänenergia.fi, E. [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-03-28]. Saatavissa: <https://www.jyvaskyla-energia.fi/je-yhtiot/strategia>

Polku: jyväskylänenergia.fi. je-yhtiöt. strategia.

KEKKI, Tomi K, KAUNISTO, Tuija, KEINÄNEN-TOIVOLA, Minna M ja LUNTAMO, Marja. 2008. VESI-JOHTOMATERIAALIEN VAURIOT JA KÄYTTÖIKÄ SUOMESSA. Vesi-Instituutin julkaisuja 3. 1. painos. Turku: Vesi-Instituutti/Prizztech

KEKKI, Tomi K, KEINÄNEN-TOIVOLA, Minna M, KAUNISTO, Tuija ja LUNTAMO, Marja. 2007. TALOUSVEDEN KANSSA KOSKETUKSISSA OLEVAT VERKOSTOMATERIAALIT SUOMESSA. [verkkajulkaisu] Vesi-Instituutin julkaisuja 1. [viitattu 2019-04-10] Saatavissa: <https://www.samk.fi/wp-content/uploads/2016/06/Kekkiym.2007nettiversio.pdf>

LAMPOLA, Tiia, KUIKKA, Sakari. Viemäreiden kuntotutkimusopas. 2018. Vesilaitosyhdistyksen monistesarja nro 50. [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-04-25]. Saatavissa: [https://www.vvy.fi/site/assets/files/2519/viemareiden\\_kuntotutkimusopas\\_final.pdf](https://www.vvy.fi/site/assets/files/2519/viemareiden_kuntotutkimusopas_final.pdf)

LEINIÖ, Ville 2019-04-03. Näytteenotto muoviputkista [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja Juuso Piirainen. Saatavissa: Tekijän sähköposti.

Picacorp.com [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-05-08]. Saatavissa: <https://picacorp.wordpress.com/tag/force-main/>

PIETILÄ, Keijo 2013. Vesihuollon aluesaneerausten arvottamismenetelmän kehittäminen Jyväskylässä. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Ympäristötekniikan koulutusohjelma. Diplomityö. [viitattu 2019-04-11]. Saatavissa: [http://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/93313/Diplomityo\\_Keijo\\_Pietila.pdf?sequence=2&isAllowed=y](http://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/93313/Diplomityo_Keijo_Pietila.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

PIETILÄ, Keijo. Kuva 10.

PIIRAINEN, Juuso. [kuvat 3, 4 & 5].

PYY, Hannu 2019-04-04. Näytteenotto betoniputkista [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja Juuso Piirainen. Saatavissa: Tekijän sähköposti.

RAJANI, B, Kleiner, Y. 2004. Non-destructive inspection techniques to determine structural distress indicators in water mains [verkkojulkaisu]. [viitattu 2019-04-09]. Saatavissa: <https://www.piacacorp.com/Portals/1/Documents/Media/Non-destructive-inspection-techniques.pdf>

Rakennustieto.fi. LVI-järjestelmien tutkimiseen liittyvät materiaali- ja nestenäytteet [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-04-29]. Saatavissa: [https://www.rakennustieto.fi/material/attachments/5f1-PeDhrH/H3PncM3vJ/RTS\\_16\\_21\\_LVI-jarjestelmien\\_tutkimiseen\\_liittyvat\\_materiaali\\_ja\\_nestenaytteet.pdf](https://www.rakennustieto.fi/material/attachments/5f1-PeDhrH/H3PncM3vJ/RTS_16_21_LVI-jarjestelmien_tutkimiseen_liittyvat_materiaali_ja_nestenaytteet.pdf)

RIIHIAHO, Reetta 2019-05-27. Tekninen asiantuntija. [Haastattelu]. Kuopio

Suomen LVI-liitto, yhteistyössä: KOSTEUS- JA HOMETALKOOT. LVV-KUNTOTUTKIMUSOPAS 2013 - Opas lämmitys-, vesi- ja viemäriverkostojen kuntotutkimuksiin. [verkkoaineisto]. 2013 [viitattu 2019-04-27]. Saatavissa: [http://uutiset.hometalkoot.fi/component/dpcontentplugin/files/download/189/LVV-kuntotutkimusopas\\_2013\\_WEB.pdf](http://uutiset.hometalkoot.fi/component/dpcontentplugin/files/download/189/LVV-kuntotutkimusopas_2013_WEB.pdf)

ValuAtlas.fi ValuAtlas polypropeeni [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-04-15]. Saatavissa: [http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/plastics\\_PP\\_FI.pdf](http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/plastics_PP_FI.pdf)

VIHERVÄ, Teppo 2019-05-17. Näytteenotto metallisista putkista [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja Juuso Piirainen. Saatavissa: Tekijän sähköposti

VIHERVÄ, Teppo 2019-05-27. Näytteenotto metallisista putkista [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja Juuso Piirainen. Saatavissa: Tekijän sähköposti

VINKA, Tor-Gunnar. 2003. Korrosion på metaller i Svenska jordar – sammanställning av resultat från fältexponeringar och praktiska erfarenheter. VA – Forsk rapport 34. [verkkoaineisto]. [viitattu 2019-04-09]. Saatavissa: [http://vav.griffel.net/filer/VA-Forsk\\_2003-34.pdf](http://vav.griffel.net/filer/VA-Forsk_2003-34.pdf)

VVY.fi. Ohjeistus vesihuoltolaitoksille asbestisementtiputkien vuotokorjauksiin ja suunniteltuihin korjauksiin liittyviksi töiksi [verkkoaineisto]. [viitattu 19-05-2019]. Saatavissa: [https://www.vvy.fi/site/assets/files/2081/02\\_rantanen\\_sanna.pdf](https://www.vvy.fi/site/assets/files/2081/02_rantanen_sanna.pdf)

WESTERHOLM, Kim 2012. Vesijohtoverkostojen kunnossapidon suunnittelu ja toteutus Hämeenlinnan kantakaupungin alueella. Hämeen ammattikorkeakoulu. Rakentamisen koulutusohjelma. Ylemmän ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö. [viitattu 2019-04-22]. Saatavissa: <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/41299/Opinnaytetyo%20YAMK%20Kim%20Westerholm%20lopullinen%20versio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Liite 1.]

## LIITTEET

## LIITE 1: PUTKINÄYTTEEN NÄYTTEENOTTOLOMAKE

## PUTKINÄYTTEEN NÄYTTEENOTTOLOMAKE

Näytteenotto pvm: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Näytteen tunnus: \_\_\_\_\_

Näytteiden määrä (kpl): \_\_\_\_\_

Näytteiden koko (mm): \_\_\_\_\_

Näytteenottaja (nimi / yritys) :

Näytteenottopaikan sijainti:

Näytteen toimituspaikka:

Putken tiedot:

Talousvesi , Jätevesi 

- Materiaali:

Asbestisementti , Betoni (raudoitettu) , Betoni (ei raudoitettu) , Harmaavalurauta , Pallografiittiva-lurauta , PE-HD , PE-MD , PE-LD , PP , PVC , Ruostumaton teräs , Teräs , Muu, mikä:

- DN (mm): \_\_\_\_\_

- Paineluokka: \_\_\_\_\_

- Asennusvuosi: \_\_\_\_\_

- Peitesyvyys (m): \_\_\_\_\_

Näytteenoton syy: Saneeraus , Putkirikko , Muu, mikä: \_\_\_\_\_

Putken kuormitus:

- Korkeusasema (m): \_\_\_\_\_

Painepiirin maksimipainetaso (mvp): \_\_\_\_\_

- Veden laatu: \_\_\_\_\_

- Ulkopuolinen kuormitus: \_\_\_\_\_

Mahdolliset putkeen kertyneet saostumiset:

Silmämääräinen arvio:

- Syöpymät:

- Epämuodostumat:

Käytetyt työkalut:

**Näytteenottokohdan maaperä:**

- Maalaji:

---

- Muutokset käytön aikana:

---

**Putken ympäröivä täyttömateriaali:**

---

**Mahdolliset muut huomiot maaperästä:**

---

Näytteen ylä- ja alapinta merkattu

Valokuva kaivannosta , valokuva putkesta ennen näytteenottoa , valokuva näytteestä (ulkopin-

nat) , valokuva näytteestä (sisäpinnat)

## LIITE 2: TOIMIJOIDEN TARJOAMAT KOKEET JA ANALYYSIT

## DEKRA Industrial Oy

- Vetokokeet
  - o huoneenlämpö
  - o korotettu lämpötila
  
- Taivutus- ja murtokokeet
  - o taivutus- ja murtokoe
  - o putken kartiolaajennuskoe
  - o litistys- ja Nick-Break koe
  
- Iskukokeet
  - o huoneenlämpö
  - o jäähdytettynä (-90 °C asti)
  - o jäähdytettynä (-196 °C asti)
  
- Kovuuskokeet
  - o Brinell/Vickers/Rockwell-määrittäykset
  
- Makrohietutkimus
  - o hionta, kiillotus, syövytys ja tutkimus
  
- Mikrohietutkimus
  - o hionta, kiillotus, syövytys ja tutkimus
  
- Mikroskooppiset / metallografiset palvelut
  - o ferriittimittaukset (ASTM E562 metallografinen menetelmä)
  - o ferriittimittaukset (Feritscope)
  - o mikrokuonan määrittäminen: ISO 4967 menetelmä A
  - o mikrokuonan määrittäminen: ISO 4967 menetelmä B
  - o mikrokuonan määrittäminen: DIN 50602 menetelmä K
  
- Kemialliset analyysit
  - o alkuaineanalyysi (OES)
  - o alkuaineanalyysi (XRF)

## Eurofins

- Paineekoe (Muoviputkille)
- Visuaalinen arvio (Metalliputkille)

## Kiwa Inspecta

- Metallien alkuaineanalyysi OES-menetelmällä (mm C, S ja P pitoisuudet)
- Kovuusmittaus
- Metallien poikkileikkaushieen valmistus
- Makro- ja mikrotutkimus poikkileikkaushieestä
- Hitsauksen menetelmä ja pätevyyskokeiden testaukset
- Metallografia
- Vauriotutkimukset (esim. murtumismekanismi, korroosiomekanismi ja särön karakterisointi)
- Pyyhkäisyelektronimikroskopia (SEM) ja siihen liitetty alkuaineanalyysi (EDS)
- Ferriittipitoisuuden määrittäminen ferriittimittarilla
- Vetokokeet
- Iskukokeet
- Taivutuskokeet

## Muovipoli Oy

- Vetokoe
  - o huoneenlämmössä
  - o lämpökaapissa (23–300 °C)
  - o kylmäkaapissa (-70–23 °C)
- Puristuskoet
- Taivutuskoe
  - o huoneenlämmössä
  - o lämpökaapissa (23–300 °C)
  - o kylmäkaapissa (-70–23 °C)
- Iskukokeet
  - o huoneenlämmössä
  - o pakkasessa
- Rengasjäykkyys
- Murtopinta-analyysi
- Sulaindeksi
- Kapillaarireometri
- Tiheysmittaus
- Kosteuspitoisuus
- Jäännöstuhkaus
- Värimittaukset
- Shore A/D -kovuus
- Kitkamittaus
- Elmendorf-repimislujuus
- ESCR-jännityssäröily
- DSC/OIT-analyysi
- DMA/DMTA
- TGA
- FR-IR
- Kulutustesti
- Lämpövanhennus uunissa
- UV-vanhennus

## Vahanen Rakennusfysiikka Oy

- Puristuslujuus
- vetolujuus
- kloridit
- sulfaattikorroosio
- karbonatisoituminen
- ohutietutkimus