

Teemu Kivivuori

Vesijohtojen ja viemäreiden saneeraus kaivamatta

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

27.4.2015

| | |
|---|---|
| Tekijä(t) Otsikko | Teemu Kivivuori Vesijohtojen ja viemäreiden saneeraus kaivamatta |
| Sivumäärä Aika | 52 sivua + 2 liitettä 27.4.2015 |
| Tutkinto | Insinööri (AMK) |
| Koulutusohjelma | Rakennustekniikka |
| Suuntautumisvaihtoehto | Infrarakentaminen |
| Ohjaaja(t) | Mika Räsänen, Lehtori, Metropolia AMK Roope Korpela, Laatupäällikkö, Graniittirakennus Kallio Oy |
| <p>Insinööriyössä selvitettiin pääkaupunkiseudun vesijohtojen ja viemäreiden nykyistä kuntoa, putkijakaumaa sekä saneeraustarvetta. Insinööriyössä vertailtiin kaivamatta toteutettavia saneerausmenetelmiä niiden soveltuvuus kohteiden, resurssien sekä kustannuksien kannalta. Saneerausmenetelmistä laadittiin liitteeksi taulukko, jossa esiteltiin kaivamatta toteutettavat saneerausmenetelmät sekä menetelmistä saneerauksen kannalta tärkeimmät tiedot.</p> <p>Opinnäytetyössä selvitettiin vesijohtojen ja viemäreiden vuotojen sekä putkirikkojen yleisimmät syyt. Tutustuttiin vuotojen etsintä- ja paikantamismenetelmiin. Vesijohto- sekä viemäri- vuotojen vaikutukset ovat suoraan verrannolliset kustannuksille. Näiden vuotojen vaikutusta ympäristölle sekä ympäröivään alueeseen selvitettiin. Opinnäytetyössä selvitettiin kaivamatta toteutettavan saneerausmenetelmän kustannustehokkuutta verrattuna auki-kaivu menetelmään. Opinnäytetyössä selvitettiin, mitä resursseja, työkaluja ja kalustoa pitkä-, pätkä- tai pakkosujutusmenetelmin toteutettava saneerausmenetelmä vaatii. Mitä osaamista sekä koulutusta työtä suorittava miehistö vaatii?</p> <p>Tällä hetkellä yritys, jolle tämä insinööriyö tehtiin, ostaa kaikki urakoissa kaivamatta toteutettavat putkilinjojen saneeraukset aliurakointina. Insinööriyössä selvitettiin, mitä sujutuskaluston hankinta yritykselle tulisi maksamaan. Tässä insinööriyössä selvitettiin, tulisiko yrityksen kannalta edullisemmaksi toteuttaa kaivamatta tapahtuvat saneeraukset omalla kalustolla vai ostaa työ aliurakointina. Lopputuloksena voidaan todeta, että saneerausvoilymin ollessa niin vähäistä tällä hetkellä, ei sujutuskaluston hankinta yritykselle kannata.</p> <p>Insinööriyön lopputuloksena voidaan todeta kaivamatta toteutettavien putkilinjojen saneerauksien olevan huomattavasti edullisempia sekä nopeampia toteuttaa kuin auki-kaivumenetelmällä. Kaivamatta toteutettavien putkilinjojen saneerauksien määrä on kuitenkin vielä aika vähäistä. Vähäisen käytön syynä ovat kyseistä menetelmää toteuttavien urakoitsijoiden vähäisyys Suomessa, menetelmien tuntemattomuus sekä rajoittavat tekijät. Suurin syy kuitenkin käytön vähäisyydelle on se että useimmiten vesijohtojen, viemäreiden ja ope- raattoreiden putkiasennukset tai saneeraukset pyritään yhdistämään samaan urakkaan muun kadun parannuksen, kuten uudelleenpäällystämisen, ohella.</p> | |
| Avainsanat | Pitkäsujutus, pätkäsujutus, kustannustehokkuus, putkirikko |

| | |
|---|--|
| Author(s) Title | Teemu Kivivuori Water pipes and drains renovation works with unexcavated methods |
| Number of Pages Date | 52 pages + 2 appendices 27 April 2015 |
| Degree | Bachelor of Engineering |
| Degree Programme | Civil Engineering |
| Specialisation option | Environmental Construction |
| Instructor(s) | Mika Räsänen, Principal Lecturer, Metropolia University of Applied Sciences Roope Korpela, Quality Manager, Graniittirakennus Kallio Oy |
| <p>This thesis set out to investigate the condition of the present water pipes and drains in the metropolitan area, the pipe distribution and the need for renovation. The thesis compares the unexcavated pipeline renovation methods in terms of the suitability of targets, resources and costs. A table of the renovation methods was drawn up. In the table different methods of renovation and the most important facts are shown.</p> <p>The most common reasons for breaks and leaks of water pipes and drains were investigated in this thesis. The thesis also looked into the most used processes of locating and finding the leaks. The effects of leaks in water pipes and drains are in direct proportion to costs. The study looks into the effects of the water pipes and drains leaks on the environment and surrounding area. In this thesis the cost-effectiveness of doing the pipelines renovation work with unexcavated methods was compared to doing it by digging out the renovated pipeline. The study investigates which resources, tools and machines the slip lining and pipe splitting renovation work require. What educations and skills does the working crew need?</p> <p>The company which I make this thesis for subcontracts all the pipeline renovation work which is done by using the unexcavated methods. This thesis investigates what would be the price of the pipe splitting machines for this company. The thesis compares whether it is more cost-effective for the company to carry out the unexcavated pipeline renovation with their own machinery or to subcontract it. The result of this thesis is that the volume of renovations is quite minor so buying the pipe splitting machines for their company is not reasonable at this moment.</p> <p>The result of this thesis is that the pipelines renovation works with unexcavated methods are much more reasonable price-wise and faster to done than doing it digging out the renovated pipeline. The level of doing the pipeline renovation work with unexcavated method is currently quite minor. The reasons for the minor level are low number of contractors in Finland, unfamiliar methods and the limiting factors. The biggest reason for the low level is that all new construction and renovation works of water pipes, drains and operators' pipes are aimed to be combine in the same contract with other road work, for example, paving the road.</p> | |
| Keywords | Slip lining, cost-effectiveness, breaks and leaks of pipes |

Esipuhe

Haluaisin kiittää opinnäytetyössäni auttaneita Suomen Putkisto Palvelu Oy:n työpäällikköä Matti Palosta, Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymän rakennuttaja-valvojaa Tommi Rantasta sekä Graniittirakennus Kallio Oy:n puolesta laatupäällikkö Roope Korpelaa sekä Työpäällikkö Antti Partasta. Lisäksi haluaisin kiittää koulun puolesta työtä ohjannutta lehtori Mika Räsästä.

Sisällys

Lyhenteet ja määritelmät

| | | |
|--------|--|----|
| 1 | Johdanto | 1 |
| 1.1 | Työn rajaus | 2 |
| 2 | Vesijohto- ja viemäriverkon rakentuminen Suomessa | 2 |
| 3 | Vesijohdon ja viemäriin rakentuminen Helsinkiin | 3 |
| 4 | Vesihuoltoverkoston putkijakauma | 5 |
| 5 | Verkoston tiedot | 9 |
| 6 | Putkirikot | 10 |
| 7 | Vesijohtojen ja viemäreiden saneeraustarve | 12 |
| 8 | Vesijohtoverkoston vuotojen etsintä ja paikantaminen | 14 |
| 8.1 | Yleisimmät vesijohtovuotojen etsintämenetelmät | 16 |
| 8.1.1 | Tuotetun ja kulutetun vesimäärän vertailu | 16 |
| 8.1.2 | Yökulutuksen seuranta | 17 |
| 8.1.3 | Painemittaus/virtaamamittaus | 17 |
| 8.1.4 | Maanpinnan tarkkailu | 18 |
| 8.1.5 | Karakuuntelu | 18 |
| 8.1.6 | Kuuntelu vesimittareista | 18 |
| 8.1.7 | Vuotoääniloggerien käyttö | 19 |
| 8.1.8 | Kuuntelu maamikrofonilla | 19 |
| 8.1.9 | Akustokorrelaattorin käyttö | 20 |
| 9 | Vuotovesien vaikutus pumppaamoille ja puhdistamoille | 21 |
| 10 | Saneerausmenetelmien vertailu | 22 |
| 10.1 | Putkisujutus | 24 |
| 10.1.1 | Pitkäsujutus | 24 |
| 10.1.2 | Pätkäsujutus | 28 |
| 10.2 | Pakkosujutus | 32 |
| 10.3 | Joustosujutukset | 34 |
| 10.4 | Pinnoitukset | 37 |
| 10.4.1 | Sementtilaastivuoraus | 37 |

| | | |
|--------|-----------------------------------|----|
| 10.4.2 | Epoksinnoitus | 38 |
| 10.4.3 | Elementtivuoraus | 38 |
| 10.5 | Muut korjausmenetelmät | 38 |
| 10.5.1 | Kohdeinjektointi | 38 |
| 10.5.2 | Letkusujutus | 39 |
| 10.6 | Suuntaporaus | 40 |
| 11 | Sujutus kustannustehokkaasti | 42 |
| 11.1 | Työ aliurakointina | 42 |
| 11.2 | Työ itse tehtynä | 44 |
| 11.3 | Kaluston hankinta yritykselle | 47 |
| 11.4 | Sujutukseen tarvittavat resurssit | 48 |
| 11.4.1 | Pätkäsujutuksen resurssit | 48 |
| 11.4.2 | Pitkäsujutuksen resurssit | 48 |
| 11.4.3 | Pakkosujutuksen resurssit | 49 |
| 12 | Johtopäätökset | 49 |
| | Lähteet | 51 |
| | Liitteet | |
| | Liite 1. Sujutustaulukko 1 | |
| | Liite 2. Sujutustaulukko 2 | |

Lyhenteet ja määritelmät

| | |
|-------------|---|
| Arina | Arina toimii putkien, perustuksien tai anturoiden tiiviinä ja kantavana asennusalustana. Arinan paksuus riippuu käytetystä materiaalista, maaperästä ja minkä pohjana arina toimii. Putkiasennuksissa arinan paksuus on yleensä 15–30 cm. Putkiasennuksissa arina tehdään useimmiten murske- tai sorakerroksesta. |
| HSY | Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä. |
| Ilmivuoto | Vesijohdon tai viemäriputken vuoto, joka on selvästi havaittavissa. Esimerkiksi vesijohdon ilmivuoto on useimmiten helposti havaittavissa maan pinnalle tulvivana vetenä. |
| Kannakointi | Käytettiin aikaisemmin putkiasennuksissa vesijohtojen ja viemäreiden alla tukimateriaaleina. |
| Lankkuarina | Vesijohtojen ja viemäreiden asennusalustoina käytettiin aikaisemmin lankkuja. Nykyään putkiasennuksissa käytetään arinana murske- tai sorakerroksia. |
| Ohipumppaus | Viemäreissä kulkeva vesi johdetaan saneerattavan linjan ohi väliaikaisesti ohipumppaamalla. Toimenpiteellä varmistetaan saneerattavan linjan häiriintymättömyys. Ohipumppaus tapahtuu kohteesta riippuen isoilla pumppukonteilla. |
| Piilovuoto | Vesijohdon tai viemäriputken vuoto, joka ei ole helposti havaittavissa, esimerkiksi maan pinnalle nousevasta vedestä. Vuodon havaitsemiseen tarvitaan useimmiten kehittyneitä vuotojen etsintä- ja paikantamismenetelmiä. |

1 Johdanto

Tämän insinööriyön tavoitteena on vertailla vesijohtojen ja viemäreiden eri saneerausmenetelmiä. Selvittää pääkaupunkiseudun vesijohto- ja viemäriverkostojen rakentamista, nykyistä kuntoa sekä saneeraustarvetta. Saneerausta kaipaavien vesijohtojen ja viemäreiden määrä on loputon, mutta kaikkien saneeraukseen eivät rahat riitä. Mitkä vesihuoltolinjat tarvitsevat ensimmäisinä rahoitusta saneeraukseen? Tässä insinööriyössä kartoitetaan eniten saneerausta kaipaavat putkilinjat sekä niiden materiaalit. Saneeraustarpeen selvittämismenetelmiin tutustutaan sekä viemäreiden ja vesijohtojen vuotojenpaikantamismenetelmiin.

Vesijohtojen ja viemäreiden saneeraukseen on useita eri menetelmiä. Yleisin menetelmä on kaivaa saneerattava putkilinja auki ja uusia vesihuoltolinja niin sanotulla auki-kaivu menetelmällä. Vanhojen saneerattavien putkilinjojen uusimiseen on olemassa monia kaivamatta toteutettavia suorituksiakin. Vesijohtojen ja viemäreiden uusiminen kaivamatta on lähes aina vaivattomampi sekä voi olla myös edullisempi saneerausmenetelmä. Uusittavan viemäri- tai vesijohtolinjan sijaitessa vilkkaasti liikennöidyn kadun alla, ei kadun auki kaivaminen ole välttämättä edes mahdollista. Insinööriyön tavoitteena on vertailla, kumpi on kustannustehokkaampaa toteuttaa saneeraus, auki-kaivumenetelmällä vai kaivamatta?

Vesijohtojen ja viemäreiden saneeraustarpeen määrittää ennen kaikkea putkilinjojen ikä. Tarkempaa tietoa putkilinjan kunnosta saadaan kuntotutkimuksilla, joista selviävät mahdolliset vuotokohdat, painumat sekä siirtymät linjalla. Tämän avulla voidaan määrittää tarkasti linjan saneeraustarve. Viemäreiden kunto selvitetään lähes aina tv-kuvauksin, mutta vesijohdon kunnan selvittäminen tai vuodon paikantaminen on hie-man haasteellisempaa. Putkilinjojen säännöllinen kunnan kartoittaminen on tärkeää, koska esimerkiksi tällä hetkellä pääkaupunkiseudulla vuotovesien määrä vesijohtolinjoilla on lähes neljänneksen vesilaitokselta lähtevästä vedestä mitattuna.

Insinööriyö tehdään yhteistyössä Graniittirakennus Kallio Oy:n kanssa. GRK Oy on infra-alalla toimiva yritys. Yritys perustettiin vuonna 1983 ja toimi aluksi perheyriyksenä. GRK Oy on tällä hetkellä alan suurin yksityinen toimija. Alkuvuosinaan GRK Oy teki lähinnä kiinteistökauppaa ja rakennuttamista ja laajensi vuonna 2007 infra-alan urakoi-

hin. Tällä hetkellä Graniittirakennus Kallio Oy:n palveluksessa on 130 (2015) infra-alan ammattilaista.

Yritys toimii laajasti ympäri Suomea sekä kansainvälisestikin urakointiliikkeenä. GRK Oy:n toiminnan sisältöön kuuluu infrakohteiden pääurakointi. GRK Oy toteuttaa urakoissaan pienempiä ja isompia infrakohteita. GRK Oy:n yksi suurimmista urakkamuotoisista toimialueista on vesihuollon uudisrakentaminen sekä vanhojen verkostojen saneeraaminen.

GRK Oy:lla ei ole omaa sujutuskalustoa viemäreiden tai vesijohtojen saneerauksiin. Tällä hetkellä kaikki kaivamatta tapahtuvat viemäreiden ja vesijohtojen saneerausurakat toteutetaan aliurakointina. Insinööryössä otetaan selvää, mitä tulisi maksamaan, jos yritykselle hankkisi oman sujutuskaluston sekä mitä resursseja työn suorittaminen vaatii? Yrityksen kannalta tarkastellaan, kumpi on kustannustehokkaampi ratkaisu toteuttaa putkisujutus omalla kalustolla vai ostaa työ aliurakointina?

1.1 Työn rajaus

Opinnäytetyössä on otettu kaivamatta toteutettavien saneerausmenetelmien vertailuun yleisimmin ja eniten käytetyimmät saneerausmenetelmät. Työssä on selvitetty yleisimmät vuotojen etsintä- ja paikantamismenetelmät. Opinnäytetyössä on tarkasteltu Graniittirakennus Kallio Oy:n urakoissaan kaivamatta toteutettavien saneerauksien kustannustehokkuutta viimeisen kolmen vuoden ajalta, verrattuna auki-kaivu-menetelmällä toteutettavaan putkilinjan saneeraukseen. Urakoissamme yleisimmin käytetyimpien kolmen saneerausmenetelmän pitkä- ja pätkäsujutuksen sekä pakkosujutuksen tarvitsemää resurssien sekä kaluston määrää on selvitetty. Opinnäytetyössä on yrityksen kannalta selvitetty oman kaluston hankinta hintaa.

2 Vesijohto- ja viemäriverkon rakentuminen Suomessa

Varmasti kuuluisimmaksi vanhoista ja taitavasti rakennetuista vesijohtoverkostoistaan ovat tulleet roomalaiset. Heidän Antiikin Rooman aikakaudella rakennuttamansa akveduktit ovat näistä kuuluisimpia. Näiden sekä muiden vesijohtoverkostojen rappeutuessa lähes lopullisesti keskiajalla, alettiin vasta 1800-luvulla siirtymään nykyaikaisempaan

vesilaitostekniikkaan Euroopassa. Lontoo sai 1820-luvulla ensimmäisen vesilaitoksensa ja Hampuri vuonna 1842. (1, s. 223.)

Aivan alku aikojaan vesijohto- ja viemäriverkon rakentuessa Suomeen olivat vesilaitos ja viemärlaitos erikseen omina toimijoinaan. Vesitekniikassa vesihuollon on määritellyt DI Kauko Tammela: "vesilaitoksen tehtävänä on hankkia raakavesi, puhdistaa se sekä jakaa puhdistettu vesi riittävällä paineella vedenkäyttäjille" (1, s. 218). Viemärlaitoksen tehtävä on Jorma Niemelän toteamana: "johtaa jätevesi, sadevesi ja perustusten kuivatusvesi asumis-, teollisuus- ja muilta alueilta mahdollisimman haitattomasti ja tavallisesti omalla painollaan pois sopivaan purkautumispaikkaan" (1, s. 218). Vesilaitos ja Helsingin kaupungin rakennusviraston omistuksessa ollut viemärlaitos yhdistyivät yhdeksi ja samaksi vesi- ja viemärlaitokseksi Helsingissä 1.1.1984. Suomen ensimmäinen vesilaitos rakennettiin Helsinkiin 1876 ja muihin kaupunkeihin vähän tuon jälkeen. (1, s. 218.)

Vesilaitoksien perustamisen pääperiaatteena oli estää tulipalojen leviäminen kaupungeissa. Varsinkin Suomessa teollisuuden kasvaessa, olivat tulipalot kaupunkiyhteisöille uhkaksi. Vesi- ja viemärlaitoksien yleistyessä Suomessa 1800-luvun lopulta lähtien, alettiin niitä koskevia määräyksiä ottaa paikallisiin rakennusjärjestyksiin. Viemäroinnin rakentuminen on otettu oleellisesti huomioon 1932 voimaan tulleeseen asemakaavalaikiin ja rakennussääntöön. Tämän asemakaavalain ja rakennussäännön mukaan, jos katuun oli suunniteltu liian tai veden poisjohtamiseksi viemärijohto, oli johto rakennettava jo valmiiksi ennen kadun luovuttamista liikenteelle. Rakennuslaissa vuonna 1958 todettiinkin: "asemakaavassa on osoitettava mahdollisuudet veden hankintaan ja alueen viemärointiin". (1, s. 219; 1, s. 220.)

3 Vesijohdon ja viemärin rakentuminen Helsinkiin

Tukholma sai oman vesilaitoksensa vuonna 1861 (1, s. 223). Samoihin aikoihin Suomessa, senaatti oli valmistelemassa omaa esitystään vesijohtoverkoston rakentamiseksi Helsinkiin. Insinööri Endre Lekve jätti ehdotuksen vesilaitoksen perustamisesta Helsinkiin vuonna 1866. Endre Lekve toimi Helsingin Teknillisen reaalikoulun opettajana. Esitelmän mukaan vesilaitos perustettaisiin Vanhaankaupunkiin Vantaanjoen puhtouksen oheisuuteen ja vesi otettaisiin joesta. Joesta otettu vesi puhdistettaisiin laitoksessa ja johdettaisiin kaupunkiin. Vesilaitos rakennettiin ja otettiin virallisesti käyttöön

1.12.1876. Vesilaitoksen virallinen nimi oli vuoteen 1911 asti Helsingin kaupungin vesijohtokonttori. Vesijohtoverkkoa alettiin kunnolla rakentamaan 1870- ja 1880-luvun vaihteessa. Tällöin tehtiin myös suunnitelma viemärijärjestelmän rakentamisesta Helsinkiin. (1, s. 223.)

Viemärijärjestelmä ei tuolloin ollut yhtenäinen osa, koska osa verkostosta oli kaupungin omistuksessa ja osan verkostosta omistivat talonomistajat. Osa verkostosta oli talonomistajien omistuksessa, koska he olivat itse viemärinsä rakentaneet. Vuonna 1878 kaupungininsinööri H. Th. Tallqvist perusteli suunnitelmassaan viemärijärjestelmän verkostoitumista koko kaupungin laajuudelta. Suunnitelmassaan Tallqvist oli perustellut, että jäteveden kulku viemäreissä saadaan varmistettua riittävillä kaltevuuksilla. Mikäli kaltevuutta ei kaikkialle saataisi, oli rakennettava pumppaamo näihin paikkoihin.

Jätekerrostumat viemäreistä oli poistettava käsin. Viemärikanavien täytyi olla 4 jalkaa korkeat ja 2,5 jalkaa leveät, jotta siellä pystyi liikkumaan. Kanavan upottamissyvyydestäkin oli suunnitelmissa ohje: kanavilla tuli olla riittävästi peittosyvyyttä, ettei pakkanen (routa) pääsisi vaurioittamaan niitä. Vuonna 1878 alkoi insinööri Tallqvistin suunnitelman toteuttaminen ja tällöin rakennettiin myös osa Erottajalta Heikinkatujen eli nykyisen Mannerheimintien kautta Töölönlahteen johtavaa viemäriverkkoa. Viemäriverkon pituus oli 1888 vuoden lopulla noin 30 kilometriä. Vuonna 1900 noin 39 kilometriä ja vuonna 1920 lähes 100 kilometriä. (1, s. 225.)

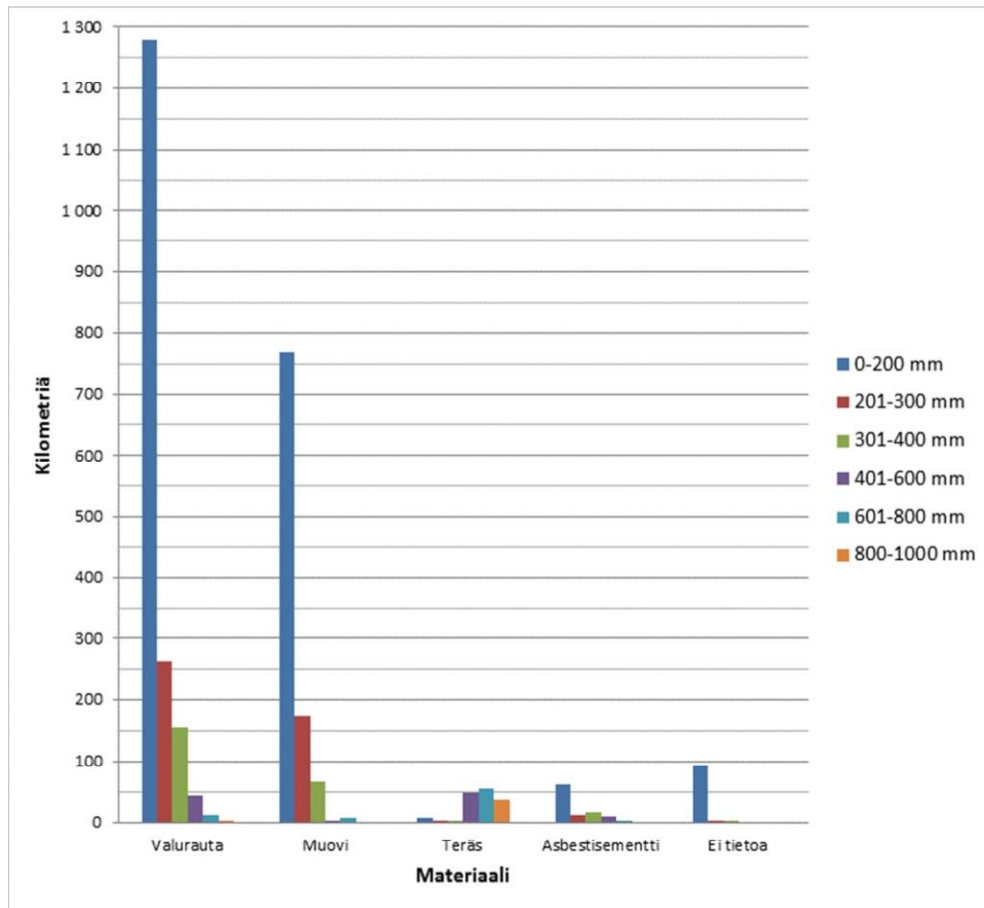
Taulukko 1. Vesilaitoksien käyttöönottovuosi. (1, s. 230.)

| Kaupunki | Vesilaitoksen käyttöönottovuosi |
|-----------------|--|
| Helsinki | 1876 |
| Tampere | 1882, 1898 |
| Oulu | 1902 |
| Turku | 1903 |
| Hanko | 1909 |
| Hämeenlinna | 1910 |
| Lahti | 1910 |
| Mikkeli | 1911 |
| Jyväskylä | 1911 |
| Porvoo | 1913 |
| Kuopio | 1914 |
| Sortavala | 1914 |
| Vaasa | 1915 |
| Kotka | 1916 |
| Kokkola | 1917 |

4 Vesihuoltoverkostojen putkijakauma

Tässä tutkielmassa on tarkasteltu pääkaupunkiseudun katualueilla sijaitsevia viemäri- ja vesijohtoverkostoja sekä linjojen yleistä kuntoa. Pääkaupunkiseudulla vesijohtojen materiaalit ovat pääasiassa valurautaa ja muovia. Pääosin meidän tämän hetken vanhimmat vesijohto- ja viemäriverkostomme ovat rakentuneet sotien jälkeen uudisrakentamisen aikaan 1944-luvun jälkeen. Suurin osa vanhimmista vesijohdoista ovat valurautaputkia. Helsingissä valurautaputkia on 82 % kaikista vesijohdoista. (2.)

Vuonna 1891 Kytälän viemäroinnissä kokeiltiin ensimmäistä kertaa betoniputkia Suomessa. Ennen tätä putkimateriaaleina oli käytetty tiiltä ja puuta. Saumoissa käytettiin savea sekä asfalttitervan ja pien sekoitusta. Vuoden 1905 jälkeen betoniputket otettiin virallisesti käyttöön viemäroinneissä. 1970-luvulle asti lähes kaikki viemärit olivat tehty betonista. Betoniputkia käytetään putkimateriaalina tosin viemäreissä vieläkin hyvin paljon, mutta 1970-luvun alussa alkoi muovi viemäreissä yleistymään. Varsinkin pienemmillä putkilla tänä päivänä uudisrakentamisessa muovi on yleisin materiaali. (1, s. 230; 2.)



Kuva 1. Vesijohdot pääkaupunkiseudulla, jaettuna materiaaleihin ja putkikokoihin. (2, s. 10.)

Muoviputkia alettiin korroosion aiheuttamien haittojen vuoksi käyttämään viemäreiden ja vesijohtojen putkimateriaaleina 1960–1970-luvun vaihteessa. Aluksi muoviputkien hyviä ominaisuuksia ei vielä juurikaan tunnettu ja asennuksessa tehtiin virheitä, jotka vaikuttivat suoranaisesti putken kestävyys. Osa vesijohdoista ja viemäreistä mitoitettiin liian väljiksi 1970-luvulla, koska veden ominaiskulutuksen uskottiin kasvavan suuresti. Tämä on vaikuttanut myös vesijohtojen ja viemäreiden käyttöikänsä. Oikean putkikoon mitoitus vaatii tarkkaa suunnittelua, jossa täytyy mitoittaa mm. virtausnopeudet, virtaushäviöt sekä laskea käytön ja kulutuksen määrät. Putkikoon ollessa liian väljä, pienenee virtausnopeudet ja vesijohdoilla tämä saattaa aiheuttaa korroosio-ongelmia sekä kiintoaineksen kerääntymistä putkeen. Viemäreillä taas linjan kaltevuuksien mitoitus on todella tärkeää, koska kallistuksen ollessa liian jyrkkä on linjan huuhtouma liian suuri. Tällöin kiintoainekes voi jäädä putkien pohjalle ja aiheuttaa käyttö-ongelmia linjalla ajan kuluessa. Viemärit voivat alkaa niin sanotusti padottamaan. Padottamista aiheuttaa myös liian pieni kallistus linjalla. Viemäriin linjan putkikoko ei saa

olla halkaisijaltaan liian pienikään. Liian pieni putkikoko viemäriinjalla saattaa aiheuttaa ongelmia verkostossa ja tätä kautta putkirikkoja. (3, s. 5; 4; 5.)

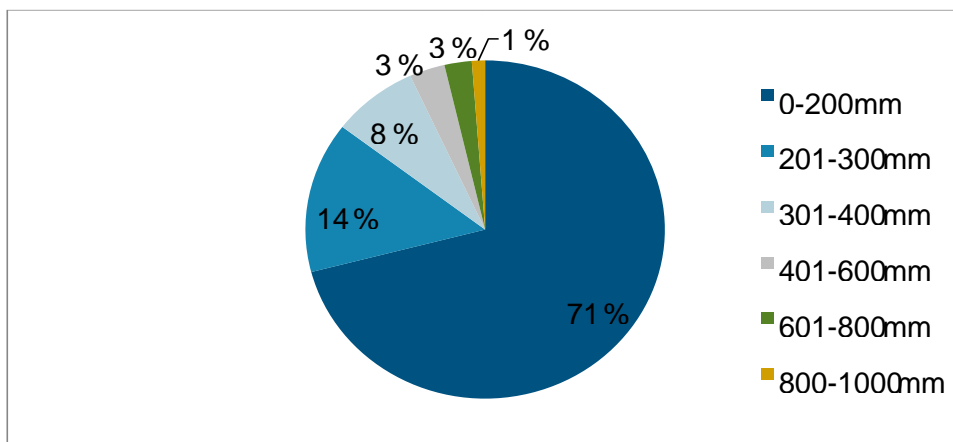
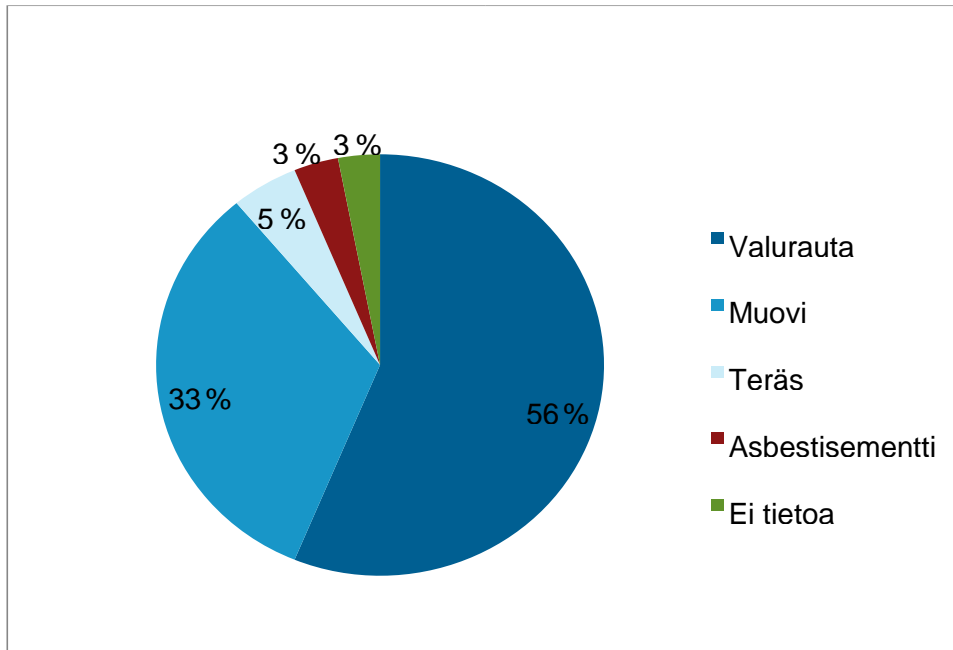
Nykypäivänä uudisrakentamisessa suurin osa viemäreistä ja vesijohdoista rakennetaan muoviputkista, PEH-, PP- tai PVC-putkista. Muoviputkina käytetään myös jonkin verran PEX-putkea, mutta sen käyttöä on rajoitettu vesijohdoissa ilmaantuneiden maku- ja hajuhaittojen vuoksi. Lähes 90 % uusista vesijohdoista rakennetaan muovista. Muovin etu putkimateriaalina on sen kestävyys, pitkä käyttöikä, helppo työstettävyys, kevyt asentaa, hyvät paineluokat putkilla, putkien kerralla asennettavat pituudet sekä liitososien saatavuus. Pienemmissä putkikoissa muovisia putkia valmistetaan kelatavaran, jolloin kerralla asennettavat pituudet voivat olla useita kymmeniä metrejä. Kerralla asennettavien putkilinjojen pituuksia rajoittaa kuitenkin kaivantojen auki pitäminen. Kaivannot tehdään työmailla aina suunnitelmien esittämässä laajuudessa, mutta putkilinja kaivannot eivät saa olla suurelta laajuudelta auki kaivettuina.

Isoimmilla putkikoilla, kuten 1000 mm halkaisijaltaan, viemäreiden materiaali on edelleen betoni ja vesijohdoilla valurauta. Betonilla ja valuraudalla on kuormituskestävyys parempi kuin muovilla. Muovia käytetään materiaalina putkissa eniten 400–500 mm halkaisijaan asti. Tätä isommat putket tehdään vesijohdoissa useimmiten valuraudasta ja viemäreissä betonista. (2; 3; 12.)

Taulukko 2. Pääkaupunkiseudun vesijohtojen materiaalit kaupunkikohtaisesti. (2, s. 12.)

| Materiaali | Espoo (sis. Kauniainen) | Helsinki | Vantaa |
|----------------------------|--------------------------------|-----------------|----------------|
| Valurauta | 38 % | 82 % | 37 % |
| Muovi | 52 % | 6,2 % | 51 % |
| Asbestisementti | 7,2 % | 1,2 % | 1,9 % |
| Teräs | 1,4 % | 10 % | 0,9 % |
| Muut | - | 0,5 % (kupari) | 0,7 % (betoni) |
| Ei tietoa | 1,7 % | 0,05 % | 9,0 % |
| Verkostopituus kaupungissa | 970 km | 1 304 km | 850 km |

Kyseinen kaavio (kuva 2.) on HSY:n (Helsingin seudun ympäristöpalvelut-kuntayhtymä) 6.2.2013 esittämä tutkimus. Ympyrä kaavioissa esitetään Helsingin seudun vesijohtojen putkimateriaalien sekä putkikokojen jakauma. Vesijohdoista lähes 90 % on alle 300 mm halkaisijaltaan.

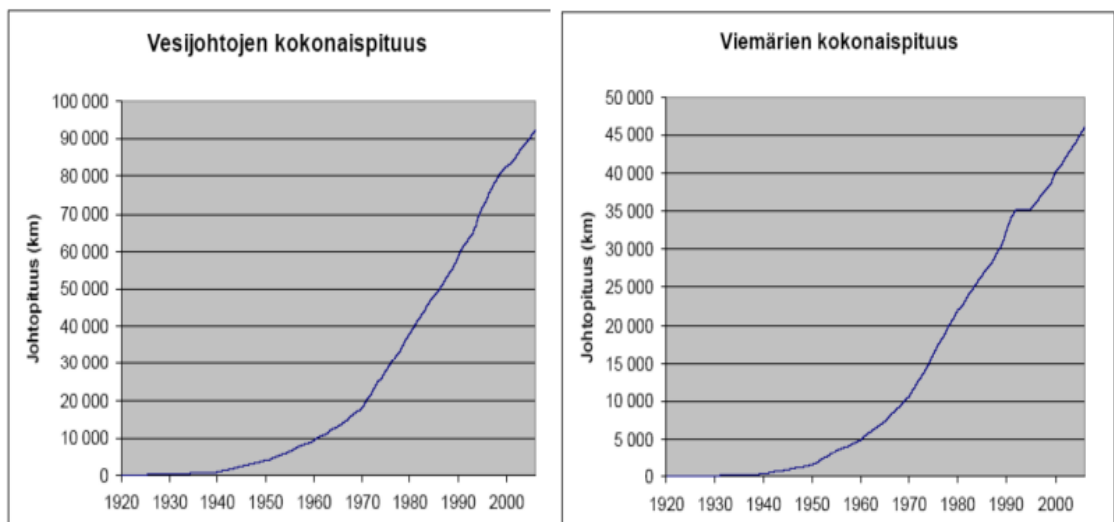


Kuva 2. HSY:n vesijohtojen putkimateriaalien ja putkikokojen jakauma. (2, s. 9.)

5 Verkostojen tiedot

Suurin osa vesijohdoista ja viemäreistä on kartoitettu. Kartoituksen avulla tiedetään putkien sijainti, materiaali ja koko. Kartoitustiedot ja niiden paikkansa pitävyys on tärkeää ennen kaikkea putkien omistajille eli pääkaupunkiseudulla HSY:lle (Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä), mutta myös työmaalla työskenteleville urakoitsijoille. Rakentamisvaiheessa urakoitsijoiden tulee tietää nykyisten putkien sijainti. Kun olemassa olevat putkilinjat ovat tiedossa, vältetään hintavilta ja tahattomilta putkiri-koilta.

Pääkaupunkiseudulla kartoittamattomia putkilinjoja on paljon. Tämä johtuu suurimaksi osaksi siitä, että putkilinjat ovat pääkaupunkiseudulla kohtuullisen vanhoja. Tuohon aikaan kun vanhimmat putket ovat rakennettu, ei juuri tunnettu mitään kartoitusmenetelmiä tai ainakaan ne eivät olleet kovin kehittyneitä. Nykyisin kaivinkoneet saavat siirrettyä suoraan kaivetut ja rakennetut putkilinjat koneohjaukseen, josta mittamies saa rakennettua mallin. Malleissa ovat esimerkiksi kartoitettuina kaikki kaivojen, kaapeleiden ja putkilinjojen sijainnit. Paikkatiedot ovat myös todella tarkkoja. Tämä kartoitettu malli on kaupungilla myös kaikkien saatavilla ja seuraavat kyseisellä alueella työskentelevät urakoitsijat kiittävät varmasti.



Kuva 3. Vesijohto- ja viemäriverkoston kehitys Suomessa. (6, s. 2.)

HSY:n mukaan kartoittamattomia vesijohtoja on noin 16,5 km pääkaupunkiseudulla. (2, s. 10.)

6 Putkirikot

Pääkaupunkiseudulla suurin osa meidän vanhimmista käytössä olevista vesijohto- ja viemärilinjoista ovat rakentuneet 1960–1970-luvulla. Tuohon aikaan putkiliitosten tiivisteet ovat olleet huonoja ja putket ovat päässeet vuotamaan saumoistaan. Vanhojen valurautaisten vesijohtojen ja betonisten viemäreiden vuotojen ja putkien rikkoontumisen syynä ovat myös huonoille maaperille perustamiset. Putket on perustettu heikosti kantavien maiden varaan, kuten savimaille ilman että savia on kaivettu pois. Savimaat lisäävät myös valurautaisten putkien korroosioriskiä ajan kuluessa. Korroosioriskiä savimaissa aiheuttaa saven hienoainespitoisuus ja näin ollen vesipitoisuus. Ajan kuluessa myös liikenne ja infrastruktuuri ovat rakentuneet putkilinjojen päälle. Nämä ovat lisänneet kuormituksia putkien yläpuolisissa maarakenteissa, jolloin sortumia maakeroksissa pääsee tapahtumaan. Heikosti kantavien maiden sortuessa voi syntyä putkirikojakin.

Matalat peitesyvytykset sekä huonot täyttömateriaalit täyttökerroksissa lisäävät putkien routimisriskiä, joka aiheuttaa putkirikkoja sekä vuotoja. Vanhimpien valurauta- ja betoniputkien asennuksissa on käytetty kannakointiin putkien alapuolella ja päällä poikittain asennettuja parruja tai lankkuja niin sanottua lankkuarinaa. Puun ollessa maaperässä, jossa maan vesipitoisuus pitää puun terveenä ja kantavana, lankkuarina toimii. Vesipitoisuuden ja pohjaveden tason vaihdellessa ajan kuluessa alkaa myös parrujen ja lankkujen kantavuus laskemaan. Tällöin lankkuarina voi pettää ja heikot betoni- tai valurautaputkimateriaalit voivat rikkoontua. (3.)



Kuva 4. Vesijohdon putkirikko Helsingin Rautatieasemalla 2009. (7.)

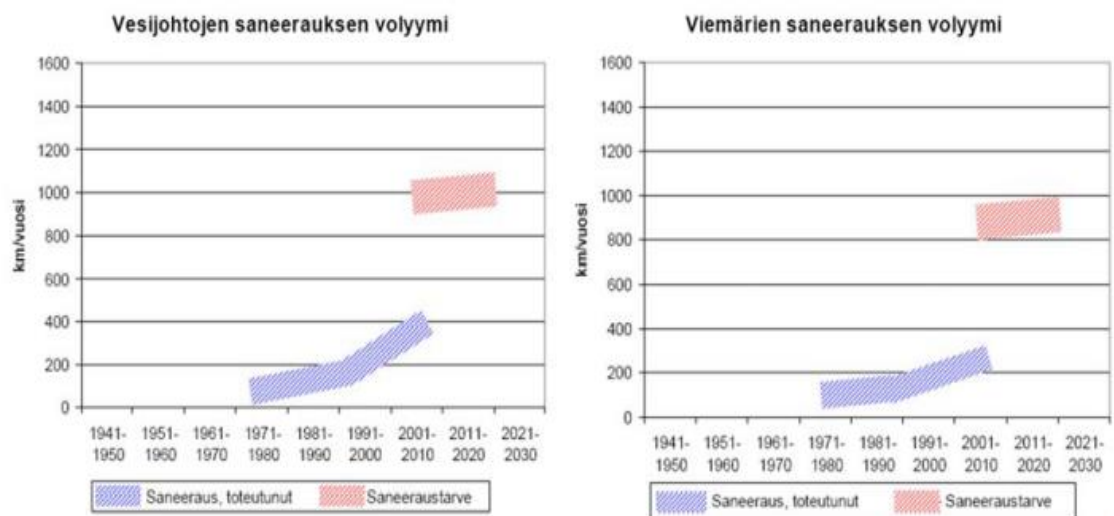


Kuva 5. Rautatientorin putkirikosta v.2009 aiheutui miljoona luokan kustannukset. (7.)

7 Vesijohtojen ja viemäreiden saneeraustarve

Vesilaitosyhdistyksen 21.10.2014 esittelemän saneeraustarve diagrammin (kuva 6.) mukaan, suuren osan viemäreiden ja vesijohtojen saneeraustarve on välitön. Suomessa yleisiä vesijohtoverkostoja on noin 100 000 kilometriä. Välittömän saneerauksen tarpeessa on lähes 6000 kilometriä. Yleisillä vesijohtoverkostoilla tarkoitetaan vesijohtoja, jotka ovat katualueilla eli kunnallisia johtoja. Huonossa kunnossa ovat myös suuri osa tonttivesijohdoista. Niiden kunnosta ei ole tarkempaa tietoa, koska ne ovat kiinteistöjen omistuksessa ja niiden kunnostaminen on kiinteistöjen omalla vastuulla. (6, s. 5.)

Viemäriverkostoja Suomessa on noin 50 000 kilometriä. Tämä määrä on vesihuoltolaitosten tiedossa oleva viemäriverkoston määrä. Vanhoja kartoittamattomia hulevesi- ja jätevesilinjoja on myöskin kohtuullisen suuri määrä. Tästä tiedossa olevasta viemäriverkostosta (50 000 km), tutkimuksien perusteella lähes 12 % eli noin 6000 kilometriä on välittömän saneerauksen tarpeessa. (6, s. 6.)

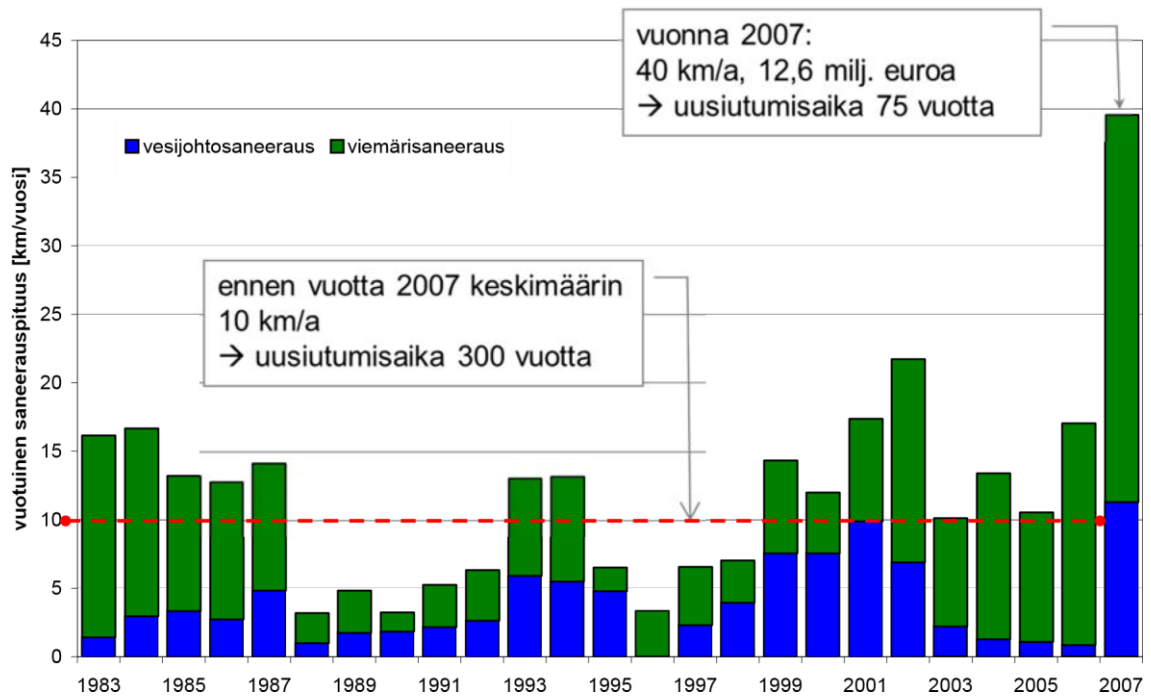


Kuva 6. Vesihuoltoverkostojen toteutuneet saneeraukset ja saneeraustarve. (6, s. 11.)



Kuva 7. Vesijohtoon kerääntynyttä sakkaa. (6, s. 7.)

Vesilaitosyhdistyksen 21.10.2014 esittelemän tutkimuksen mukaan vuosittaisen saneeraustarpeen määrä rahallisesti olisi vähintään 360 miljoonaa. Tällä hetkellä vesijohtojen ja viemäreiden saneeraukseen käytetään vain kolmannes tuosta summasta. Tämä tarkoittaa sitä, että vesijohtoja ja viemäreitä tulisi saneerata lähes 1000 kilometriä vuodessa, saneerausluvun ollessa tällä hetkellä 300–400 kilometriä vuodessa. Karkean arvion mukaan verkostojen pääoma-arvosta käytetään 0,5–1 % korjauskuluihin. Karkeasti jaettuna korjauskulujen jakautuminen vuosittain tällä hetkellä on: vesijohdot 0,4 % ja viemärit 0,6 %. Tulevaisuudessa tarvittavien korjauskulujen arvioidaan olevan vähintään 2–3 % verkostojen arvosta. Tarkoittaen, että nykyisestä verkostopituudesta (vesijohdot ja viemärit) 2 % tulisi vuosittain saneerata tai uusia kokonaan. (6, s. 12.)



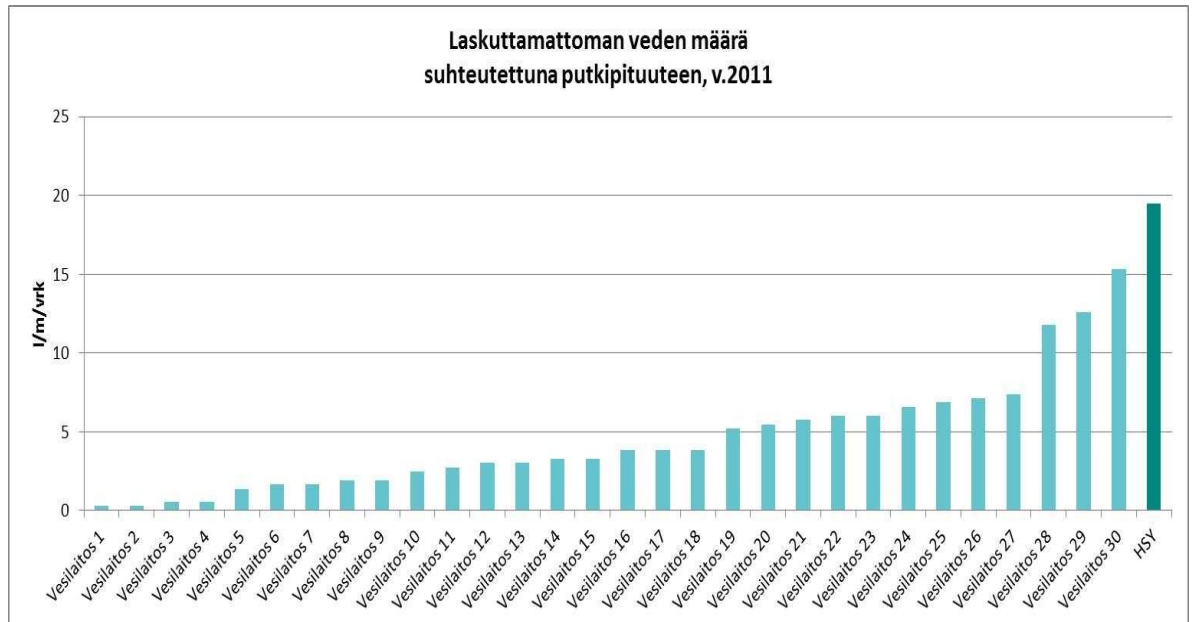
Kuva 8. Vesihuoltoverkoston saneerauksien kehitys Helsingissä v. 1983–2007. (6, s. 13.)

8 Vesijohtoverkoston vuotojen etsintä ja paikantaminen

Viemäreiden ja vesijohtojen vuotojen paikantaminen saattaa joskus olla haasteellista, mutta kustannuksien kannalta ehdoton. Kustannuksiin oleellisesti vaikuttaa myös, onko vuoto ilmivuoto vai piilovuoto? Esimerkiksi HSY:n teettämän tutkimuksen (taulukko 3.) mukaan vesijohtojen vuotovesien määrä pääkaupunkiseudulla vuonna 2012 oli keskimäärin 20 % vesilaitokselta lähtevästä vedestä mitattuna (8). Nykyään tuo luku on kyllä hieman pudonnut (16). Kustannuksien kannalta se on suuri menoerä. Hulevesiviemäreissä nuo vuodot eivät ole ympäristön kannalta niin merkittäviä, mutta jätevesiviemäreissä vuodot saattavat aiheuttaa vaaraa ympäristölle. Olivat vuodot sitten hulevesi- tai jätevesiviemärissä, ovat ajan kuluessa niidenkin aiheuttama haitta kustannuksiin vaikuttava.

Vesijohdoissa vuodot aiheuttavat painevaihteluita. Nämä painevaihtelut linjalla saattavat näkyä paineiskuina, jotka voivat aiheuttaa putkien rikkoontumisen. Vuodot saattavat aiheuttaa myös sortumia ympäröivissä maarakenteissa, harmeja kiinteistöjen perustuksille sekä vesivahinkoja kellarituloille. Vuotoputkien ollessa tiealueella, voivat vuodot aiheuttaa sortumia tierakenteissa. Nämä sortumat ovat ennen kaikkea hintavia korjauskuluineen, mutta saattavat aiheuttaa myös vaaratilanteita liikenteelle.

Jätevesiviemärin vuotaessa ja vuotovesien päästessä vesijohtoverkoston ei puhuta enää pelkästään vuotovesien haitoista kustannuksiin vaan vesijohtoverkoston saastuttamisesta. Haitat ovat suoranaiset ihmisten terveydelle. Saastunutta vesijohtoa joudutaan huuhtelemaan ja desinfioimaan moneen kertaan ennen sen palauttamista vedenjakeluun.



Kuva 9. Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymän vuonna 2011 teettämä tutkimus laskuttamattoman veden määrä suhteutettuna putkipituuteen. (8, s. 7.)

HSY:n vuotovesimäärä suhteutettuna muihin vesilaitoksiin on suurin.

Taulukko 3. HSY:n vesijohtoverkoston vuotoluvut pääkaupunkiseudulla v. 2012

| | Helsinki | Espoo ja Kauniainen | Vantaa | HSY |
|------------------------------------|------------|---------------------|-----------|-------------------|
| Vuotovesi (m ³ /a) | 11 598 000 | 4 046 000 | 3 490 000 | 19 134 000 |
| Vuotovesi (m ³ /km/vrk) | 24 | 11 | 12 | 17 |
| Laskuttamaton vesi (%) | 22 | 23 | 21 | 22 |
| Vuotoprosentti (%) | 21 | 20 | 20 | 21 |
| ILI-luku | 9 | 4 | 4 | 6 |

ILI-luku (*infrastructure leakage index*) on vuotovuusindeksi, joka kertoo vesijohtoverkoston hallinnan kokonaistehokkuutta vuotojen kannalta. (8, s. 10.)

8.1 Yleisimmät vesijohtovuotojen etsintämenetelmät

Vanhimpia ja käytetyimpiä menetelmiä vesijohtovuotojen selvittämiseen on kaasun käyttö. Kyseisessä menetelmässä vuotavalle vesijohto linjalle laitetaan kaasupatruuna ja kohta, missä kaasu nousee maan pintaan, on vuoto todennäköinen (kuva 10). Menetelmällä saadaan venttiilien välinen linja tutkittua. Aluemittaukset, joissa vesijohtolinjalla venttiilien välejä suljetaan ja avataan vuotokohtien paikallistamiseksi, pidetään yhtenä tehokkaimmista vuotojen etsintä menetelmistä. Vesijohto vuotojen selvittämiseen on vuosien aikana kehittynyt monia muitakin menetelmiä.



Kuva 10. Vuodon selvittäminen savukokeen avulla. (11.)

8.1.1 Tuotetun ja kulutetun vesimäärän vertailu

Vesilaitoksen tietojen perusteella saadaan mittaamattoman vedenkulutuksen määrä selville. Näiden määrien avulla voidaan seurata eri mittauspisteiden kulutuksen kehitystä. Näin saadaan rajattua vuotokohta kulutuksen nousua tarkkaillen. (9.)

8.1.2 Yökulutuksen seuranta

Vesijohtoverkoston aluemittauksia pidetään tehokkaimpina vuotojen selvitysmenetelmistä ja ennen kaikkea yöllisen kulutuksen seuraaminen on oiva työväline mahdollisten vuotokohtien paikallistamiseen. Yöllistä minimivirtausta tarkkailemalla voidaan laskea tietyllä alueella hukkaan valuvan veden määrä. Yöllä kulutus verkossa on tasaisinta, jolloin muutokset kulutuksessa on helpompi havaita. Laskelmat tehdään vertaamalla minimivirtaamaa kulutuksen määrään, joka kyseisellä alueella kuuluisi olla. (10, s. 16.)

8.1.3 Painemittaus/virtaamamittaus

Uusille rakennettaville vesijohtolinjoille sijoitetaan paljon paine- ja virtaamamittareita (kuva 11). Mittareilla seurataan virtaaman määrää, mutta niiden avulla voidaan selvittää myös mahdollisia vuotoja ja vuotomääriä. Vuoto aiheuttaa verkostossa paineen alenemista ja vastaavasti virtaama kiihtyy hiljalleen. Mittarista voidaan lukea mittarilukema paikan päällä tai etäisesti, jonka avulla päästään selville vuodosta ja vuotokohdan paikannettua, voidaan aloittaa korjaustoimet. (9; 10, s. 17.)



Kuva 11. Kaivossa oleva virtaamamittari. (11.)

8.1.4 Maanpinnan tarkkailu

Yksinkertaisin vesijohdon vuodon havainnointimenetelmä on todeta se maanpinnalta. Voimakkaassa vesijohdon vuodossa vesi tunkeutuu nopeasti maan pintaan ja on helppo havaita. Paitsi talvella maan ollessa roudassa on havaitseminen hankalampaa, koska vesi voi tunkeutua maan pinnalle paljon etäämmältä vuotokohdasta. Piilovuodotkin aiheuttavat yleensä maan pinnassa muutoksia. Piilovuoto näkyy useimmiten maan pinnassa kosteana läiskänä, joka ei kuivu kesälläkään. Putken vuotaessa pitkään, on vuoto kohdan päällä maan pinnalla oleva maa-aines pehmeämpää kuin muualla. Viheralueella vuotokohdan voi havaita selvästi vehreämpänä kuin muun nurmialueen. Talvella tämän taas saattaa huomata vuotokohdan pysyvän sulana muun ympäristön ollessa roudassa. Tie- tai katualueella vuotokohdan voi havaita maanpinnan painumina. Vuotokohdasta virtaava vesi syö kadun tai tien rakennekerroksia aiheuttaen painumia. Tie pinnan ollessa tiivis, kuten asfaltoitu vesi ei pääse purkautumaan maan pinnalle vaan virtaa pinnan alla asfalttia myöden. (9.)

8.1.5 Karakuuntelu

Perinteisin tapa vuotokohtien selvittämiseksi on karakuuntelu. Karakuuntelussa kuunnellaan karojen päistä hyvin ääntä johtavalla metallitangolla, jonka päässä on puusta tehty kuppia muistuttava vuotokappale. Puukuppien tilalle on myös tehty ääniä vahvistavia kojeita. Karojen päästä pyritään kuuntelun avulla paikantamaan vuotokohta tai ainakin saadaan selville onko kyseisellä venttiili välillä vuotoa. Kuuntelu pyritään suorittamaan yö aikaan tai rauhallisempana hetkenä riippuen venttiilien ja karojen sijainnista. Vilkkaasti liikennöidyllä katualueella muun metelin ohella kuuntelu saati vuodon paikallistaminen on lähes mahdotonta. Kuunteluun voidaan vaikuttaa avaamalla venttiilejä vain hieman, jolloin virtaus linjan välillä on suurempi ja ääni kasvaa. Menetelmä vaatii kokenutta kuuntelijaa. (9; 10, s. 16.)

8.1.6 Kuuntelu vesimittareista

Vesimittareista voidaan saada myös äänihavaintoja mahdollisista linjalla olevista vuotoista. Vesimittareita vaihdettaessa tai lukemisen yhteydessä tulisi samalla aina tehdä äänihavaintoja mahdollisista vuotoista. Menetelmään sopii samanlainen koje kuin karakuuntelussakin. (10, s. 16.)

8.1.7 Vuotoääniloggerien käyttö

Vuotoääniloggerit ovat uusi menetelmä vesijohtolinjoilla sijaitsevien mahdollisten vuotojen paikantamisessa. Menetelmä soveltuu ainoastaan metallisille vesijohdoille. Menetelmässä kuunnellaan kyseistä verkoston väliä mahdollisimman hiljaiseen aikaan verkoston käytön kannalta eli yleensä öisin. Mittausta tehdään yleensä kuuden ääniloggerin avulla, jotka ovat noin nyrkin kokoisia antureita. Loggerit on ohjelmoitu tietokoneella suorittamaan kuuntelua tiettyinä kellon aikoina. Loggerit sijoitetaan vesijohtoverkostolla sijaitseviin laitteisiin, yleensä helpoimmin sijoitettavissa paloposteihin. Loggerit mittaavat ohjelmoituina kellon aikoina ääntä verkostosta esimerkiksi yöaikaan ja seuraavana päivänä verkostolta mitatut tiedot ovat luettavissa. Mittaustulokset analysoidaan ja sitä kautta saadaan mahdollinen vuoto kyseisellä linjalla havaituksi. Menetelmä on nopea ja helppo vuodon paikantamismenetelmä. Haittana on mittaustulosten hankala analysointi. (9.)

8.1.8 Kuuntelu maamikrofonilla

Menetelmässä kuunnellaan maata vasten olevasta menetelmään suunnitellusta mikrofonista korvakuulokkeiden avulla mahdollisia vesijohtovuodon aiheuttamia ääniä (kuva 12). Kuuntelu maamikrofonilla on ehkäpä hankalin vuodon paikantamismenetelmä, koska kuuntelu ja varsinkin äänien tulkitseminen vaatii erittäin kokenutta kuuntelijaa sekä täysin äänettömän ympäristön havaitakseen mahdollisia vuodon aiheuttamia ääniä. Menetelmä soveltuu parhaiten muovisille putkille. Metallisilla putkilla vuodon ääni kantautuu hyvin voimakkaana ja voi näin ollen heijastua takaisin kuuntelijaan aiheuttaen muutoksia äänien tulkitsemisessä. (9.)



Kuva 12. Kuuntelu maamikrofonilla. (11.)

8.1.9 Akustokorrelaattorin käyttö

Akustokorrelaattorin käyttö on kuuntelu menetelmistä tarkin. Menetelmä toimii tietokoneen avulla samalla tavalla kuin ääniloggerikin, keräämällä verkostosta äänihavaintoja ja analysoimalla sekä paikallistamalla saaduista tiedoista mahdolliset vuotokohtat. Akustokorrelaattori antaa vain tarkemmat tiedot ja sijainnit vuotokohdasta. Kyseinen menetelmä ei sovi kuin metallisille vesijohdoille. (9; 10, s. 17.)

Taulukko 4. Vuotojen vähentämisen kautta syntyvä kustannusvaikutus. (8, s. 20.)

| Vuosi | Vuotovesimäärä (m ³ /km/vrk) | Vuotovesimäärä (m ³ /a) | Vuotovesimäärän muutos (m ³ /a) | Kustannusvaikutus (€/a) |
|--------------------|---|------------------------------------|--|-------------------------|
| Nykytaso (v. 2012) | 17 | 19 200 000 | | |
| v. 2018 | 12 | 13 578 000 | - 5 622 000 | - 337 320 |
| v. 2023 | 10 | 11 315 000 | - 7 885 000 | - 473 100 |
| v. 2023* | 20 | 24 000 000 | +12 685 000 | +761 000 |

HSY:n teettämä tutkimus, vuotovesimäärien vähentymisestä syntyvä kustannusvaikutus. (HSY, vesijohtoverkoston aluemittausjärjestelmä 23.5.2014). Vuotovesi määrien muutosta kustannuksiin vuosina 2018 ja 2023 on verrattu vuoden 2012 tilanteeseen (taulukko 4). Viimeisessä sarakkeessa on kuvattu vuonna 2023 vuotovesien määrää sekä niiden vaikutusta kustannuksiin, mikäli vuotovesimäärät kasvavat samaa vauhtia kuin ne ovat kasvaneet viimeisen 15 vuoden ajan. (8, s. 19–20.)

9 Vuotovesien vaikutus pumppaamoille ja puhdistamoille

Vuotovesien merkitys näkyy paitsi vedenkulutuksessa myös energiankulutuksessa pumppaamoilla. Linjalla ympäristöön vuotava vesi lisää pumppaamoilla pumppaustarvetta, joka näkyy suoraan lisääntyneenä sähkön kulutuksena. Muita vuotovesien aiheuttamia ongelmia pumppaamoille ovat:

- Viemäriputkistoon kerääntynyt hiekka
- Hiekan ja muun hienoaineksen pumpuille aiheuttama tukkeutumisriski
- Ylivuodoista aiheutuneet ympäristöhaitat
- Huolto- ja korjaustarpeen lisääntyminen, joka näkyy kustannuksissa.

Vuotovesien aiheuttamat haitat vesihuoltolinjoilla näkyvät myös puhdistamojen päässä. Vedenpuhdistamoille tuleva vesimäärä voi jopa kaksin- tai kolminkertaistua. Muut haitat:

- Puhdistamojen sähkön kulutus lisääntyy
- Välppäysongelmat, puhdistamojen erottimet tukkeutuvat ja voivat alkaa padottamaan
- Hiekanpoistopumppujen tukkeutuminen
- Hiekanpesutulos on huonompi
- Pesurit joutuvat tulvakäytölle, jonka vuoksi osa hiekasta pääsee prosessista eteenpäin
- Kemikaalien syöttötarpeen lisääntyminen
- Mädättömään menevä liete kylmää ja näin ollen lietteen lämmitystarve lisääntyy, mikä lisää sähkön kulutusta
- Kylmä vesi hidastaa puhdistuskemikaaleista syntyvän nitraattityypen haihtumista.

Lisääntyneen vesimäärän tulo puhdistamoille aiheuttaa prosessin lämpötilan laskemista, joka taas aiheuttaa biologisen vaiheen toiminnan hidastumista. Rihmakasvusto sekä muu eloperäinen aines lisääntyy ja kerääntyy altaiden pintaan. Tämä taas vähentää lietteen laskeutuvuutta. (12.)

10 Saneerausmenetelmien vertailu

Saneerausmenetelmän valitseminen vaatii huolellista suunnittelua, jossa on otettava huomioon monta eri tekijää. Vesijohtojen ja viemäreiden saneerauksessa optimaalisinta olisi valita paras ratkaisu kustannuksien, resurssien sekä vallitsevan maaperän ja ympäristön kannalta. Putkilinjan saneeraus onnistuu lähes aina kaivamalla auki korjattava linja tai vuotokohta, mutta se ei ole aina edullisin tai edes mahdollinen vaihtoehto. Niin sanottu auki-kaivu-menetelmä vaatii aina laajempia maanleikkaus- sekä läjitystöitä, jotka vaativat myös enemmän työtilaa sekä aluetta maastosta. Mikäli on mahdollista, tulisi putkilinjan saneeraustyö suunnitella ja toteuttaa niin, että siitä aiheutuisi mahdollisimman vähän haittaa vallitsevalle ympäristölle. Esimerkkinä saneerauskohde, joka sijaitsee keskellä taloyhtiön sisäpihaa, josta asukkaat kulkevat koteihinsa. On mahdolli-

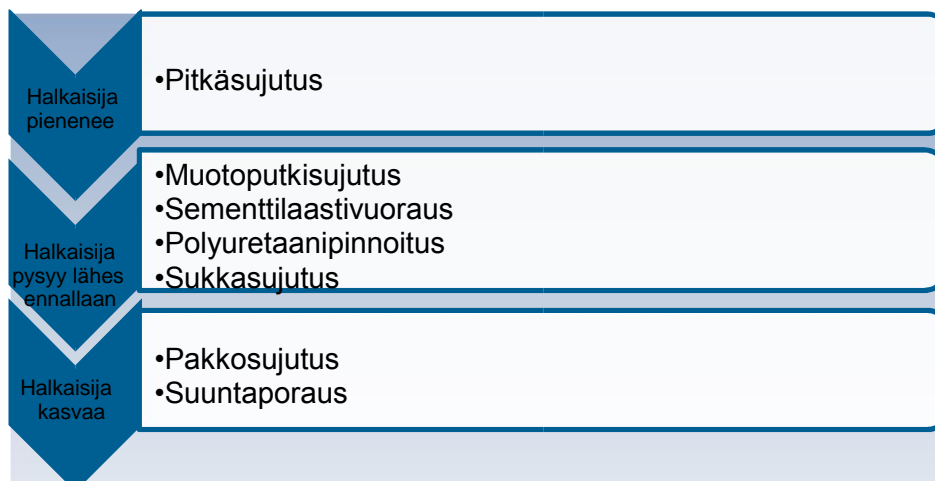
suuksien mukaan syytä miettiä, olisiko asukkaiden kannalta miellyttävämpi vaihtoehto toteuttaa saneeraus kaivamatta saneerattavaa linjaa auki?

On myös kohteita, missä saneerauksen tekeminen auki-kaivu-menetelmällä ei ole mahdollista. Rajoittavia tekijöitä saneerattavan putkilinjan auki-kaivamiselle voivat olla:

- Vilkkaasti liikennöidyt tiet tai väylät, työnaikaisten liikennejärjestelyjen teko hankalaa ellei mahdotonta
- Infrastruktuuriset esteet, rakennukset, perustukset, junaradat ym. esteet
- Rajoittavat ympäristötekijät, suojeltavaa puustoa tai viheristutuksia
- Vesistöjen alitukset.

Putkilinjojen saneeraukseen on monia kaivamatta toteutettavia saneerausmenetelmiä. Saneerausmenetelmissä on kuitenkin rajoituksia ja eroja, näin ollen niiden soveltuvuus eri kohteisiin täytyy ottaa aina huomioon. Kaikki rakentamiseen liittyvä työ vaatii aina huolellista suunnittelua niin myös putkilinjan saneeraus. Putkilinjan saneerausmenetelmää valittaessa on otettava huomioon aikaisemmat kokemukset saneerauksista ja menetelmistä. Kokemuksia vertaillaan ja sovelletaan uusiin kohteisiin. Näiden lisäksi on myös huomioitava kaikissa saneerausmenetelmissä:

- Saneerattavan linjan kunto ja ominaisuudet (tv-kuvaus)
- Ympäristö (maaperätutkimukset)
- Vesijohtoa saneerattaessa väliaikaisen vedenjakelun järjestäminen pintaverkkona, tämä rajoittaa talvella tehtävää saneeraustyötä
- Mahdolliset saneeraukseen liittyvät riskit ja haittatekijät ympäristölle
- Liitoskohtien paikat, liitoskohdat kaivettava esille sekä kulmat
- Viemäreitä saneerattaessa kaivojen paikat
- Viemäreitä saneerattaessa mahdolliset ohipumppaukset
- Putkikoko, osassa aukikaivamatta toteutettavissa saneerausmenetelmissä putkikoko muuttuu. (kuva 13.)



Kuva 13. Saneerausmenetelmien vaikutus putken halkaisijaan. (2, s. 4.)

10.1 Putkisujutus

Putkisujutuksia ovat pitkäsujutus ja pätkäsujutus. Molemmat putkisujutusmenetelmät soveltuvat niin vesijohdoille kuin viemäreillekin. Putkisujutuksessa saneerattavan putkilinjan koko pienenee. Molemmat niin pitkä- kuin pätkäsujutuskin soveltuvat lähes kaikkiin kohteisiin.

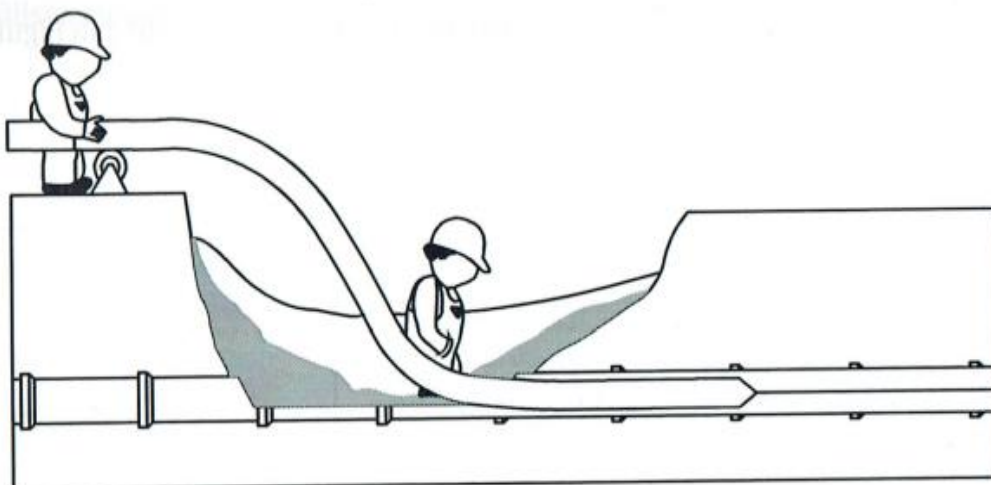
10.1.1 Pitkäsujutus

Pitkäsujutus on 1960-luvulta alkaen käytössä ollut putkilinjojen saneerausmenetelmä (3). Saneerattavaan putkilinjaan asennetaan useimmiten vetämällä uusi sujutettava putki. Sujutus onnistuu myös työntömenetelmin. Pitkäsujutuksessa putkikoko hieman pienenee vanhaan putkilinjaan verrattuna. Materiaalina pitkäsujutuksessa käytetään muoviputkia, PEH, PP ja PVC -putkia. Tuotemerkiltään sujutuksissa käytetään useimmiten ProFuse-putkea, jonka pinta kestää enemmän sujutuksissa tulleita naarmuja ja kolhuja. Pitkäsujuttamista voidaan tehdä yhdestä paikasta useita satoja metrejä kerralla. Yleensä kerralla pitkäsujutettavat pituudet ovat kustannuksista ja työn haastavuudesta riippuen noin 150–200 metriä pitkiä. Pisimmät sujutukset ovat noin 400–450 metrin pituisia, yhdestä paikasta tehtynä. (17.)

Putkiliitokset tehdään hitsaten, puskuhitsauksella tai sähkömuhvihitsauksella. Pitkäsujutuksen maksimi putkikoot vesijohdoilla ovat 600–800 mm ja minimi 50 mm hal-

kaisijaltaan. Viemäreillä pitkäsujutettavat maksimi putkikoot ovat 1600 mm ja minimi 100 mm halkaisijaltaan (17). Käytännössä pitkäsujutusta voidaan tehdä niin suurella putkella, kuin saneerattavaan linjaan saadaan vain mahtumaan. Mikäli uusi putki jää saneerattavalle putkilinjalle jumiin, on sitä vaikea, ellei mahdotonta saada pois. Jumiin jäänyt putkikohta on kaivettava auki ja poistettava tai sitten porattava kiinni jäänyt putki hajalle.

Pitkäsujutus on lähes täysin niin sanotusti kaivamatta tapahtuva saneerausmenetelmä. Ainoastaan sujutettavan linjan päätykohdat ovat kaivettava auki. Kohdat, missä liitokset vanhoihin olemassa oleviin putkiin tehdään eli sujutuksen aloitus- ja lopetuspäädyt sekä tonttihaarojen liitoskohdat. Pitkäsujutus onnistuu yleensä kohtuullisen hyvin vanhan linjan kulmakohdissa, mutta joskus sujutettavan linjan kulmakohdat täytyy kaivaa esille ja katkaista vanha putki, jotta saadaan uusi putki kulmakohdasta taipumaan. Kulmien ollessa jyrkkiä, kulmakohdat ovat kaivettava aina auki. Sujutusputkikokojen ollessa pieniä 50–110 mm onnistuu pitkäsujutus kulmakohdissa paremmin, koska pienempi putkikoko antaa enemmän periksi. Vanhassa putkilinjassa oleva runsas kiintoaines vaikeuttaa etenkin kulmakohdissa sujutustyötä.



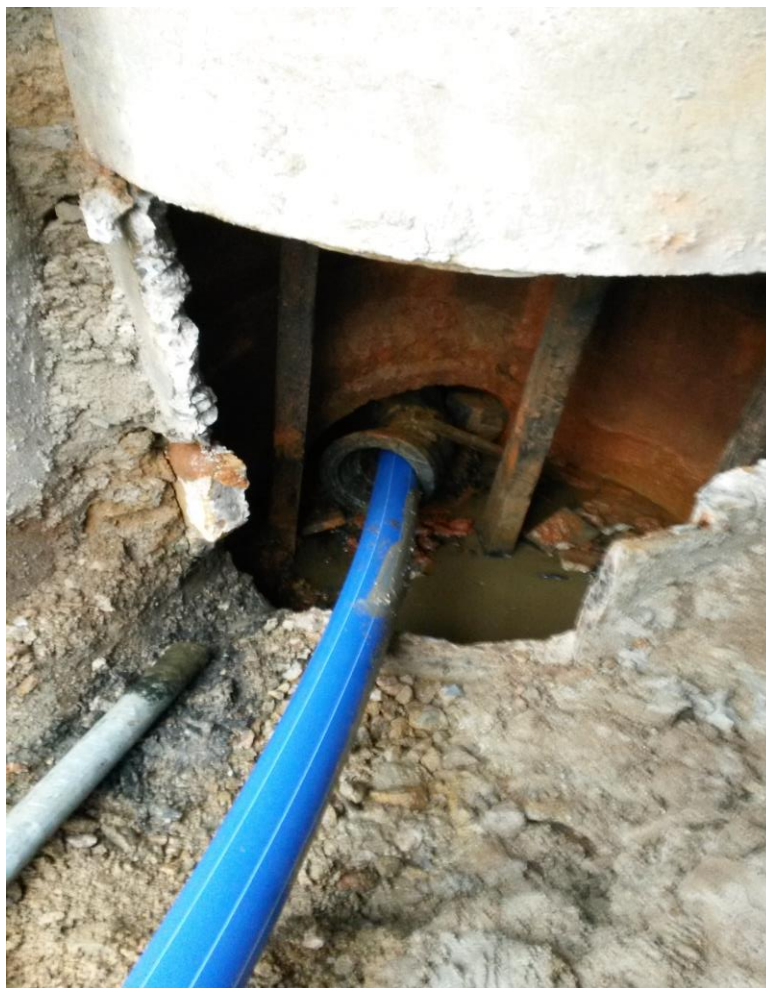
Kuva 14. Pitkäsujutus. (13, s. 128, Kuva 2.)

Vesijohtoilla saneerattava putkiosuus täytyy olla kylmänä eli poissa käytöstä saneerauksen ajan. Tämä tarkoittaa sitä, että kiinteistöille, jotka ovat kyseisen vesijohtolinjan varassa, täytyy järjestää väliaikainen vedenjakelu pinta-asenteista vesijohtoa pitkin. Tämä rajoittaa vesijohtojen saneerausta talviolosuhteissa. Tällöin vesijohto täytyy

huolellisesti eristää sekä tarvittaessa asentaa vesijohdon ja eristyksen välille vastuslanka eli lämmityskaapeli, joka estää vesijohtoa jäätymästä. Yksi vaihtoehto on myös pitää pinta-asenteisessa vesijohdossa koko ajan virtaus päällä, jättämällä putken päähän huuhteluhaaran, josta vesi virtaa avo-ojaan tai kaivoon. Viemäreille täytyy tarvittaessa järjestää ohipumppaus.

Sekä vesijohtoa että jätevesi- tai hulevesiviemäriä sujuttaessa on vanhat linjat tv-kuvattava ennen varsinaista sujutusta. Ennen tv-kuvausta vanhat linjat huuhdellaan ja puhdistetaan linjoihin kertyneestä kiintoaineksesta. Kiintoaines puhdistetaan vesijohdoista niin kutsutulla joulukuusella (kuva 16), joka on teräksestä valmistettu joulukuusta muistuttava harjamainen kappale. Joulukuusi vedetään saneerattavan putkilinjan läpi vinssin avulla. Saneerattava putkilinja on myös mahdollista puhdistaa poraamalla. Rajoittava tekijä poraukselle on porattavan linjan pituus, koska poraamalla päästään maksimissaan 200 metriin saakka (17). Harvemmin saneerattavan putkilinjan osuus on kuitenkaan yli 200 metriä kerralla.

Tv-kuvauksella saadaan selville, onko sujutettavalla putkilinjalla paljon siirtymiä tai painautumia. Näiden tietojen perusteella voidaan arvioida kuinka sujutustyö tulee onnistumaan ja tarvittaessa voidaan tehdä muutoksia suunnitelmiin esimerkiksi pienentämällä sujutettavaa putkikokoa. Suunniteltua sujutettavaa putkikokoa lähdetään pienentämään esimerkiksi silloin, kun tv-kuvauksien perusteella nähdään että linjalla on paljon siirtymiä, painumia tai jäänyt vielä huuhtelun ja pesun jälkeen kiintoainesta.



Kuva 15. Pitkäsujutus Espoossa elokuussa 2014. Kuvaaja: Teemu Kivivuori.

Kulmakohta on kaivettu auki sujutuksen onnistumiseksi (kuva 15). Vanha vesijohto halkaisijaltaan 150 valurauta. Sujutettava putkikoko ja materiaali 110 mm PEH ProFuse -putki.



Kuva 16. Pitkäsujutuksessa saneerattavan putkilinjan puhdistukseen käytettävä joulukuusi.
Kuvaaja: Teemu Kivivuori.

10.1.2 Pätkäsujutus

Pätkäsujutusmenetelmä sopii vesijohdoille ja viemäreille. Käytetään harvemmin vesijohdoissa, sujutusputkien ollessa niin lyhyitä. Pätkäsujutuksessa asennetaan samalla tavalla kuin pitkäsujutuksessakin vanhan putken sisään uusi putki, mutta sujutus tapahtuu yleensä noin 0,5 metrin putkielementtipätkissä (kuva 17). Sujutus tapahtuu useimmiten kaivosta kaivoon vetämällä tai työntämällä. Pätkäsujutus on yleisimpiä käytössä olevia sujutusmenetelmiä 1970-luvulta asti. (3.)

Niin kuin pitkäsujutuksessa, myös pätkäsujutuksessa putkikoko hieman pienenee entisestä putkikoosta. Pätkäsujutukseen löytyy aina 560 mm halkaisijaan asti olevia sujutuselementtejä, mutta tätä isommat koot ovat erikoistavaraa (17). Pätkäsujutuksessa rajoittava tekijä oikeastaan on minimikoko. Pienin putkikoko, jolla pätkäsujutusta voidaan vielä käyttää saneerausmenetelmänä, on 90 mm halkaisijaltaan (17). Tätä pienempiä putkielementtejä on hankala löytää. Sujutusmenetelmänä periaate on lähes sama kuin pitkäsujutuksessa ja soveltavuuskohteetkin ovat samoja. Pätkäsujutusta ei käytetä juurikaan vesijohtojen saneerausmenetelmänä, koska vesijohdot ovat paineellisia linjoja eikä niitä rakenneta lyhyistä 0,5–1 metrin pituisista putkielementeistä. Eri-

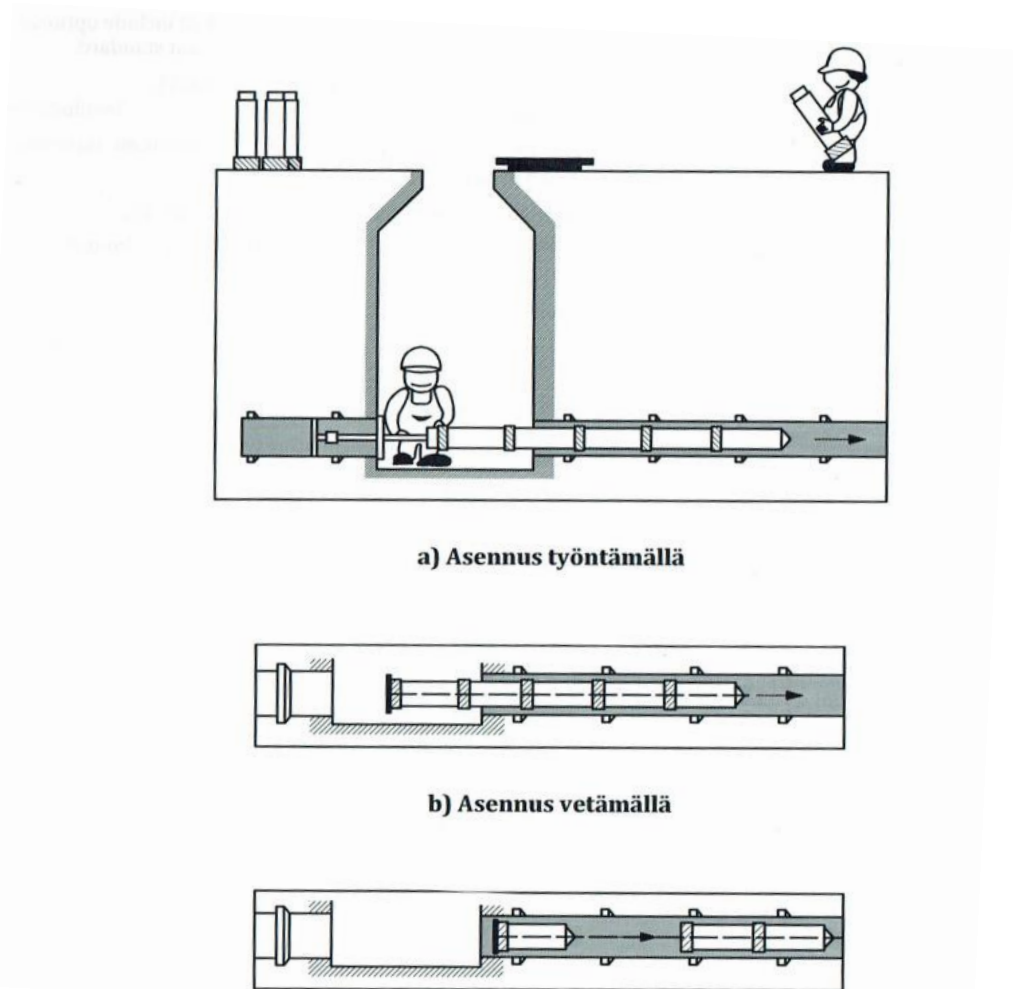
koistapauksissa voidaan käyttää pätkäsujutusta vesijohtojenkin saneeraamiseen, mutta silloin sujutusputkielementtien pituuksien on oltava vähintään 6 metrin pituisia. Pätkäsujutusmenetelmässä tarvittavat asennustilat rajoittavat myöskin vesijohtojen saneerauksia kyseisellä menetelmällä. Pätkäsujutus tehdään yleensä aina kaivosta kaivoon vetämällä tai työntämällä ja niin sanottuun vetokaivoon on hankala saada 6 metrin vesijohto sujutusputkea mahtumaan. Tämän vuoksi viemäreille käytetään useimmiten pätkäsujutusmenetelmää ja vesijohdoille pitkäsujutusmenetelmää. Pätkäsujutus on käytännössä täysin kaivamatta tapahtuva putkilinjojen saneerausmenetelmä.



Kuva 17. Pätkäsujutuksessa käytettävä 0,5 metrin pituinen putkielementti.

Pätkäsujutuksessa sujutus aloitetaan työntö- tai vetokaivosta riippuen työnnetäänkö vai vedetäänkö putkielementit kaivosta. Vetomenetelmässä sujutus tehdään vetämällä seuraavasta kaivosta sujutusputkien perästä vinssillä. Työntömenetelmässä kaivon pohjalla oleva asentaja asettaa ”tunkin” eli työntölaitteen (kuva 20.) sujutettavalle putkilinjalle. Työntölaite toimii hydraulikan avulla. Työntölaite vaatii toimiakseen työntöyksikön, joka toimii polttomoottorilla. Työntöyksikkö on kaivon yläpuolella. Kaivossa on oltava vähintään 0,8 metriä tilaa, jotta työntölaite mahtuu kaivon pohjalle. Asentaja asettaa putkielementin työntölaitteen kouruun ja alkaa syöttämään yleisimmin käytettäviä noin 0,5 metrin pituisia putkielementtejä sujutettavalle putkilinjalle. Ensimmäisestä put-

kielementistä tehdään niin sanottu työntöpää, eli ensimmäisen putken naaraspää viisitetään. Putkielementit lukittuvat toisiinsa, putkien päissä olevien urien avulla. Urissa on kumitiivisteet, jotka estävät putkia vuotamasta saumoista. Mitä enemmän ja pidemmälle saneerattavalle putkilinjalle on syötetty sujutusputkielementtejä, niin sitä helpommin putket lukittuvat toisiinsa, putken etupäässä olevien syötettyjen putkien massan vuoksi.



Kuva 18. Pätksujutus. (13, s. 138, Kuva 5.)

Niin pitkäsujutuksessa kuin pätksujutuksessakin valmistelevat työt ovat tärkeä osa sujutusta. Viemärit ovat huuhdeltava huolellisesti ja tv-kuvattava ennen pätksujutusta. Pätksujutuksessa saneerattavan viemärin kunnollinen huuhtelu on ensiarvoisen tärkeää, koska vanhojen viemäreiden saumakohtat vuotavat ja keräävät näin ollen paljon maa-ainesta ja muuta kiintoainesta putkistoihin. Pätksujutuksessa ei saneerattavalla linjalla saisi olla paljon kiintoainesta, siirtymiä tai painumia, sujutettavien putkielementtien ollessa vain 0,5 metrin mittaisia. Lyhyet putkielementit vaativat lähes esteettömän

sekä suoran asennuslinjan. Tämän vuoksi pätkäsujutuksessa tehdään ennen varsinaista sujutusta koevedo, noin metrin mittaisella vanhaa saneerattavaa putkea vastaavalla putkikoolla. Koevedon avulla voidaan arvioida, soveltuuko valittu saneerausmenetelmä linjalle. Pätkäsujutus ei välttämättä vaadi ohipumppausta vaan sujutus voidaan suorittaa saneerattavan viemärin ollessa käytössä. (17.)

Molemmissa putkisujutusmenetelmissä uuden ja vanhan putken väliin jäävä tila täytyy täyttää. Väliin jäävä välitila täytetään, koska suojaputken eli vanhan putken hajotessa voi se painaa uutta putkea ja aiheuttaa tähän painumia tai hajottaa sen kokonaan. Väli-tilan täyttöön käytetään usein vahtobetonia, mutta myös kevytbetonia ja hiekkaa käytetään.



Kuva 19. Pätkäsujutusta Espoossa elokuussa 2014. Kuvajaaja: Teemu Kivivuori.

Pätkäsujutus (kuva 19.) tapahtuu kaivosta, missä toinen asentajista on kaivon pohjalla syöttämässä 0,5 metrin mittaisia putkielementtejä sujutettavalle linjalle ja toinen asentajista on kaivon päällä ojentamassa putkielementtejä.



Kuva 20. Pätkäsjutuksessa käytettävä työntölaite. Kuvaaja: Teemu Kivivuori.

10.2 Pakkosujutus

Pakkosujutus eroaa menetelmänä suuresti putkisujutusmenetelmistä pitkä- ja pätkäsjutuksesta. Pakkosujutuksessa vanha saneerattava putki rikotaan pakkosujutuslaitteella samalla kun laite vetää uuden putken vanhan sisälle. Uuden putken halkaisija voi näin ollen olla sama kuin vanha tai jopa suurempi. Asennuksen toimintaperiaatteesta riippuen pakkosujutusmenetelmiä on seitsemää erilaista:

- Pneumaattinen pakkosujutus
- Staattinen pakkosujutus
- Kohdistava pakkosujutus
- Halkaiseva pakkosujutus
- Mikrotunneloiva pakkosujutus
- Poraava pakkosujutus
- Tunkkaava pakkosujutus. (2, s. 7.)

Pakkosujutusmenetelmä soveltuu muovi, betoni että valurautaputkille. Saneerausmenetelmää käytetään viemäreille ja vesijohdoille. Pakkosujutus on vesijohdoilla käyte-tympi saneerausmenetelmä. Suurin osa varsinkin pääkaupunkiseudulla vanhoista vesijohdoista on jo hapettuneita ja korroosion muokkaamia valurautaputkia. Kun sanee-

rauksessa halutaan rikkoa vanha putki, on pakkosujutus saneerausmenetelmänä ainoa vaihtoehto. Tämän vuoksi pakkosujutus on menetelmänä hyvin yleisesti käytetty vesijohtojen saneerauksissa.

Suurimmissa osissa pakkosujutusmenetelmistä vanhat saneerattavan putken kappaleet jäävät maaperään. Tämän vuoksi pakkosujutusta voidaan käyttää saneerausmenetelmänä ainoastaan silloin, kun vanhat muovi, valurauta- tai betonijätteet on luvallista jättää maaperään. Ainoastaan mikrotunneloivassa pakkosujutuksessa vanhat saneerattavan putken kappaleet kulkeutuvat uutta putkea pitkin pois maaperästä murskaavan kärkikappaleen mukana. Pakkosujutuksessa murskaava kärkikappale toimii joko hydraulikan avulla tai pneumaattisesti. (2.)

Pakkosujutuksessa vanhaa vesijohtoa tai viemäriä ei tarvitse huuhdella tai kuvata, koska vanha saneerattava putki rikotaan. Näin ollen painumat tai siirtymät vanhalla linjalla eivät haittaa pakkosujutusta. Saneerattavan putken rikkoutuessa on ohipumppaus järjestettävä. Vesijohtojen saneerauksissa väliaikainen vedenjakelu on järjestettävä.

Saneerausmenetelmänä on lähes kaivamatta tapahtuva putkisaneeraus. Sujutuksen alku- ja lopetuspäädyt ovat kaivettava auki, koska vanhan putken murskaava vetolaite tai kärkikappale on liian suuri maahan kaivoon. Vesijohtoja saneerattaessa päädyt eli liitoskohdat ovat aina kaivettava auki. Vanhan saneerattavan linjan kulmakohdat ovat kaivettava auki, myös loivat kulmat. Kerralla sujutettava pituus voi olla maksimissaan 200–250 metriä. (17.)



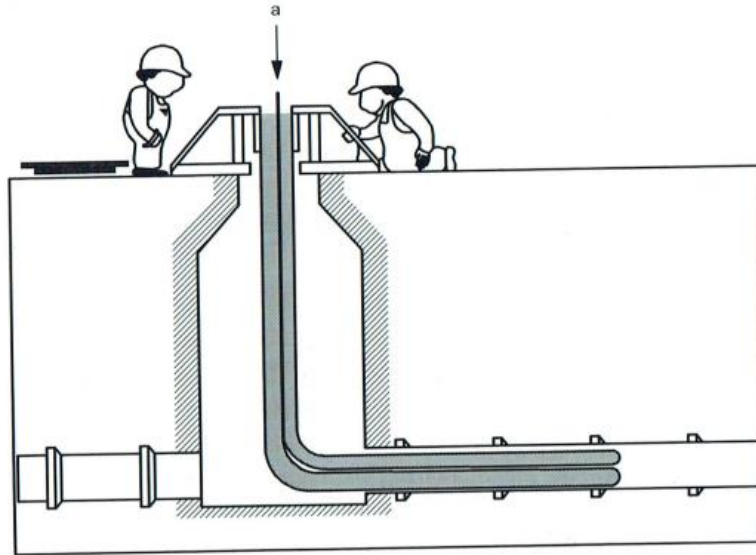
Kuva 21. Staattinen pakkosujutus Hämeenlinna 400 B / 500 PEH. (14.)

10.3 Joustosujutukset

Joustosujutuksia on kolmea erilaista: sukkasujutus, kuristussujutus ja muotoputkisujutus. Joustosujutusmenetelmät eivät juuri eroa toisistaan. Periaate kaikissa on lähes sama. Saneerattavan putken sisään asennetaan uusi putki, kuten pitkä- tai pätkäsujutuksessa. Uusi putki on materiaaliltaan joustavaa, joka palautuu varsinaiseen muotoonsa saneerattavassa putkessa muodostaen näin ollen uuden putken vanhan sisälle. Putkikoko vanhan ja uuden välillä pysyy lähes samana, koska uusi putki kovettuu saneerattavan putken seinämiä myötäillen. Käytetään pääasiassa viemäreiden sujutukseen. (2, s. 8.)

Asennusmenetelmät joustosujutuksissa eivät eroa pitkäsujuutuksesta juuri ollenkaan, mutta asennussuorituksena joustosujutukset ovat aavistuksen verran helpompia toteuttaa kuin pitkäsujuutukset. Esimerkiksi sukkasujutuksessa vanhan putken sisään sujutetaan veden tai paineilman avulla huopakangas, joka on kyllästetty joko nestemäisellä hartsilla tai epoksilla. Vesi tai paineilma auttaa huopakankaan muotoutumaan saneerattavaan putken seinämien mukaisesti. Asennus vaiheessa kangas on vielä kylmä.

Sukan ollessa sujutettu koko putken matkalta aloitetaan veden tai paineilman lämmitys, jolloin sukan kovettuminen alkaa. Kovettumisen jälkeen putki jäähdytetään ja muotoillaan putken päät. (2, s.8; 3, s. 45.)



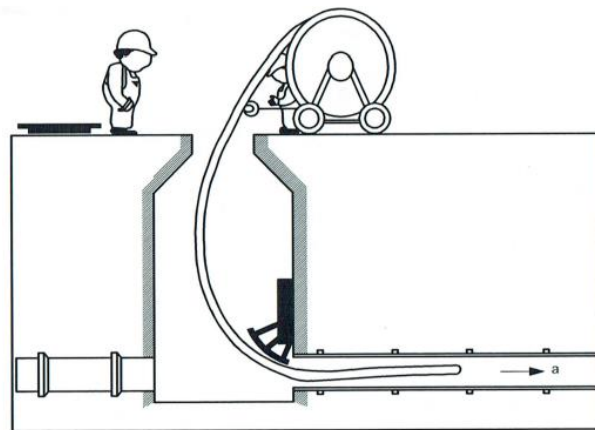
Kuva 22. Sukkasujutus. (13, s. 134, Kuva 4.)

Kuristussujutuksessa sekä muotoputkisujutuksessa saneerattavan putken sisään vedetään muoviputki, joka on ”mankeloitu” pienempään kokoon halkaisijaltaan. Kuristettu putkimateriaali palautuu muistin avulla takaisin omaan muotoonsa saneerattavan putken sisällä. Muotoutumista ja kovettumista voidaan nopeuttaa höyryttämisen avulla. Kuristussujutusta käytetään jonkin verran vesijohdoillekin. Yleisimmät saneerattavat putkikoot 100–500 mm. (2; 3.)

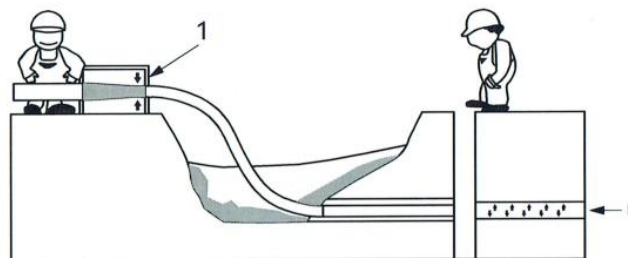
Putkisujutukset ovat Suomessa käytetympi menetelmä vesijohtojen ja viemäreiden saneeraukseen kuin joustosujutukset. Käytettävyydessä eroa tuo sujutusmenetelmien hintaerot. Joustosujutukset ovat saneerausmenetelminä hintavampia. Valmiiksi kuristetut putket sekä sukkasujutuksessa käytettävä hartsilla kyllästetty huopakangas ovat kalliimpia kuin pitkä- ja pätkäsujutuksessa käytettävät normaalit muoviputket. Joustosujutusmenetelmistä muotoputkisujutus on oikeastaan ainoa Suomessa käytössä oleva menetelmä ja senkin käyttö saneerausmenetelmänä on vähäistä. Sukka- ja kuristussujutusta ei Suomessa käytetä juuri lainkaan. Käytön vähäisyys johtuu siitä, ettei Suomessa ole yhtään urakoitsijaa kyseistä saneerausmenetelmää vesijohdoille toteuttamaan. Menetelmän käyttämättömyyteen vaikuttaa myös, ettei sillä ole tuotehyväksyntää. Kuristussujutuskohteet ovat nykyisin pääosin Suomessa korvattu muotoputkisuju-

tuksella. Muotoputkisujutuksellekin Suomesta löytyy vain yksi urakoitsija. Tämä sama urakoitsija toimii myös kyseisessä saneerausmenetelmässä tarvittavan putken valmistajana. Monopoli-asemasta johtuen kilpailua ei kyseisellä saneerausmenetelmäksellillä synny. (2.)

Itse asennustyö on helpompi toteuttaa joustosujutuksessa, koska saneerattavalla putkijohdolla olevat pienet siirtymät ja painumat eivät vaikeuta sujutustyötä, putken ollessa jo valmiiksi kuristettua tai joustavaa huopakangassukkaa. Valmistelevat työt joustosujutuksissa ovat täysin samat kuin putkisujutuksissakin. Viemärit on kuvattava ja puhdistettava huolella ennen sujutustyötä. Käytössä olevien viemäreiden saneerauksessa on järjestettävä ohipumppaus. Vesijohtoja saneerattaessa, on joustosujutuksissa järjestettävä väliaikainen vedenjakelu. Väliaikainen vedenjakelu toimii pinta-asenteisen vesijohdon kautta tai saneerauksen ollessa lyhyt kestoinen voidaan saneerattavan vesijohdon varassa oleville ihmisille järjestää vesisäiliö. Säiliöstä ihmiset voivat itse käydä hakemassa vettä talouksiinsa. Ihmisten ollessa pelkän vesisäiliön varassa ei vesikatko voi olla päivää pidempi, koska asukkailla on oltava peseytymismahdollisuus. (2.)



a) Putken asentaminen, kun sen poikkileikkausta on pienennetty putken valmistustehtaassa



b) Putken asentaminen, kun sen poikkileikkausta pienennetään asennuspaikalla

10.4 Pinnoitukset

10.4.1 Sementtilaastivuoraus

Sementtilaastivuorausta voidaan käyttää ainoastaan metallisille putkille eli pääsääntöisesti vesijohdoille. Sementtilaastivuorauksen ideana ei ole uusia vanhaa putkea, vaan se on ainoastaan sisäpuolinen pinnoitusmenetelmä. Sementtilaastivuorauksen tarkoitus onkin pidentää vanhan käytössä olevan putken käyttöikä. Valmistajien ilmoittama käyttöikä sementtilaastivuorauksella on noin 30–50 vuotta. Saneerausmenetelmällä parannetaan vanhan vesijohdon veden laatua ja sisäpuolisen korroosion aiheuttamia haittoja. Ei paranna vanhan putken rakenteellista lujuutta. (2.)

Sementtilaastivuorauksessa vesijohdon sisäpinnalle ruiskutetaan korroosiota kestävä sementtilaastikerros. Ennen sementtilaastin ruiskutusta, on vanha putki pestävä huolellisesti. Menetelmää käytettäessä, on vanhan putken oltava vielä kohtuullisen hyvässä kunnossa, koska sementtilaastivuoraus ei paranna rakenteellista lujuutta vaan pinnoittaa vanhan putken. Vanhan putken halkaisija pienenee ainoastaan sementtilaastikerroksen verran (noin 5-8 mm). Sementin kuivussa putki kuvataan ja desinfioidaan. (2; 3.)

Sementtilaastivuoraus on kohtuullisen käytetty menetelmä. Menetelmän ainoa rajoittava tekijä on sen hinta. Tällä hetkellä Suomessa ei ole kuin kaksi urakoitsijaa, jotka sementtilaastivuorausta toteuttavat (2). Muualla maailmallakaan ei ole montaa kyseisen saneerausmenetelmän toteuttajaa. Vähäisten urakoitsijoiden tarjonta vähentää kilpailun määrää ja näin ollen kyseisessäkin saneerausmenetelmässä on vähän kuin monopoliasema.

Sementtilaastivuorauksen tapainen uusi lähes käytetympi menetelmä on polyuretaanipinnoitus. Polyuretaanipinnoitus on täysin identtinen sementtilaastivuorausmenetelmän kanssa, mutta sen pitäisi parantaa pinnoituksen lisäksi myös saneerattavan putken rakenteellista lujuutta. Polyuretaanipinnoituksessa ruiskutettava materiaali on nimensä mukaisesti polyuretaani. Polyuretaanipinnoituksella saavutetaan noin 50 vuoden käyttöikä. (2.)

10.4.2 Epoksinnoitus

Epoksinnoitus on pinnoitussaneerausmenetelmä, jossa putken sisäpinnalle ruiskutetaan epoksinnoite. Pinnoite muodostaa suojaavan kalvomaisen pinnan putken sisäpinnalle. Saneerausmenetelmällä pidennetään vanhan putken käyttöikää uusimatta putkea. Käytetään pääasiassa vesijohtojen pinnoittamiseen. (3, s. 52.)

10.4.3 Elementtivuoraus

Elementtivuorauksessa saneeraus tapahtuu valmiiksi tehtaalla valmistettujen elementtien avulla. Elementeillä vuorataan saneerattavan putken sisäpuoli. Asennus toteutetaan putken sisältä asennusmiesten avulla. Asennukseen vaaditaan useimmiten vähintään kaksi asennusmiestä, koska elementit saumataan pituus- sekä poikittaissaumoin toisiinsa. Asennusta vaikeuttaa myös elementtien suuret koot. Elementit ovat materiaailtaan lasikuituisia. Käytetään ainoastaan viemäreiden saneerauksessa, koska elementtien minimikoko halkaisijaltaan on 900 mm putkelta ylöspäin.

Elementtivuorauksen käyttö saneerausmenetelmänä Suomessa on erittäin vähäistä. Käyttöä rajoittaa sen kelpoisuus saneerausmenetelmänä ainoastaan suurille putkikoille sekä kyseisen saneerausmenetelmän urakoitsijoiden olematon määrä. Elementtivuoraus on erikoiselementtien vuoksi kohtuullisen hintava saneerausmenetelmä, verraten tarjolla oleviin muihin edullisempiin sekä helpommin suoritettaviin saneerausmenetelmiin. (3)

10.5 Muut korjausmenetelmät

10.5.1 Kohdeinjektointi

Viemäreiden pelkkien liitosten sekä vuotokohtien korjaamiseen on olemassa myös kevyempi korjausmenetelmä.

Kohdeinjektointi soveltuu viemäreiden vuotokohtien korjaukseen. Liitosten vuotavat saumakohdat sekä pienien vaurioiden korjaus putken pinnassa onnistuvat kohdeinjektoinnin avulla. Korjaus tapahtuu kaivon kautta kauko-ohjattavalla laitteella. Kauko-ohjattavassa laitteessa on kamera, jonka avulla vuotokohta paikallistetaan sekä saneerataan. Saneeraus tapahtuu suihkuttamalla putken sisäpuolelta paineen avulla vuoto

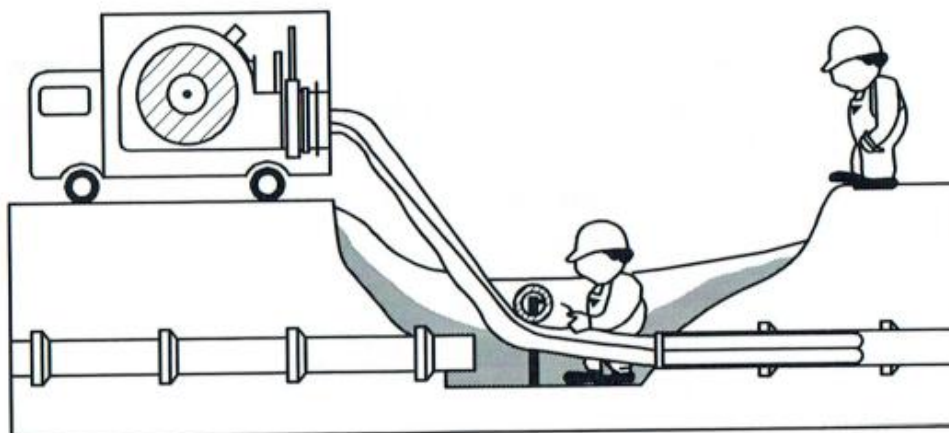
kohtaan polyuretaania tai sementtilaastia. Saneerattava putki linja on työn ajaksi eristettävä muusta verkostosta tulppauksen avulla. Saneerattavalle viemäriosuudelle on järjestettävä myös ohipumppaus. (3, s. 49.)

Kohdeinjektointi on vain hetkelliseen saneeraustarpeen tyydyttämiseen. Injektointi ei korjaa putkea muuta kuin vuotokohdasta, eikä korjaus ole kovinkaan pitkäikäinen. Menetelmä on myös kohtuullisen hintava. Hintaa kyseisessä saneerausmenetelmässä nostaa menetelmän toteuttamiseen tarvittavat laitteet, kuten kuvauslaitteet, injektointiaineen syöttölaitteet sekä ohipumppauskalusto. Menetelmää käytetään ainoastaan, kun vuotokohta vaatii välittömiä korjaustoimenpiteitä. Kohdeinjektoinnilla siirretään putkilinjan saneerausta pidemmälle. Mikäli putkilinja on kohtuullisen uusi ja muuten toimiva, tulee yksittäisen vuotokohdan paikkaaminen kohdeinjektoinnilla edullisemmaksi kuin pitkän viemäri linjan saneeraus.

10.5.2 Letkusujutus

Letkusujutus soveltuu käytännössä vain vesijohdoille, koska saneeraus tapahtuu verkostossa olevan paineen avulla. Paineviemäreissä olevan verkostopaineen vuoksi voidaan käyttää myös kyseisille viemäreille. Letkusujutus tapahtuu putken sisäpuolelle sujutetun muoviletkun avulla. Muoviletku on yleensä materiaaliltaan PE-letkua. Letkun sujutettua saneerattavan putkilinjan sisään sekä liitosten tehtyä olemassa olevaan verkkoon, kytketään saneeratulle linjalle paine. Veden paineen avulla muoviletku suurenee muotoonsa mukailien vanhan putken seinämiä. Putkikoko ei muutu kuin muoviletkun pinnan verran. Väliaikainen vedenjakelu on järjestettävä asukkaille.

Letkusujutus on vähän käytetty, koska sen soveltuvuus rajoittuu ainoastaan pienille putkikoille. Saneerausmenetelmänä letkusujutus on lähes samanlainen kuin pitkäsujutus tai muotoputkisujutus. Kun saneerausmenetelmää näiden välillä suunnitellaan, on pitkäsujutus tai muotoputkisujutus se käytetympi menetelmä. Letkusujutuksessa käytettävä PE-muoviletku sekä muut tarvittavat materiaalit ja laitteistot ovat hintavampia, joka rajoittaa letkusujutuksen käyttöä saneerausmenetelmänä. Menetelmän käyttöä jonkin verran rajoittaa myös sen tuntemattomuus. (3.)



Kuva 24. Letkusujutus. (13, s. 142, Kuva 6.)

10.6 Suuntaporaus

Suuntaporausta ei voida varsinaisesti laskea saneerausmenetelmiin. Menetelmässä asennetaan uusi putki maaperään poraamalla. Menetelmää voidaan käyttää vesijohdoille sekä viemäreille (muovisille). Vesijohdoilla on käytetympi menetelmä.

Suuntaporaussoveltuvuusalue on hyvin pieni, jonka vuoksi menetelmän käytettävyys on hyvin rajoittunut Suomessa. Menetelmä soveltuu lähinnä ainoastaan koheesiomaalajeille, kuten savi. Suuntaporattava maaperä ei saisi sisältää paljon kiviä. Kivet tai moreenininenkin maaperä saattaa aiheuttaa suunnittelemattomia suunnan muutoksia porauksessa. Paljon isoja kiviä tai louhetta sisältävään maaperään poraus saattaa pysähtyä kokonaan. Suuntaporaus vaatii tarkat maaperätutkimukset suunnittelulle porausvälille.

Kun maaperä on salliva suuntaporauselle, on sen edut auki kaivamiseen verrattuna huomattavat uutta putkilinjaa rakennettaessa. Kustannuksien kannalta suuntaporaus saattaa olla huomattavasti edullisempi ratkaisu, kuin kadun auki kaivaminen. Suuntaporaussoveltuksen edut:

- Vältetään mahdolliset mittavat ja kalliit liikennejärjestelyt (varsinkin kaupunkialueilla)
- Ei kaivantoja, luiskauksia, tuentoja ➡ kustannukset

- Säilytetään kasvillisuutta, puustoa ja istutuksia
- Suojeltavien kohteiden säilyminen
- Ratojen alitukset
- Moottoriteiden ja väylien alitukset.

Suuntaporauksella voidaan tehdä myös vesistöjen alituksia, jotka ei muilla menetelmillä olisi edes mahdollista. Suuntaporauksen minimi putkiko on 20 mm ja maksimi 1000 mm. Suuntaporauksella voidaan poraus suorittaa jopa 25 metrin syvyydessä (15). Putkilinjalla ei saa olla ylimääräisiä kulmia eikä kaarevuutta, mutta loivat ja hallitut kaarteet on suuntaporauksella mahdollista tehdä. Näin ollen viemäriinjalle saadaan haluttu kaltevuus suuntaporauksessa.

Suuntaporauksessa ainoat kaivannot ovat liitoskaivannot eli porauksen alku- ja päätykaivannot. Poraussyvyyden ollessa pieni, on tarkkailtava vallitsevaa ympäristöä porauksen tärinän vuoksi. Poraustärinä saattaa aiheuttaa joskus halkeamia tai pintavaurioita läheisissä rakenteissa tai asfalttipäällysteessä.



Kuva 25. Moottoritien alitus suuntaporaamalla, Mäntsälä. (15.)

11 Sujutus kustannustehokkaasti

Työhön valittiin kolme saneerausmenetelmää, joista selvitettiin työn hintoja ja vertailtiin mitä tulisi kaiken kaikkiaan maksamaan tekemällä työ itse.

Tässä on viimeisen kolmen vuoden ajalta urakoihimme kuuluvia putkisujutuksia. Tarjoukset ovat tulleet kyseisen työn suorittaneelta urakoitsijalta. Saneerausmenetelmät olivat: pitkäsujutus-, pätkäsujutus- sekä pakkosujutusmenetelmä. Urakkakohteet sijaitsivat Helsingissä sekä Espoossa.

11.1 Työ aliurakointina

Vihermäki, Kaisan koti Espoossa 2014:

Urakkaan kuului halkaisijaltaan 200 mm suhteellisen tuoreen muovisen PVC-viemärin muuttaminen paineviemäriksi. Saneerattava pituus oli 180 metriä. Linja saneerattiin pitkäsujutusmenetelmänä ja uuden paineviemärin putkikoko sekä materiaali olivat 110 mm PEH, ProFuse. Sujuttamiseen kuului kuvaus ja vanhan ja nykyisen putken välitilan täyttö vaahtobetonilla. Tv-kuvaus ja välitilan täyttö kuuluivat tarjoushintaan.

Saneerattavan linjan tarjoushinta oli 7100 euroa + alv.

Vesijohdon saneeraus Munkkiniemi 2013:

Saneerattavan vesijohdon koko oli 200 mm valurauta. Pituus noin 230 metriä. Urakkaan kuului myös vanhan vesijohdon pinnoitus sementtilaastivuorausmenetelmällä. Sementtilaastivuorausta tuli yhteensä 2662 metriä. Urakkasumma:

Sementtilaastivuoraus 2662 m x 74 euroa/metri = 196,988 euroa.

Pitkäsujutus 229 m x 32 euroa/metri = 7328 euroa.

Yhteensä

204 316 euroa.

Vesijohdon ja viemärin saneeraus pitkäsujutus- ja pätkäsujutusmenetelmänä, Joel Rundtin tie, Espoo 2014:

Urakkaan kuului vanhan 160 mm valurautaisen vesijohdon saneeraus pitkäsujutusmenetelmänä. Saneerattavan linjan pituus oli noin 60 metriä. Uusi vesijohto oli kooltaan 90 mm ja materiaaliltaan PEH, ProFuse. Urakkaan kuului myös jätevesiviemärin saneeraus pätkäsujutusmenetelmänä. Saneerattavan viemärin pituus oli noin 100 metriä. Vanha betoninen viemäri oli 400 mm halkaisijaltaan. Jätevesiviemäriinlinjan saneerauksen yhteydessä 2 kaivoa saneerattiin sementtilaastivuorausmenetelmin sekä pinnoittamalla. Uuden jätevesilinjan ja vanhan putken välinen tila täytettiin vaahtobetonilla.

Taulukko 5. Kyseisen urakoitsijan lasku työstä: alv. 0 %.

| määrä | yks. | | á hinta, ALV 0 % | yhteensä, ALV 0 % |
|-------|------|--|------------------|-------------------|
| 2 | kpl | Kaivon Betonointia+sika pinnoite | 2 960,00 € | 5 920,00 € |
| 55 | m | 150/90mm Vesijohto sujutus | 50,00 € | 2 750,00 € |
| 97 | m | 315mm Vipliner pätkä sujutus | 35,00 € | 3 395,00 € |
| 3 | | J.V.pesut ja kuvaukset yhteensä | 1 800,00 € | 1 800,00 € |
| 1 | kpl | J.V. välitilan täyttö vaahto betonilla | 1 300,00 € | 1 300,00 € |
| 1 | pv | Ventta tunteja yhteensä | 1 990,00 € | 1 990,00 € |

Yhteensä alv. 0 % 17 155 euroa.

Vesijohdon ja jäteveden saneeraus Kaskenkaatajantiellä Espoossa 2013:

Urakkaan kuului kahden erillisen vesijohtolinjan saneeraus. Toinen vesijohdoista saneerattiin pakkosujutusmenetelmänä ja toinen pitkäsujutusmenetelmänä. Pakkosujutettavan osuuden pituus oli 340 metriä ja vanhan putken koko 100 mm. Materiaali oli valurauta. Uuden putken koko oli myös 100 mm, mutta materiaali PEH. Pitkäsujutettavan vesijohdon pituus oli 110 metriä. Vanhan putken koko oli 160 mm ja materiaali valurauta. Uuden putken koko 100 mm ja materiaali PEH. Urakassa saneerattiin 115 metriä jätevesiviemäriä pätkäsujutusmenetelmänä. Vanha viemäri oli halkaisijaltaan 300 mm betoninen putki ja uusi sujutettava putki oli halkaisijaltaan 280 mm ja materiaali PVC.

Tarjoushinta:

| | |
|---|----------------------------|
| Vesijohto, pakkosujutus 340 metriä | 85 euroa/metri alv. 0 % |
| | 340 x 85 = 28 900 euroa |
| Vesijohto, pitkäsujutus 110 metriä | 55 euroa/metri alv. 0 % |
| | 110 x 55 = 6050 euroa |
| Jätevesiviemäri, ptkäsujutus 115 metriä | 70 euroa/metri alv. 0 % |
| | 115 x 70 = 8050 euroa |
| Yhteensä alv. 0 % | <u>43 000 euroa</u> |

Hintoihin sisältyy putket, mahdolliset putkien pesut/rassaukset sekä tarvittavat tv-kuvaukset. (18.)

11.2 Työ itse tehtynä

Otetaan tarkasteltavan saneerattavan linjan pituudeksi 200 metriä vesijohtoa ja viemäriä. Linja saneerataan auki-kaivu-menetelmällä.

Työ suorittamiseen menee noin 2,5 kuukautta. Huomioon ei oteta mahdollisia suunnitelmista poikkeavia tekijöitä. Työhön tarvitaan:

- 1 kpl kaivinkone 25, tonnia
- 1 – 2 kpl kuorma-auto, neliakselinen
- 2 kpl putkiasentajaa

Kaivinkoneen tunti veloitus hinta **90 euroa:**

40 tuntia viikossa = 40 x 90 = 3600 euroa

kuukaudessa = $4 \times 3600 = 14\,400$ euroa

2,5 kuukaudessa = $2,5 \times 14\,400 = \underline{\underline{36\,000}}$ euroa

Kuorma-auton tuntiveloitus hinta **75 euroa**:

40 tuntia viikossa = $40 \times 75 = 3000$ euroa

Kuukaudessa = $4 \times 3000 = 12\,000$ euroa

2,5 kuukaudessa = $2,5 \times 12\,000 = \underline{\underline{30\,000}}$ euroa

Toisen kuorma-auton mahdollinen tarve noin **20 000 euroa**

Putkiasentajan tuntiveloitushinta **14 euroa**:

40 tuntia viikossa = $40 \times 14 = 560$ euroa

Kaksi putkiasentajaa = $2 \times 560 = 1120$ euroa

Kuukaudessa = $4 \times 560 = 2240$ euroa

Kaksi putkiasentajaa = $2 \times 2240 = 4480$ euroa

2,5 kuukaudessa = $2,5 \times 2240 = 5600$ euroa

Kaksi putkiasentajaa = $2 \times 5600 = \underline{\underline{11\,200}}$ euroa

Työn hinta:

$36\,000 + 30\,000 + 20\,000 + 11\,200 = \underline{\underline{97\,200}}$ euroa

Kaivannon täyttö = täyttökerrokset + kadun rakennekerrokset

Kaivannon mitat:

- noin 2 metriä leveä + luiskaukset
- 2 metriä korkeus
- 200 metriä pituus.

Alkutäyttö + arina **23 euroa/m³**tr:

$$0,30 \text{ m} \times 1,2 \text{ m} \times 200 \text{ m} = 72 \text{ m}^3$$

$$72 \times 2 = 144$$

$$144 \times 23 = \underline{\underline{3312 \text{ euroa}}}$$

jakava kerros **20 euroa/m³**tr:

$$0,6 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 200 \text{ m} = 240 \text{ m}^3$$

$$240 \times 20 = \underline{\underline{4800 \text{ euroa}}}$$

kantava kerros **23 euroa/m³**tr:

$$0,3 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 200 \text{ m} = 120 \text{ m}^3$$

$$120 \times 23 = \underline{\underline{2760 \text{ euroa}}}$$

$$\text{Yhteensä: } 3312 + 4800 + 2760 = \underline{\underline{10\ 872 \text{ euroa}}}$$

Kaivannon loput täytöt tehdään kelvollisilla kaivuumailla, kuten moreeni.

Hinnat yhteensä:

$$97\ 200 + 10\ 872 = \underline{\underline{108\ 072 \text{ euroa}}}$$

Lopulliseen hintaan täytyisi ottaa mukaan mahdolliset kaivumaiden kaatopaikkamaksut, mikäli niitä ei saada hyödynnettyä muilla työmailla täyttöihin tai esimerkiksi painopenkereeksi (ellei tilaaja maksa). Kyseiseen urakka laskentaan kaatopaikkamaksuja ei ole otettu huomioon. Lisäksi tulisi urakkahintaan laskea myös mahdolliset laadunvarmistustoimenpiteet, kuten Loadman- tai levykuormituslaitteen kokeet. Tiivistyskalustoa, mittamiestä sekä työnjohtoa ei ole myöskään otettu tähän urakkalaskentaan mukaan.

11.3 Kaluston hankinta yritykselle

Tavoitteeni oli selvittää mitä resursseja, työkaluja ja kalustoa kaivamatta suoritettava saneeraustyö vaatii. Mitä yritykselle kaluston ja tarvittavien resurssien hankinta tulisi maksamaan? Työn suorittaminen vaatii myös miehistöltä oikeanlaista osaamista. Mitä koulutuksia tai erikoisosaamista saneerauksia suorittava miehistö tarvitsee?

Valitsin tarkasteluun kolme lähes yleisintä kaivamatta tapahtuvaa saneerausmenetelmää:

- pitkäsujutus
- pätkäsujutus
- pakkosujutus.

Miehistön koulutuksessa samat säännöt ja vaatimukset pätevät oikeastaan jokaisessa saneerausmenetelmässä. Urakkakyselypapereissa määritellään aina minimi vaatimukset, mitä koulutuksia tai osaamista työtä suorittavalla miehistöllä täytyy olla. Miehistöltä vaaditaan nykyisin Tieturva 1 - ja työturvapätevyys melkein joka urakassa, työskenteli sitten tiealueella tai kaukana yleisestä liikenteestä tai muusta tiealueesta. Tieturva 2 täytyy olla työnjohtajilla. Pääkaupunki alueella työskennellessä vaaditaan vähintään yhdeltä miehistön jäseneltä pääkaupunkiseudun katutyökortti. Yhdellä miehistöstä on vähintään oltava hätäensiapukurssi käytynä. Tulityökortti täytyy olla kyseisillä henkilöillä, jotka suorittavat tulitöitä. Tällaisia töitä ovat esimerkiksi hitsaus, muovihitsaus, polttoleikkaus tai kulmahiomakoneen käyttö teräksien leikkaamiseen. Sujutustöitä tehdessä, muovisten putkien hitsaus on lähes jokapäiväistä. Puskuhitsauksia ja sähköhitsauksia tehdessä tulee työtä suorittavalla olla Inspectan hyväksymä muovihitsaajan pätevyyskortti.

Nämä kaikki kyseiset pätevyudet saadaan yleensä yhden päivän kestävilta kursseilta. Kurssien hinta on 350–500 euroa henkilöltä. (17.)

11.4 Sujutuksiin tarvittavat resurssit

11.4.1 Pätkäsujutuksen resurssit

- vähintään 2–3 miestä
- hydraulinen kone
- hydraulinen tunkki eri putkikoille
- työntöpäitä, normaalisti 200–560 mm putkikoille
- piikkauskone
- miehistön suojavaatteet, kumipuku, hanskat ja muut henkilökohtaiset suo-
javarusteet
- aggregaatti tuottamaan sähköä esimerkiksi valaistukseen ja piikkaukseen
- työautot koneille ja aggregaatille.

Hydraulisen koneen, tunkin ja työntöpäiden hinta noin 25 000–30 000 euroa. Muihin varusteisiin, autoihin ja koneisiin noin 20 000–25 000 euroa. Riippuen kuinka paljon haluaa sijoittaa kyseisiin autoihin ja laitteisiin. (17.)

11.4.2 Pitkäsujutuksen resurssit

- vähintään 2–3 miestä
- kuljetuskalusto
- työntösauva, manuaali tai koneistolla toimiva
- vinssi, mikäli sujutetaan suurempia putkia, vinssillä täytyy olla vetokykyä vähintään 20 tonnia
- joulukuuset, teräksestä valmistetut harjat
- tv-kuvauksia varten kamerat. Vesijohdoille ja jätevesiviemäreille täytyy olla omat kamerat.

Vinssin hinta on 8000–30 000 euroa, riippuen siitä ottaako voiman kaivinkoneesta vai omalla moottorilla toimivasta koneesta. Työntösauvan hinta on 1500–6500 euroa, riippuen siitä onko manuaali vai koneistolla toimiva. Teräksisten harjojen hinnoista ei ole tarkkaa tietoa, mutta noin 500–1000 euroa. Työkalujen määrän vuoksi kuljetuskalustona täytyy olla kuorma-auto. Kuorma-autojen mukana tulevat sähköt, vedet, ilmat ja työkalut, arvo noin 150 000–200 000 euroa. Näitä autoja on myös helppo muunnella eri työtehtäviin vaihtamalla työkaluja. (17.)

11.4.3 Pakkosujutuksen resurssit

Hintoja pakkosujutukselle on vaikea laskea, koska kaikki sujutukset ovat erilaisia vaihtelevan maaperän vuoksi. Vaihteleva maaperä vaikuttaa suoranaisesti saneerausmenetelmän valintaan sekä toteuttamiseen. Suomessa on suuri määrä erikokoisia putkia ja eri materiaalista tehtyjä. Tämän vuoksi suunnitelmien täytyy olla maaperän sekä sujutettavan putkimateriaalin osalta tarkat.

Ennen sujutustyön toteuttamista tulee näiden suunnitelmien perusteella tarkastella ja ennakoida mahdolliset riskikohdat vanhalla putkilinjalla tai vallitsevassa maaperässä. Maaperän ollessa louhosta tai kovin kivistä, ei sujutus todennäköisesti onnistu alkuunkaan. Muut mahdolliset esteet ja putkilinjojen nykyinen sijainti on otettava myöskin huomioon. Vanhat vesijohdot ja viemärit ovat useimmiten rakennettu niin sanotusti saman arinan varaan eli samalle korkeudelle ja lähes vierekkäin. Tällöin sujuttaessa esimerkiksi vesijohtoa pakkosujutus menetelmin, täytyy mahdollinen vieressä oleva viemäri ottaa huomioon. Pakkosujutus kaluston hinta on noin 200 000–300 000 euron välillä. (17.)

12 Johtopäätökset

Vesijohtojen ja viemäreiden saneeraus on huomattavasti halvempi ja nopeampi toteuttaa kaivamatta kuin auki-kaivu-menetelmällä. Nykyään pelkkien putkilinjojen saneeraukset pyritäänkin suurimmaksi osaksi toteuttamaan kaivamatta tapahtuvien suorituksin. Kaivamatta tapahtuvien saneerausmenetelmien kehittyessä ja menetelmien tunnettavuuden lisääntyessä alkavat kyseiset menetelmät yleistymään. Pitkäsujutukset ja pätksujutukset ovatkin nykyään hyvin käytettyjä putkilinjojen saneerausmenetelmiä vesihuollon saneeraus urakoissa. Aina kaivamatta toteutettava putkilinjan saneeraami-

nen ei kuitenkaan onnistu. Saneeraukseen voivat vaikuttaa vanhan saneerattavan putkilinjan koko, painumat, kulmat, siirtymät, kiintoaines linjalla tai vallitseva maaperä.

Useimmiten vesijohtojen, viemäreiden ja operaattoreiden putkiasennukset tai saneeraukset pyritään yhdistämään muun kadun parannuksen, kuten uudelleen päällystämisen ohella. Tällöin nämä kaikki pyritään yhdistämään yhteen ja samaan urakka suoritukseen. Tämä vaikuttaa tällöin siihen, että putkilinjan uudisrakentaminen tai saneeraus tehdään kaivamalla katu auki. Kadun parantamisen ohella uusitaan myös rakennekerrokset. Uutta tietä rakennettaessa tai tie linjan muuttuessa, voidaan samalla toteuttaa myös putkilinjojen saneerauksia. Tämäkin tapahtuu auki-kaivu-menetelmällä.

Yrityksen kannalta tavoitteeni oli selvittää ja vertailla, kumpi on kustannustehokkaampaa tehdä putkilinjan kaivamatta tapahtuva saneeraus itse vai toteuttaa työ aliurakointina. Tällä hetkellä töiden määrään verrattuna sujutukset ja muut kaivamatta tehtävät putkilinjojen saneeraukset ovat edullisempi ostaa aliurakointina kuin tehdä itse yritykselle ostetulla kalustolla. Saneerattavien linjojen määrä on loputon ja niiden määrä kasvaa jatkuvasti vuosittaisten niukkojen saneerausmäärien vuoksi. Tulevaisuudessa, mikäli saneerattaviin linjoihin aletaan panostamaan enemmän rahallisesti, alkavat eri kaivamatta tapahtuvat saneerausmenetelmät yleistymään ja kaluston hankinta yritykselle kannattaisi. Tämä lisäisi myös kilpailua kyseisellä sektorilla ja tämänhetkiset monopoliasemat tietyillä yrityksillä vähenisivät. Tällöin myös menetelmät, jotka tällä hetkellä eivät ole Suomessa ollenkaan käytössä mahdollisesti yleistyisivät.

Lähteet

- 1 Turpeinen, Oiva. 1995. Kunnallistekniikka Suomessa keskiajalta 1990-luvulle. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- 2 FCG suunnittelu ja tekniikka Oy. 2013. Vesijohtojen saneerausmenetelmien soveltuvuus. Helsingin seudun ympäristöpalvelut –kuntayhtymä (HSY)
- 3 Forss, Annukka. 2005. Vesihuollon verkostojen ylläpidon perusteet. Vesi- ja viemärlaitoksen monistesarja 17. Helsinki.
- 4 Kuisma, Harry. 1987. Suomen Kunnallisteknillisen Yhdistyksen julkaisuja 7. Rakennusten vesijohdot ja viemärit. Porvoo: Oy Uusimaa.
- 5 Karttunen, Erkki. 2004. Suomen Rakennusinsinöörien liitto RIL 124-2 Vesihuolto 2. Helsinki: Vammalan Kirjapaino Oy.
- 6 Seppälä, Osmo. 2014. Saneeraustarve ja saneerauksien rahoitus. Vesilaitosyhdistys VVY.
- 7 Yle.fi. Verkkosivut.

http://yle.fi/uutiset/helsingin_aseman_kompassitorin_halkeamista_sortumavaara/5914828. 28.5.2012. Luettu 21.4.2015.
- 8 Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä. 2014. Hankesuunnitelma, vesijohtoverkoston aluemittausjärjestelmä. Helsinki.
- 9 Metropolia. Vesihuoltoverkostojen korjaus opetusmateriaali. Vuodon etsiminen ja korjaaminen.

- 10 Rosengren, Reijo. 2009. Putkirikko-opas, luonnos. Vesi- ja viemärlaitos-yhdistys.
- 11 Tolvanen, Tapio. 2008. Vesijohto- ja viemäriverkostojen kunnossapito ja saneeraus. Skoy, suunnittelukeskus Oy.
- 12 Metropolia. Vesihuoltoverkostojen korjaus opetusmateriaali. Vuotovesien merkitys.
- 13 SFS-käsikirja 101. 2014. Viemäreiden sisäpuoliset saneerausmenetelmät. Helsinki: SFS Ry
- 14 sujutek.fi. Verkkosivut.
<http://www.sujutek.fi/kuvagalleria.html>. Luettu 17.3.2015.
- 15 dahlbacka.com. Verkkosivut.
<http://www.dahlbacka.com/suuntaporaus.html>. Luettu 17.3.2015.

Haastattelut

- 16 Rantanen, Tommi. Helsingin seudun ympäristöpalvelut –kuntayhtymä. Rakennuttaja-valvoja. 16.3.2015.
- 17 Palonen, Matti. Suomen Putkisto Palvelu Oy. Työpäällikkö. 17.3.2015
- 18 Partanen, Antti. Graniittirakennus Kallio Oy. Työpäällikkö 30.3.2015.

| Sujutusmenetelmä | Käytettävät putkikoot | Soveltuvuus, käyttökohteet | Ohipumppaus, viemäreille | Väliaikainen vedenjakelu, vesijohdoille |
|-------------------------------|--|---|------------------------------------|---|
| Putkisujutukset | | | | |
| Pitkäsujutus | Minimi putkikoko vesijohdoilla halkaisijaltaan 50 mm. Viemäreillä minimi putkikoko on 100 mm. Maksimi putkikoot: Vj 600 - 800 mm, viemäri 1600 mm. | Vesijohdot, viemärit | Tarvitaan. | Tarvitaan |
| Pätkäsujutus | Minimi putkikoko halkaisijaltaan 90 mm. Maksimi putkikoko 560 mm. Näistä poikkeavat isommat tai pienemmät putkikoot tilattavissa erikoistavarana. | Pääasiassa viemärit | Ei tarvita. | Pätkäsujutusta ei juuri käytetä vesijohdoille. |
| Pakkosujutus | Ei rajoittavaa putkikokoa. | Pääasiassa vesijohdot. | Tarvitaan. | Tarvitaan. |
| Joustosujutukset | | | | |
| Sukkasujutus | Ei alle 200 mm halkaisijaltaan oleville putkille. Maksimi koossa rajoittava tekijä materiaalin saanti. Tehdään niin isoille putkille kuin löytyy saneerausmenetelmässä käytettäviä sukkakankaita. Ongelmana saneeraukseen käytettävien sukkakankaiden saanti, koska vesijohdoille menetelmää suorittavaa urakoitsijaa ei löydy Suomesta. | Vesijohdoille ei Suomessa juuri lainkaan, viemäreille jonkun verran. | Tarvitaan. | Tarvitaan. |
| Kuristussujutus | Yleisimmät saneerattavat putkikoot halkaisijaltaan 100 - 500 mm. | Soveltuu vesijohdoille että viemäreille. Vähän käytetty menetelmä Suomessa. | Tarvitaan. | Tarvitaan. |
| Muotoputkisujutus | Yleisimmät saneerattavat putkikoot halkaisijaltaan 100 - 500 mm. | Soveltuu vesijohdoille että viemäreille. Vähän käytetty menetelmä Suomessa. | Tarvitaan. | Tarvitaan. |
| Pinnoitukset | | | | |
| Sementtilaastivuoraus | Ei rajoittavaa putkikokoa. | Soveltuu ainoastaan metallisille putkipinnoille ->vesijohdot | Ei käytössä viemäreillä. | Tarvitaan. |
| Epoksinnoitus | Ei rajoittavaa putkikokoa. | Pääasiassa vesijohdoille. | Ei juurikaan käytössä viemäreillä. | Tarvitaan. |
| Elementtivuoraus | Halkaisijaltaan 900 mm suuremmat putket. | Soveltuu ainoastaan viemäreille, elementtien suuruudesta johtuen. | Tarvitaan. | Vesijohdoilla ei saneerausmenetelmänä käytössä. |
| Muut korjausmenetelmät | | | | |
| Kohdeinjektointi | Paikkausmenetelmä viemäreille. | Viemäreille. | Tarvitaan. | Ei käytetä vesijohdoilla paikkausmenetelmänä. |
| Letkusujutus | Pienet putkikoot. | Paineputkille, pääasiassa vesijohdoille. | Ei juurikaan käytössä viemäreillä. | Tarvitaan. |

| Sujutusmenetelmä | | | | |
|-------------------------------|------------------------|--|---|---|
| | Huuhtelu, Tv-kuvaus | Kaivuu määrä | Saneerattava pituus | Kustannukset/käytettävyys |
| Putkisujutukset | | | | |
| Pitkäsujutus | Tarvitaan | Liitos kohdat kaivettava auki sekä sujutuksen alku- ja loppupää. | Voidaan sujuttaa useampia satoja metrejä kerralla. Yleensä 200 m kerralla. Maksimi kerralla sujutettavat pituudet jopa 400 - 500 metriä. | Edullinen saneerausmenetelmä/paljon käytetty. |
| Pätkäsujutus | Tarvitaan | Aukikaivamatta tehtävä saneerausmenetelmä. Vesijohdoilla liitoskohdat kaivettava esille. | Yleensä kaivosta kaivoon tehtävä sujutusmenetelmä, tällöin sujutus pituudet noin 30 - 40 metriä. Pisimmät pätkäsujutus pituudet yhdestä paikasta sujutettuna 350 - 400 metriä. | Edullinen saneerausmenetelmä/paljon käytetty. |
| Pakkosujutus | Ei tarvita. | Aukikaivamatta tehtävä saneerausmenetelmä. Vesijohdoilla liitoskohdat kaivettava esille. | Pakkosujutus pituudet ovat yleensä lyhyempiä kuin pitkä- ja pätkäsujutuksissa. Maksimi pituudet 200 - 250 metriä. Pakkosujutuksessa ei pysty kulmakohdista sujuttamaan kaivamatta auki. | Kohtuulliset kustannukset/paljon käytetty. |
| Joustosujutukset | | | | |
| Sukkasujutus | Tarvitaan. | Liitoskohdat kaivettava auki. | Riippuen kalustosta ja saatavasta materiaalista. Tyypillisimmät saneerattavat pituudet 150 - 200 metriä. | Hintava menetelmä/vähän käytetty. |
| Kuristussujutus | Tarvitaan. | Liitoskohdat kaivettava auki. | Riippuen saneerattavasta putkikoosta sekä käytössä olevasta kalustosta. Yhdellä kerralla sujutettava pituus 300 - 400 metriä. | Hintava menetelmä/ei juurikaan käytössä oleva saneerausmenetelmä. |
| Muotoputkisujutus | Tarvitaan. | Liitoskohdat kaivettava auki. | Riippuen saneerattavasta putkikoosta sekä käytössä olevasta kalustosta. Yhdellä kerralla sujutettava pituus 300 - 400 metriä. | Kohtuulliset kustannukset/vähän käytetty saneerausmenetelmä. |
| Pinnoitukset | | | | |
| Sementtilaastivuoraus | Tarvitaan. | Kaivamatta tapahtuva pinnoitus menetelmä. | Useita satoja metrejä kerralla. Ei rajoittavaa tekijää. | Hintava menetelmä/vähän käytetty menetelmä putkilinjojen saneerauksiin, kaivojen saneerauksissa käytetympi menetelmä. |
| Epoksinpinnoitus | Tarvitaan. | Kaivamatta tapahtuva pinnoitus menetelmä. | Useita satoja metrejä kerralla. Ei rajoittavaa tekijää. | Hintava menetelmä/vähän käytetty menetelmä. |
| Elementtivuoraus | Tarvitaan. | Kaivamatta tapahtuva putken panelointimenetelmä. | Useita satoja metrejä kerralla. Ei rajoittavaa tekijää. | Hintava menetelmä/vähän käytetty. Käytön vähäisyys johtuu rajoittavasta putkikoosta. |
| Muut korjausmenetelmät | | | | |
| Kohdeinjektointi | Tarvitaan. | Kaivamatta tapahtuva viemärin paikkausmenetelmä. | Paikkausmenetelmä viemäreillä. | Hintava menetelmä/vähän käytetty. |
| Letkusujutus | Tarvitaan. | Kaivuun määrä vähäinen, sujutuksen alku- ja lopetuspäätty. | Lyhyet pituudet. Pienet putkikoot ja hintava saneerausmenetelmä. | Hintava menetelmä/vähän käytetty. |