



TEKNIikka JA LIIKENNE

Rakennustekniikka

Infrarakentaminen

INSINÖÖRITYÖ

KERAVAN TERÄSTIEN VESIHUOLLON SANEERAUSSUUNNITELMA

Työn tekijä: Jaakko Keskiväli
Työn ohjaajat: Tapio Helenius
Janne Arponen
Työn valvoja: Kalle Rajantie

Työ hyväksytty: ____ . ____ . 2010

Kalle Rajantie
tekn.lis.



ALKULAUSE

Tämä insinööriyö tehtiin Keravan Kaupunkitekniikan Vesihuollolle. Haluan kiittää projektissa mukana olleita ja minua tukeneita sekä auttaneita henkilöitä. Erityiset kiitokset työn ohjaajilleni yliopettaja Kalle Rajantielle sekä Keravan vesihuoltopäällikkö Tapio Heleniukselle ja Keravan Kaupunkitekniikan Liikennejärjestelmän vastaavalle mestarille Janne Arposelle, joiden apu ja ohjeet olivat korvaamattomia. Suuren avun työhöni antoivat omalla panoksellaan Keravan Kaupunkitekniikan Liikennejärjestelmän suunnittelusihteeri Pirkko Riiheläinen ja Keravan Vesihuollon vesilaitosinsinööri Tiina Niemi, joita ilman tämän insinööriyön tekeminen olisi ollut huomattavasti vaikeampaa. Kiitän myös Keravan Vesihuollon henkilökuntaa, ennen kaikkea verkostomestari Paavo Timosta ja asentaja Rainer Majasta, jotka antoivat työni tekemisen kannalta ensisijaisen tärkeitä tietoja liittyen Keravan vesihuollon historiaan ja tekniikkaan.

Lisäksi haluan antaa kiitokseni Helsingin ammattikorkeakoulu Metropolian Rakennustekniikan laitoksen opettajille ja henkilökunnalle. Erityisen kiitoksen ansaitsevat yliopettaja Mika Lindholm, lehtori Tuomo Suorsa, koulutuspäällikkö Simo Hoikkala, lehtori Anne Hannila sekä "kirjastontäti" Tarja Tiilikainen, jotka auttoivat minua suuresti insinööriyöni tekemisessä. Kiitos ja kumarrus. Mitä lämpimmin kiitos myös luokkani RY07 opiskelijajäsenilleni, joiden seurassa vanhakin nuortui ja opiskelu oli mielekästä sekä mukavaa.

Viimeisenä, muttei suinkaan vähäisempänä, haluan antaa suuret kiitokset perheelleni ja ennen kaikkea rakkaalle vaimolleni, joilta sain tarvitsemaani tukea ja ymmärrystä, ei ainoastaan insinööriyöni valmistusprosessin aikana, vaan myös koko opiskeluaikanani.

Vantaalla 05.11.2010

Jaakko Keskiväli

TIIVISTELMÄ

Työn tekijä: Jaakko Keskiäli	
Työn nimi: Keravan Terästien vesihuollon saneeraussuunnitelma	
Päivämäärä: 05.11.2010	Sivumäärä: 114 s. + 10 liitettä
Koulutusohjelma: Rakennustekniikka	Suuntautumisvaihtoehto: Infrarakentaminen
Työn ohjaajat: vesihuoltopäällikkö Tapio Helenius, vastaava mestari Janne Arponen	
Työn valvoja: yliopettaja Kalle Rajantie	
<p>Tämä insinööri työ tehtiin Keravan Vesihuollolle. Työssä selvitettiin tutkimuksien sekä vesihuollon rakentamiseen, suunnitteluun ja saneeraukseen liittyvän kirjallisuuden kautta saneerausmenetelmää vuonna 1963 rakennetulle vesijohdolle ja jätevesiviemäriille Keravalla sijaitsevaan kohteeseen. Ennen kaikkea paneuduttiin laajasti Suomessa käytössä oleviin vesijohtojen sekä viemäreiden kaivamatta toteutettaviin, No Dig - saneerausmenetelmiin. Tutkimuksien pohjalta tarkoituksena oli myös toteuttaa kohteen vesihuollon saneeraus määritetyllä saneerausvaihtoehdolla.</p> <p>Työ aloitettiin perehtymällä Keravalla tehtyjen vesihuollon saneeraustöiden menetelmiin sekä haastatteleamalla Keravan Vesihuollon henkilöstöä ja Keravan Kaupunkitekniikan Liikennejärjestelmän maarakennusurakoitsijoita. Haastateltavilta kyseltiin heidän kokemuksiaan liittyen vesihuollon saneerauksiin Keravalla. Saneerausmenetelmän määrittämisen helpottamiseksi saneerattavassa kohteessa suoritettiin tarkat ja huolelliset maastomittaukset sekä -tutkimukset, joista saatua tietoa hyödynnettiin lopullisen saneerausvaihtoehdon valinnassa.</p> <p>Insinööri työn lopputuloksena pystyttiin määrittämään saneerausvaihtoehto tutkittavaan kohteeseen. Yhtenä työn tavoitteista oli tutkimuksien kautta määrittää kustannustehokkaampi ja ympäristöä vähemmän häiritsevämpi tapa toteuttaa vesihuollon saneerauksia Keravalla. Ennen tätä insinööri työtä ei vesijohtojen saneerausta ole Keravalla toteutettu kaivamattomin menetelmin Vesihuollon toimesta. Tämän työn tutkimukset ja niiden pohjalta toteutettu saneerausmenetelmä tulevat toimimaan vastaisuudessa Keravan Vesihuollon referenssityönä vesijohdoille kaivamattomin menetelmin toteutettavista saneerauksista.</p>	
Avainsanat: vesihuolto, saneeraus, saneerausmenetelmä, No Dig -menetelmä, auki-kaivaminen	

ABSTRACT

Name: Jaakko Keskiväli	
Title: Renovation Plan for Water and Sewage Supply System at Terästie, Kerava	
Date: November 5th 2010	Number of pages: 114 pp. + 10 app.
Department: Civil Engineering	Study Programme: Infraconstruction
Instructors: Tapio Helenius, Water Supply Manager, Janne Arponen Construction Site Manager	
Supervisor: Kalle Rajantie, Principal Lecturer	
<p>This graduate study was done for the water distribution and sewage system utilities department of Kerava. Kerava has several kilometres of over 50-year-old water and sewage pipe network, which are in need of a quick renovation. In some cases, the renovation of sewage pipelines is carried out by using No Dig -methods, usually by lining with continuous pipes or short section lining. The renovation for old water pipelines in Kerava have been made by digging. Digging is usually much more expensive than No Dig -methods. Furthermore, excavations affiliated to the renovations cause futile nuisance for the residents.</p> <p>The aim of this study was to determine a more cost-effective and less disruptive implementation method for the renovation of old water pipelines in Kerava. To achieve the aim set for this study research was done and water and sewage pipeline renovation related literature was studied. Research was carried out at a predetermined location in Kerava to choose a preferable method to execute the repair of the water and sewage system at the location.</p> <p>As a result of this graduate study, the implementation method for the renovation of old water and sewage pipeline was decided for the predetermined location. Based on the research and studies done to determine the implementation method, the renovation of old water and sewage pipelines can be executed with more cost-effective and environmentally friendly methods. The determined implementation method and the gathered research data from used research methods can be used as a reference for similar renovation implementations in Kerava in the future.</p>	
Keywords: No Dig -method, renovation, water and sewage pipe network, water and sewage system, implementation method	

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	VESIHUOLTOVERKOSTOJEN YLLÄPITOMENETELMIÄ	3
2.1	Yleistä	3
2.2	Ylläpidon käsitteistöä	4
2.3	Vesihuoltoverkostojen ylläpidon suunnittelu	5
2.3.1	<i>Vesijohtojen tutkimusmenetelmät</i>	5
2.3.2	<i>Jätevesi- ja hulevesiverkostojen tutkimusmenetelmät</i>	7
2.3.3	<i>Saneeraustarpeen määrittäminen</i>	10
2.3.4	<i>Vesijohtoverkoston toiminnan heikkeneminen</i>	12
2.3.5	<i>Viemäriverkoston toiminnan heikkeneminen</i>	12
2.4	Saneeraussuunnitelma	13
2.4.1	<i>Saneeraustoimenpiteiden esittäminen</i>	14
2.4.2	<i>Saneerauskohteen havainnollistaminen</i>	14
2.4.3	<i>Työkohtainen työselostus</i>	14
3	KORJAUS- JA SANEERAUSMENETELMÄT	16
3.1	Yleistä	16
3.2	Saneerausmenetelmän valintaan vaikuttavat tekijät	19
3.2.1	<i>Tekniset tekijät</i>	19
3.2.2	<i>Taloudelliset tekijät</i>	19
3.2.3	<i>Haitat ulkopuolisille ja työllisyysnäkökohta</i>	21
3.3	Korjaus	21
3.4	Saneerausmenetelmät	22
3.5	Suomessa käytetyt saneerausmenetelmät	23
3.5.1	<i>Pitkäsujutus</i>	23
3.5.2	<i>Pätkäsujutus</i>	25
3.5.3	<i>Pakkosujutus</i>	27
3.5.4	<i>Sukkasujutus</i>	27
3.5.5	<i>Sementtilaastivuoraus</i>	29
3.5.6	<i>Muotoputkisujutus</i>	31
3.6	Muita korjaus- ja perusparannusmenetelmiä	32
3.6.1	<i>Letkusujutus</i>	32
3.6.2	<i>Epoksinnoitus</i>	32
3.6.3	<i>Viemäriin tarkistuskaivojen saneeraus</i>	33
3.6.4	<i>Muita menetelmiä</i>	33
3.7	Uusiminen	34
3.7.1	<i>Ohjattava vaaka- eli suuntaporaus</i>	34
3.7.2	<i>Tunkkaus (Vasaraporaus)</i>	35
4	KERAVAN VESIHUOLTOVERKOSTON NYKYTILA	36
4.1	Vesihuoltoverkoston tila Suomessa	36
4.2	Keravan Vesihuoltolaitos	37

4.3	Vesihuoltoverkoston pituus ja kunto	40
4.3.1	<i>Vesijohtoverkosto</i>	40
4.3.2	<i>Viemäriverkosto</i>	45
4.3.3	<i>Maaperä ja putkilinjojen perustamisolosuhteet</i>	47
4.4	Vesihuoltoverkoston kartoitus Suomessa	48
4.5	Vesihuoltoverkoston kartoitus Keravalla	50
4.6	Keravan vesihuoltoverkoston saneerausohjelma 2007	52
4.7	Keravalla käytettyjen saneerausmenetelmien kuvaus	54
4.7.1	<i>Saneeraus aukikaivamalla</i>	55
4.7.2	<i>Saneeraus kaivamattomilla menetelmillä</i>	56
4.7.3	<i>Keski-Uudenmaan Hanke Oy</i>	59
5	SANEERAUSSUUNNITELMA KERAVAN VESIHUOLLOLLE	61
5.1	Terästien esitutkimus	61
5.1.1	<i>Sijainti</i>	61
5.1.2	<i>Terästien vesihuoltolinja</i>	63
5.1.3	<i>Terästien vikahistoria</i>	67
5.2	Saneerausvaihtoehtojen ja -tarpeen määrittäminen	67
5.2.1	<i>Vanhat katusuunnitelmat ja maaperätutkimukset</i>	68
5.2.2	<i>Terästien jätevesiviemärin kuntokartoitus</i>	70
5.2.3	<i>Maaperätutkimukset</i>	73
5.2.4	<i>Terästien vesihuollon saneeraustarpeen määrittäminen</i>	78
5.2.5	<i>Saneerausmenetelmän valintaan vaikuttavat tekijät</i>	78
5.3	Terästien vesihuoltolinjan hydraulikka	81
5.3.1	<i>Hulevesiviemärin mitoitus Terästien itäpäähän</i>	81
5.3.2	<i>Jätevesivirtaaman laskeminen</i>	87
5.3.3	<i>Jätevesiviemärin mitoitusvirtaamat</i>	89
5.4	Terästien vesihuoltolinjan saneerausvaihtoehtojen vertailu	94
5.4.1	<i>Vesihuoltolinjan saneerausvaihtoehto 1</i>	94
5.4.2	<i>Vesihuoltolinjan saneerausvaihtoehto 2</i>	96
5.4.3	<i>Vesihuoltolinjan saneerausvaihtoehto 3</i>	98
5.4.4	<i>Vesihuoltolinjan saneerausvaihtoehto 4</i>	101
5.5	Saneerausmenetelmä Terästien vesihuoltolinjalle	103
5.5.1	<i>Jätevesiviemärin saneerausmenetelmä</i>	104
5.5.2	<i>Vesijohdon saneerausmenetelmä</i>	105
5.5.3	<i>Hulevesiviemärin rakentaminen</i>	106
5.6	Terästien vesihuoltolinjan mitoitusarvot	107
6	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	110
	VIITELUETTELO	112
	LIITELUETTELO	114

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö tehdään Keravan Vesihuollolle, joka kuuluu Keravan Kaupunkitekniikka -liikelaitokseen. Keravan Vesihuollon vastuualueena ovat vesi- ja viemäri-verkoston ylläpito, korjaukset ja vesijohtoliitosten asennustyöt. Vesihuoltoverkoston uudisrakentamisen toteuttaa Keravan Kaupunkitekniikan Liikennejärjestelmä -yksikkö muun kuntatekniikan rakentamisen yhteydessä. Vesihuoltoverkoston saneeraukset ja uusimiset Keravalla tehdään Vesihuollon ja Liikennejärjestelmän yhteistyönä; Liikennejärjestelmä suorittaa kaivutyön sekä viemäri- ja hulevesilinjojen rakentamisen ja Vesihuolto rakentaa vesijohdot.

Keravalla saneerataan vuosittain 1950- ja 1960-lukujen aikana rakennettuja vesihuoltolinjoja. Saneerausmenetelminä jätevesi- ja hulevesiviemäreille on käytetty peruskorjausta tai uusimista kokonaan. Viemärien peruskorjauksessa ja uusimisessa käytettävät menetelmät ovat olleet putkien ja kaivojen pinnoittaminen tai sujutuksen eri muodot. Uusimisessa käytettävät menetelmät ovat joko uusiminen kaivamalla (No Dig) tai kaivamalla. No Dig -menetelmän uusimistoimenpiteet ovat mikrotunnelointi tai sujutusmenetelmät. Vesijohtojen saneeraus on suoritettu tähän asti kaivamalla ja vaihtamalla vanhat vesijohdot uusiin. Keravan alueella vesihuollon saneerauksen tekee haasteelliseksi se, että suurin osa sekä vesijohdoista että ja viemäri-linjoista ovat vanhoja ja rakennusvaiheessa putket on asennettu paikoittain hyvinkin syväälle. Lisäksi osa vesihuoltoverkoston osista sijaitsee hyvinkin vilkkaasti liikennöityjen väylien ja katujen alla.

Kerava sijaitsee alueella, joka on vanhaa merenpohjaa, mikä tarkoittaa sitä, että maaperä Keravalla on paikoittain hyvinkin löyhää ja vaatii uutta rakennettaessa mitavia maakerrosten vaihtotoimenpiteitä. Pääosin maaperä on silttiä, silttistä hiekkaa sekä pehmeää savea. Edellä mainittujen maa-aineslaatuojen kantavuus on heikkoa ja etenkin kaivun yhteydessä häiriintynyt silttinen maa-aines on kokonaan poistettava. Maaperän tarjoamat haasteet tarkoittavat sitä, että yli kaksi metriä syvät kaivannot heikosti kantavilla alueilla on tuettava. Myös pohjavesiesiintymät vaikeuttavat syvien kaivantojen toteuttamista. Yleisesti ottaen vesihuoltoverkoston uusiminen tai vaihtaminen kaivamalla on kustannuksellisesti kallista ja sen lisäksi siitä aiheutuu häiriötä tienkäyttäjille. No Dig -menetelmien käyttö saneerauksessa vilkkaasti liikennöityjen väylien ja katujen alla sijaitseville vesihuoltoverkostoille on huomattavasti edullisempaa ja ympäristöä vähemmän häiritsevää ja kuormittavaa. Etenkin kohteissa, joissa täytyy päästä käytössä olevan väylän tai kadun ali, kaivamalla uusiminen on käytännöllisin vaihtoehto. Keravalla kaikki vesijohdoille tehtävät saneeraukset on tehty ja tehdään nykyäänkin aukikaivamalla periaatteella ”koska niin on aina ennen-

kin tehty” eikä vesijohtojen saneerauksen suunnittelussa ole juuri panostettu eri menetelmien vertailuun sen erityisemmin.

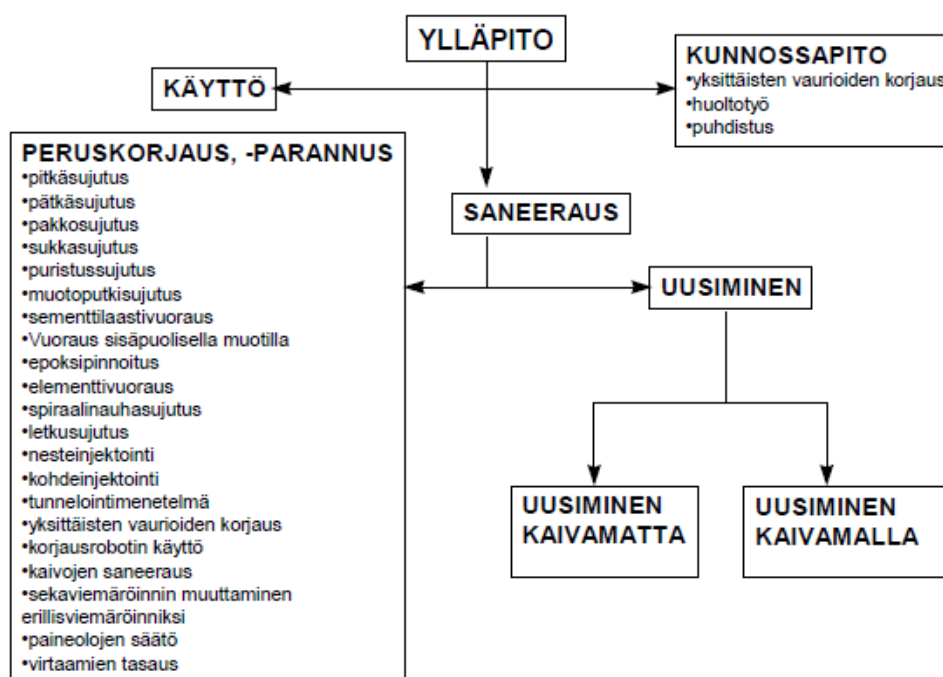
Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tutkia eri korjaus- ja saneerausmenetelmiä vanhalle vesijohdolle ja jätevesiviemäriinjalle Keravalla sijaitsevaan vesihuollon saneerauskohteeseen. Tutkimuksien kautta tavoitteena on selvittää sekä kustannuksellisesti että toteutuksellisesti käytännöllisin toteutusmenetelmä kyseiselle saneerauskohteelle. Opinnäytetyön tutkimuskohde on Keravalla Ahjon kaupunginosassa sijaitseva Terästien vesihuoltolinja, joka on rakennettu pääosin 1960-luvun alussa. Saneerattava vesihuoltolinja on 520 metriä pitkä ja se on rakennettu maaperältään silttiselle hiesulle, noin 2...4 metrin syvyyteen. Terästie sijaitsee teollisuusalueella, jossa on verrattain vilkas liikenne. Alueella sijaitsee myös Ahjon peruskoulun ala-aste. Lisäksi Terästielle toteutettava vesihuollon saneeraus ja sen tutkimusaineisto on tarkoitus toimia referenssinä Keravalla tulevaisuudessa kaivamattomin tekniikoin toteutettaville vesijohtojen saneerauksille.

Käytettävä tutkimusaineisto opinnäytetyössä muodostuu erinäisistä kirjallisuuslähteistä, haastatteluista, eri yhdistysten ja verkostosaneerauksia tekevien yritysten kotisivuista, kenttätutkimusaineistosta, opintomateriaalista sekä muiden kuntien ja kaupunkien tekemien saneerausten raporteista ja suunnitelmista sekä jo aiemmin tehdyistä aiheeseen liittyvistä Keravan Vesihuollon tilaamista tutkimuksista.

2 VESIHUOLTOVERKOSTOJEN YLLÄPITOMENETELMIÄ

2.1 Yleistä

Vesihuoltoverkoston elinkaari muodostuu kolmesta tahosta; suunnittelusta, uudisrakentamisesta ja ylläpidosta. Tässä luvussa käsitellään laajemmin vesihuoltoverkoston ylläpitoa. Vesijohto- ja viemäriverkoston ylläpito käsittää kaikki ne toimenpiteet, jotka ovat tarpeellisia verkoston toiminnallisen ja rakenteellisen kunnon ylläpitämiseksi. Verkostojen ylläpidon pääkohdat ovat käyttö ja kunnossapito, peruskorjaus ja -parannus sekä uusiminen. Rakennetun vesihuoltoverkoston toimintavalmius ja ylläpito edellyttävät sitä hallinnoivalta organisaatiolta säännöllisen kunnossapidon ja huollon lisäksi nopeaa korjausvalmiutta. Kunnossapidon toiminta on esitetty kuvassa 1. Tämän lisäksi toimintavastuussa olevan organisaation tulee kyetä määrittämään saneeraus- ja kapasiteettitarve sekä tilanteesta riippuen suunnittelu- ja työvalmiutta [10, s. 648 - 649]. Verkosto tulee voida jakaa osiin venttiileitä sulkemalla; saneeraustyön ajaksi on järjestettävä väliaikainen vesihuolto, joten vesihuoltoverkoston venttiilien ja palopostien tulee olla toimintakunnossa.



Kuva 1: Kunnossapidon toimintakaavio. [18, s. 4.]

2.2 Ylläpidon käsitteistöä

Vesihuoltoverkoston ylläpitoon lukeutuu käsitteitä, jotka voivat aiheuttaa sekaannusta. Seuraavaksi on esitettyä selvennyksiä saneerauksessa käytettävistä käsitteistä.

- **Ylläpito** tarkoittaa käyttöä, kunnossapitoa ja saneerausta, mihin kuhunkin sisältyy aina myös suunnittelua. Mikäli käyttö- ja kunnossapitotoimenpiteet eivät riitä säilyttämään verkostoa toimintakuntoisena, joudutaan turvautumaan saneeraukseen. Saneeraus voi johtua myös kokonaan ulkoisista tekijöistä, jolloin rakenteen sen hetkisellä kunnolla ei ole ratkaisevaa merkitystä. [10, s. 648.]
- **Kunnossapito** (*Maintenance, Operation and Maintenance*) käsittää huoltotyöt ja paikalliset korjaukset sekä tarvittavat toimenpiteet vesihuoltoverkoston toimintakyvyn säilyttämiseksi, kuten huuhtelut, puhdistukset ja tarkastukset [10, s. 648].
- **Saneeraus** (*Rehabilitation*) voi tarkoittaa sekä järjestelmän että sen teknisen osan toimivuuden ja kunnan parantamiseen tähtäävää toimenpidettä. Rakenteellinen saneeraus jaetaan peruskorjaukseen, perusparannukseen ja uusimiseen. [10, s. 648.]
- **Peruskorjaus** (*Repair*) on toimenpide, jossa vanhaa rakennetta korjataan siten, että vanha rakenne toimii osana uutta kokonaisuutta [10, s. 648].
- **Perusparannuksella** (*Renovation*) tarkoitetaan kunnossapitoa laajempia toimenpiteitä, joilla parannetaan rakenteen toimivuutta tai pidennetään sen kestoikää hyödyntäen jo olemassa olevan verkoston putkirakennetta [10, s. 649].
- **Uusimisella** (*Replacement, On-Line Replacement*) puolestaan tarkoitetaan toimenpiteitä, joilla vanha rakenne korvataan uudella rakenteella joko entisten tai uusien suunnitelmien mukaan. Uusiminen voidaan tehdä joko kaivamatta tai kaivamalla. [10, s. 649.]
- **Kaivamaton tekniikka** (*Trenchless Technology, No-Dig*) tarkoittaa maanalaisten putkien, kaapeleiden ja laitteiden uusimista tekniikoilla, joissa kaivantojen käyttö minimoidaan tai pyritään toteuttamaan verkoston uusiminen täysin kaivamatta [11].
- **Rakentaminen kaivamalla** (*Open Cut, Trenching*) on menetelmä, jossa vesihuoltoverkoston uusiminen tai rakentaminen on tehty kokonaan kaivumenetelmällä [10, s. 649].
- **Uudelleen rakentaminen** tarkoittaa vanha putken korvaamista rakentamalla uusi putki uuteen paikkaan vanhan läheisyyteen [11].

2.3 Vesihuoltoverkostojen ylläpidon suunnittelu

Vesihuoltoverkoston ylläpidon päätavoite on sen virheetön toiminta. Ylläpidon suunnittelussa on vesilaitosten hallinnon selvitettävä vesihuoltoverkostosta mm. luettelo järjestelmistä, kunto ja toimintakapasiteetti, pitkän tähtäimen investointisuunnitelma, toimenpiteet sekä standardit ja menettelytavat. Lisäksi tarvitaan järjestelmä, johon on kirjattu ylös vesihuoltoverkostoon kuuluvien osien ja varusteiden (palopostit, venttiilit ym.) sijainti, rakennusmateriaali sekä kunto. Vesihuoltoverkoston kunnosta ja toiminnasta tulee järjestää jatkuva tiedonkeruu- ja seurantajärjestelmä, joka helpottaa ylläpitoa. Tämän jälkeen tutkitaan perustoimintaperiaatteet, määritetään tulevaisuuden tavoitteet ja luodaan investointitarpeet sekä pitkällä että lyhyellä aika välillä. [12, s. 3.]

2.3.1 Vesijohtojen tutkimusmenetelmät

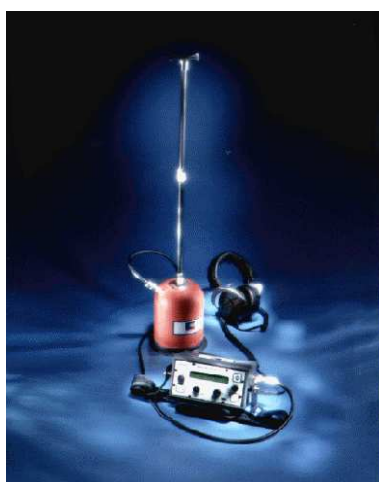
Vesihuoltoverkoston vesijohtojen tutkimusmenetelmät ja tutkimuskohteet voidaan jaotella vesijohtovuotojen selvityksiin, johtojen sisä- ja ulkopuolisen kunnan mittauksiin, verkossa olevien laitteiden kunnan ja toimivuuden selvityksiin sekä lisäksi vesijohtojen TV-kuvauksiin. Käytännössä kuitenkin vesijohtojen tilan tarkkailu on rajoittunut vuotojen seurantaan ja paikallistamiseen. Putkiston tiiviyyttä tutkittaessa yleisin menetelmä on painekoe vedellä.

Vesijohtojen vuodoista aiheutuu sekä välillisiä että välittömiä vaurioita ympäristölle; vesijohtojen vuotovesi kulkeutuu olemassa oleviin rakenteisiin vahingoittaen niitä ja lisäksi vuotovesi pehmentää maaperää aiheuttaen vaurioita kulkuväylille. Konkreettisesti vuotava vesijohto merkitsee käyttöveden menettämistä. Tämän vuoksi verkostojen virtaamia tulee seurata vuotojen havaitsemiseksi. Väliaikaisin menetelmin virtaamia voidaan seurata esim. käyttämällä siirrettäviä akkutoimisia, putken ulkopuolelle asetettavia ultraäänivirtamittareita, joissa on tallentava virtaamaloggeri. Vuotojen selvittämiseksi tarkastellaan minimivirtaamia; vihje syntyneestä vuodosta on lisääntynyt jatkuva virtaama, jolle ei ole selitystä. Vuodon havaitsemisen jälkeen määritetään vesijohtoverkoston osuus, jolla vuoto on, ja mikäli virtaaman katkaisu on mahdollista venttiileitä sulkemalla kyseiseltä verkoston osalta, voidaan vuotokohta määrittää hyvinkin tarkasti. Vuotavaa verkosto-osaa voidaan selvittää myös hyödyntämällä siirrettäviä virtaamamittareita. Vesijohdon laitteiden, kuten palopostien ja sulkuventtiilien kunnan ja toimivuuden mittaus voidaan selvittää koekäyttämällä niitä. Paloposteissa koekäyttöön liittyy antoisuuden mittaus ja venttiilien tiiviyyttä voidaan testata painemittauksella tai kuuntelemalla veden virtauksen ääntä. [6, s. 16 - 17.]

Vuotokohdan määrittämiseen yleisimmin käytetyt laitteet ja menetelmät perustuvat vuodon aiheuttaman äänen paikantamiseen vuotopaikassa. Käytettäviä menetelmiä ovat maamikrofoni- ja akustokorrelaatiomenetelmät.

Maamikrofonimenetelmän laitteisto (kuva 2) koostuu mikrofoniasta, kuulokkeista ja vahvistinlaitteesta. Vahvistinlaitteessa on oltava erilaisia suodattimia kuunneltaville äänille. Menetelmässä kuunnellaan maanpäältä ääniä ja koetetaan löytää vuodon purkautumisäänet. Ympäristön aiheuttamat poikkeavat ja epäsäännölliset äänet, kuten liikennemelu, sade ja kova tuuli, aiheuttavat häiriötä mittaukselle.

Akustokorrelaatiomenetelmän laitteistona (kuva 3) on kaksi radiolähtettä kytkettyä erittäin herkkää mikrofonia, joiden avulla kuunnellaan ääniä vesijohtoverkoston näkyvistä osista, kuten paloposteista ja venttiilikaroista. Perustuu maamikrofonimenetelmän tavoin purkaantumisasiänen paikantamiseen. Menetelmä on erittäin tarkka. Akustokorrelaation toiminta on esitettyä kuvassa 4.



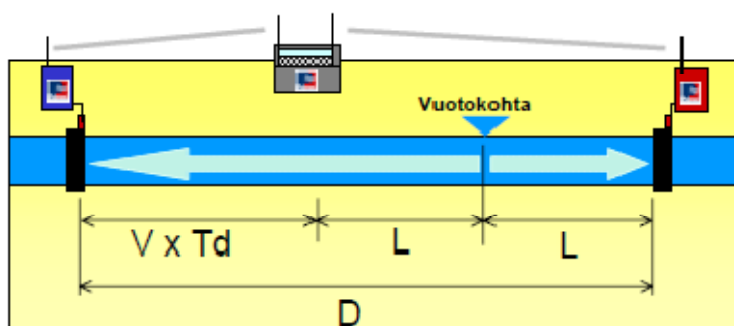
Kuva 2: Maamikrofoni. [23, s. 22.]



Kuva 3: Akustokorrelaattori. [23, s. 22.]

Akustokorrelaation toiminta

$$L = \frac{D - (V \times T_d)}{2}$$



Kuva 4: Akustokorrelaattorin toiminta. [6, s. 19.]

Lisäksi vesijohdon vuotokohdan määrittämiseksi voidaan käyttää erityistä merkkikaasumenetelmää. Merkkikaasumenetelmässä vuotavaksi tiedettyyn putkistoon syötetään merkkikaasua (vetyä tai vety-typpeyhdisteitä), jonka johdosta putkiston vuotokohdasta pintaan noussut kaasu voidaan paikallistaa erityisellä näytekaasukerääjällä ja vetykaasuindikaattorilla.

Erikoistapauksissa ja paineettomille vesijohdoille voidaan myös suorittaa aiemmin mainittu TV-kuvus. Tällaisia tapauksia on esim. vesijohdon ollessa poikki korjaustöiden johdosta. TV-kuvauksen tavoitteita on esitettyinä taulukossa 1. TV-kuvauksen käyttö on kuitenkin yleisempi menetelmä viemäreiden kuntokartoituksessa. [6, s. 15 - 20.]

Taulukko 1: Vesijohtojen TV-kuvaukselle asetettavia tavoitteita. [13, s. 2.]

Tavoite	Esityöt	Huomautukset
Vesijohtoverkoston kuntotutkimus.	Käytettävien palopostien soveltuvuuden varmistaminen.	Kuvaus tehdään paineenalaisena, kuvausetäisyydet ovat rajallisia.
Puhdistustyön laaduntarkastus osana johto-osan saneeraamista.	Ei esitöitä.	Kuvattaessa putkessa ei saa olla vettä.
Saneeratun vesijohdon laadun toteaminen.	Ei esitöitä.	Tehdään ennen käyttöönottoa.

2.3.2 Jätevesi- ja hulevesiverkostojen tutkimusmenetelmät

Viemäriverkostoille soveltuvat tutkimusmenetelmät voidaan jaotella tutkimuskohteen mukaan viemäreiden kuntoselvityksiin, tulvimisvaaran selvitykseen sekä viemäriverkon erityisvarusteiden toimivuusselvitykseen. [10, s. 660.]

Suurimman ongelman viemäriverkostoille muodostaa niihin kuulumaton vuotovesi. Vuotovesien määrä vuositasona on noin puolet jäteveden määrästä ja niiden virtaamahuiput voivat olla moninkertaiset jätevesimääriin nähden. Vuotavaksi havaituilla osa-alueilla on ryhdyttävä viemäreiden kuntotutkimukseen, jolla vuotokohdat pyritään paikallistamaan. Tämän lisäksi tavoitteena on selvittää myös vuotovesien määrä ja syyt. Käytettäviä menetelmiä ovat TV-kuvaus, tarkastuskaivojen kuntokartoitus sekä savukoemenetelmä. Savukoemenetelmällä on mahdollista saada yksiselitteinen näyttö esim. kiinteistöjen tonttviemäreiden vuotokohdista. [12, s. 7.]

Vuotovedet voidaan jakaa kahteen ryhmään syntymistapansa mukaan.

- Varsinainen vuotovesi on pohjavesistä ja maanpinnalta imeytyvistä vesistä eli vajovesistä, putkeen pääsevää vettä, mikä tarkoittaa linjan olevan joko tilapäisesti tai pysyvästi pohjaveden pinnan alla ja että linjan putkistossa on aukkoja, joista vuotovesi pääsee linjaan.
- Hulevuotovesi on pintavaluntavedestä syntyvää vuotovettä. Hulevuotovesi pääsee viemäriin kaivojen kansiston ja yläosien kautta sekä putkien saumoista ja ylivuotojen johdosta. Hulevuotovedestä aiheutuu ylimääräisiä kustannuksia jätevesipuhdistamoille, joka sitä kautta korottaa jätevesien käsittelymaksuja. [6, s. 22.]

Tarkastuskaivojen kuntokartoitus

Tarkastuskaivojen kuntokartoitus on suotavaa suorittaa alueella, jolla esiintyy kaivojen kautta tapahtuvia vuotoja. Tarkastuskaivot tarkastetaan silmämääräisesti ja järjestelmällisesti tutkimalla kaivon rakenne ja korkeusasema, liittymäputket sekä ennen kaikkea kaivon kunto. Tarkastuksesta saadut tulokset kirjataan ylös kaivokortille. [13, s. 4 – 5.]

Savukoemenetelmä

Savukoemenetelmällä saadaan tietoa myös vuotavista jätevesi- ja hulevesiviemäriinjoista, mikäli ne kulkevat tarpeeksi lähellä maanpintaa tai savu pääsee maan pinnalle lähellä olevan rakennelman, halkeaman tms. kautta. Kuvassa 5 on havainnollistettu savukoemenetelmän toimivuutta. Savukoe paljastaa myös liitokset, joissa sade- ja sulamisvesiä on ohjattu virheellisesti jätevesiviemäriin rakennusten salaojien tai rännikaivojen kautta. Savukoe ei ole aukoton tutkimusmenetelmä vaan se on lähinnä täydentävämenetelmä, esim. TV-kuvaukselle.

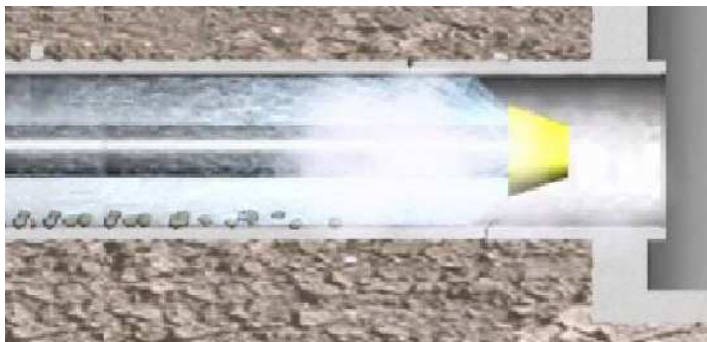
Savukokeet on hyvä suunnitella etukäteen ja savukokeista on tiedotettava paitsi savutettavan alueen kiinteistöjä myös pelastuslaitosta. Kiinteistöjen tiedottaminen on tärkeää, sillä kiinteistöjen omistajan on huolehdittava, että käyttämättöminä olleiden lavuaarien ja lattiakaivojen vesilukoissa on vettä; kuivat vesilukot saattavat päästää kiinteistön sisälle savua. Pelastuslaitokselle tiedottaminen on tarpeellista siksi, että esim. kaivosta tai rakennuksen seinän juuresta nouseva savu voi mahdollisesti pelästyttää alueen asukkaan, joka tekee palohälytyksen. [14.]



Kuva 5: Savukoemenetelmän synnyttämä savumerkki. [23, s. 41]

TV-kuvaus

Viemäreiden rakenteellisen ja toiminnallisen kunnon arvioimiseen käytetyin keino on TV-kuvaus. Viemäreille tehtävien TV-kuvauksien tavoitteista on kerrottu taulukossa 2. Tällä tarkoitetaan putkien sisäpuolista kuvaamista ja tarkoituksena on saada tietoa ja kuvattun osuuden kunnosta. TV-kuvauksen avulla tietoja voidaan saada esim. painumista, putken kaltevuudesta vuodoista, viemäritukosten syistä ja viemäri liittymien sijainnista. Viemäri liittymien sijainnin määrittäminen on tärkeä tieto, kun suunnitellaan viemäri saneerausta sujutusmenetelmää käyttämällä. Kuvauksen avulla voidaan tarkistaa myös tehdyn puhdistustyön tulos, ja lisäksi uusien ja saneerattujen viemäreiden ja vesijohtojen laatu pystytään myös toteamaan TV-kuvauksella ennen niiden käyttöönottoa [13, s. 2]. TV-kuvauksen yhteydessä saneerattava linja yleensä pestään (kuva 6) niissä tapauksissa, joissa kyseessä on esim. sekaviemäriverkosto, jonka johdosta putkissa on pintavesien valumien myötä kulkeutunut runsaasti hiekkaa.



Kuva 6: Viemäriputken huuhtelu. [26.]

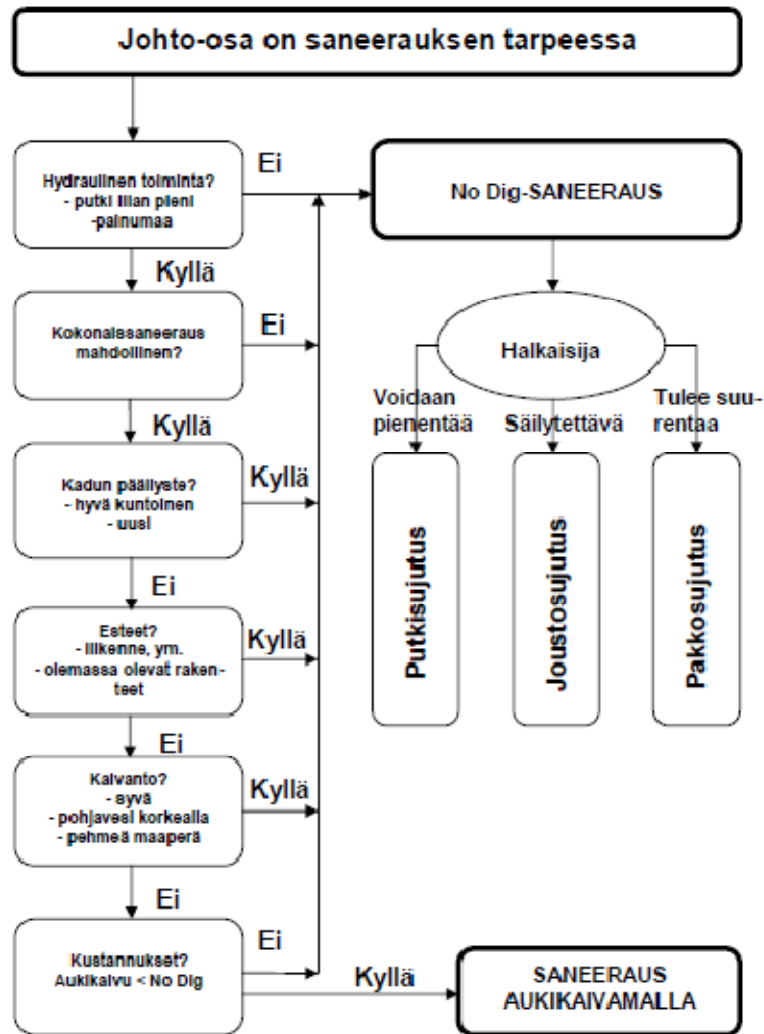
Taulukko 2: Viemäreiden TV-kuvaukselle asetettavat tavoitteet. [13, s. 3.]

Tavoite	Esityöt	Huomautukset
Viemäritukoksen tai muun käyttöhäiriön paikallistaminen.	Ei yleensä esitöitä.	-
Viemäriinjan TV-kuvaus kunnan ja toimivuuden selvittämiseksi tai saneeraussuunnitelua varten.	Puhdistus (tarvittaessa ohipumppaus ja juurtenpoisto).	Mikäli viemäri tiedetään niin huonokuntoiseksi, että se voi sortua puhdistuksen seurauksena, suoritetaan puhdistus varovaisesti.
Uudisrakennuskohteen tai saneeratun viemäriin laadun toteaminen.	Ei yleensä esitöitä.	Tehdään ennen käyttöönottoa.

2.3.3 Saneeraustarpeen määrittäminen

Vesijohto- ja jätevesiviemäriverkostojen uusiminen on iso haaste vesihuoltolaitoksille; niihin ryhtyminen sitoo työmiehiä pitkäksi aikaa ja kalustokustannukset ovat huomattavia. Tällöin on otettava huomioon taloudelliset resurssit.

Tarve saneerata vesihuoltoverkoston johto-osaa johtuu pääsääntöisesti putkimateriaalien ja -rakenteiden laadun heikkenemisestä sekä verkoston toiminnallisista epäkohdista, kuten kapasiteetin laskusta. Kapasiteetin lasku voi johtua esimerkiksi putken painumisesta. Johto-osan saneeraustarpeen määrittäminen voidaan suorittaa kuvan 7 kaavion mukaan. Toissijainen tarve saneeraukseen voi syntyä asutuksen kasvun tai vähentymisen aiheuttamasta vedenkäytön muutoksesta eli verkoston ali- tai ylikuormituksesta. Suurin osa rakennetuista verkostoista on kapasiteetiltaan kuitenkin ylimitoitettuja, koska 1970-luvulla verkostoja rakennettaessa oletettiin vedenkäytön kasvavan reilusti tulevana vuosina. Toisin kuitenkin kävi, sillä vedenkäyttöä pienensivät energiansäästövaatimukset, vesikalusteiden vettä säästävä kehitys ja erityisesti jätevesimaksun käyttöönotto vuonna 1974. Lisäksi saneeraustarpeeseen voi vaikuttaa muutokset maankäytössä tai muu rakennustoiminta. [15, s. 199.]



Kuva 7: Saneeraustavan valintaan vaikuttavat tekijät. [12.]

Yleiset korjauksen ja saneerauksen tavoitteet voidaan ryhmitellä toiminnallisiin (hydrauliset ominaisuudet, kunnossapito, toimintavarmuus ja tonttiliittymät sekä uudet liittymät), teknisiin tai rakenteellisiin (paineluokka, tiiviys, karkeuskerroin, lujuudet ja työtekniikat), laadullisiin (korroosion kesto, käyttöikä, kulutuskestävyys ja kemiallinen kestävyys), terveydellisiin (veden laadun säilyminen, ympäristöriskit ja työturvallisuus), taloudellisiin (kustannukset, työn kesto, ulkopuolisille aiheutuvat haitat ja toimintakeskeytykset) tai muihin tavoitteisiin (suunnittelussa tarvittavien mitoitusominaisuuksien ja tietojen riittävä dokumentointi, tuote- ja työselosteiden olemassaolo, riittävät kokemukset ko. menetelmästä ja saneeraustöiden suorittajan osaava henkilöstö sekä asianmukaiset laitteet ja välineet). [10, s. 652.]

Saneerauksen suunnittelu vaatii kaikissa vaiheissaan runsaasti lähtötietoja. Yleissuunnittelun kannalta pitkän ajan tilastotietojen saatavuus on välttämätöntä. Tilasto-

tietojen perusteella voidaan saneeraustarve arvioida mm. tarkastelemalla kunnossapitotoimenpiteiden kasvanutta tarvetta ja keskittymistä verkoston eri osiin, laitosten kapasiteetin riittävyttä, ympäristövaikutuksia sekä verkoston ikää ja materiaaleja.

Edellä mainittujen saneeraustarpeen yleisten tietojen saaminen edellyttää jatkuvaa vesihuoltoverkoston kunnon ja toiminnan tarkkailua [15, s. 199 - 200].

2.3.4 *Vesijohtoverkoston toiminnan heikkeneminen*

Vesijohtoverkoston toiminnan heikkeneminen jaetaan rakenteelliseen ja toiminnalliseen heikkenemiseen. Vedenjakeluverkoston huomattava rakenteellisen kunnon heikkeneminen ilmenee vedenjakeluverkostosta hukkaan valuvana vetenä ja vedenkäyttäjille päätyvän veden epätavallisena värinä, makuna tai hajuna. Rakenteellisen ja toiminnallisen kunnon heikkenemisestä aiheutuvat suurimmat riskitekijät ovat vedenjakelun katkeaminen yllättäen sekä vesiepidemiat eli veden välityksellä leviävät sairaudet. tyypillisimpiä rakenteellisia kunnon heikkenemisiä ovat erilaiset vuodot (ilmi- ja piilovuodot), tukkeumat, halkeamat ja korrosio. Rakenteelliseen kunnon alenemaan vaikuttavat monet tekijät, kuten aika, putken materiaali, ympäröivät olosuhteet ja inhimilliset tekijät. Suurimpia syitä esim. putken halkeamiselle ovat asennusvaiheen väärät työmenetelmät. [10, s. 637.]

2.3.5 *Viemäriverkoston toiminnan heikkeneminen*

Viemäriverkoston toiminnan heikkeneminen jaetaan vesijohtoverkoston heikkenemisen tavoin rakenteelliseen ja toiminnalliseen kunnon heikkenemiseen. Rakenteellisen ja toiminnallisen heikkenemisen myötä jätevesien viemäroinnin laatu heikkenee ja jätevesien keskitetyn keräämisen päätarkoitus eli jätevesien tehokas puhdistaminen parhaalla mahdollisella tavalla kärsii. Jätevesien viemärintiverkoston säilyttäminen käyttökuntoisena ja toimintavarmana edellyttää erityisen aktiivista tarkkailua ja kunnossapitoa laitoksen toimesta, sillä laitoksen puutteellisesta toiminnasta aiheutuvat ympäristöhaitat saattavat muuten pysyä piilevinä niin kauan, että ne ovat vaikeasti korjattavissa. Erityisesti tämä koskee vesistöjen rehevöitymistä. Jätevesiverkoston rakenteellisen ja toiminnallisen heikkenemisen ilmenemismuotoja ovat tukokset, viemärin painuminen tai romahtaminen sekä vuodot. Lisäksi viemäriverkostoa rasittaa rikkivedystä ja jäteveden sisältämät kemikaalien aiheuttama syöpyminen. Myös putkiin joko liitoskohdista tai putkeen syntyneistä halkeamista tunkeutuvat puiden juuret ovat yksi yleinen vikatyyppe. [10, s. 641.]

2.4 Saneeraussuunnitelma

Yksinkertaistettuna verkostojen saneerauksen suunnitteluun liittyy seuraavat seikat:

- saneeraustarpeen tunnistaminen ja dokumentointi
- saneerauksen menetelmävaihtoehtojen tunteminen
- saneerauksen tavoitteiden määrittäminen
- saneeraussuunnitelman laatiminen.

Vesijohto- ja viemäriverkkojen saneerauksen suunnittelu voidaan jakaa kahteen erilliseen vaiheeseen, jotka ovat saneerauksen yleissuunnittelu ja saneerauksen yksityiskohtaisen toteutuksen suunnittelu. Suunnittelun voi putkien lisäksi kohdistaa tiettyyn verkoston osaan eli sulkuventtiileihin, paloposteihin, viemäriin tarkastuskaivoihin, viemäriin ylivuotorakenteisiin tai tonttijohtoihin.

Saneerauksen yleissuunnittelu on jatkuva prosessi, jossa voidaan tehdä pitkän aikavälin strategista suunnittelua (esim. 5 ... 10 vuotta) ja lyhyemmän aikavälin esimerkiksi yhden vuoden kestoisia työohjelmia.

Rakentamisessa yleensä voidaan yksityiskohtainen suunnittelu tehdä ennen toteutusta ja liittää osaksi tarjouspyyntöasiakirjoja tai suunnittelu voi kuulua itse urakkaan, jolloin tarjouspyynnössä esitetään tilaajan vaatimukset työn tekemiselle ja lopputuotteelle.

Vesihuoltoverkoston saneeraussuunnitelmasta tulee löytyä kaikki toteutuksessa tarvittava tieto. Saneeraussuunnitelman tulee olla yksiselitteinen ja selkeä, toteuttamiskelpoinen ja sisältää tarvittavat lähtötiedot sekä taloudellisesti harkittu. [12, s. 10.]

Saneeraussuunnitelmasta täytyy löytyä ainakin yleiskartta sijaintitietoineen ja asemapiirustus laadittuna johtokartan päälle, jolloin tarvittavat viitteet ovat ajantasaisia, mittakaavassa 1:500 tai 1:1000. Saneerattava johto kuvataan tummemmalla viivalla. Asemapiirustuksessa tule esittää:

- rakennettu vesihuoltoverkosto varusteineen
- katu-, tie-, tontti- ym. alueiden rajat sekä rakennukset
- saneerattavan verkoston sijainti- ja korkeusasemat
- saneerattavan johto-osan tunnuksiset (esim. kaivokortit)
- saneerattavan johto-osan koko, materiaali, rakentamisvuosi
- saneerattavaan johto-osaan tulevat liitokset
- mahdolliset muut verkostot.

Lisäksi saneeraussuunnitelma voi pitää sisällään pituusleikkauksen mahdollisesti tarvittavien kaivantotöiden suunnitteluun ja toteuttamiseen. Kaivantotyöt edellyttävät

aina riittävien pohjasuhdetietojen esittämistä. Myös poikkileikkaukset ja erikoispiirustukset voivat sisältyä saneeraussuunnitelmaan. [16, s. 4 - 9.]

2.4.1 *Saneeraustoimenpiteiden esittäminen*

Tunnuksien muodostaminen

Saneeraustoimenpiteiden esittämiseksi saneerattavan johdon varusteille ja johto-osille annetaan tunnuksia. Tehdyt tutkimukset ja selvitykset sekä saneeraustoimenpiteet si-
dotaan tunnuksiin. Kukin vesijohto sekä jätevesi- että hulevesiviemäri saavat tunnuksia varusteidensa tai kaivojensa mukaan. Lisäksi suunnitelmalle tärkeät tai toiminnallisesti merkittävät johto-osat saavat myös oman tunnuksensa.

Varusteiden tunnisteen muodostuvat sekä verkostolajia että varustetyyppiä osoittavasta koodista. Lisäksi tunnisteen löytyy juokseva hanke- tai verkostokohtainen numero.

Johto-osien tunnisteen osoittavat verkostolajin koodin yhdellä merkillä sekä lisäksi juoksevalla hanke- tai verkostokohtaisella numerolla. Laajoissa saneeraushankkeissa, joissa peräkkäiset johto-osat muodostavat hankkeen osakokonaisuuksia, esim. saneerauskohteita, voidaan kohteille antaa tunnuksia em. varusteiden ja johto-osien tun-
nusten lisäksi. Kohteen tunnuksille ei tässä aseteta muotovaatimuksia. Kohdetunnukset sitovat kohteen tiedot yhteen saneeraushankkeeseen liittyvissä asiakirjoissa. [16, s. 4 - 9.]

2.4.2 *Saneerauskohteen havainnollistaminen*

Saneerauskohteeseen liittyvät tiedot tulee löytyä piirustuksista, työkohtaisesta työselityksestä sekä mahdollisesta teknisestä työsuunnitelmasta kuten edellä on selostettu. Asiakirjoissa esitetyt tiedot voidaan havainnollistaa kokoamalla keskeiset tiedot saneerauskohteittain liitteissä esitettyjen mallien mukaisille lomakkeille. Lomakemallit on laadittu erikseen vesijohdon saneerauskohteelle ja viemäri saneerauskohteelle. Lomakkeiden avulla pyritään antamaan mahdollisimman totuudenmukainen kuva saneerauskohteesta, mutta ne eivät korvaa saneeraushankkeen muita asiakirjoja eivätkä poista urakoitsijan velvollisuutta tutustua kohteeseen. [16, s. 4 - 9.]

2.4.3 *Työkohtainen työselostus*

Saneeraussuunnittelun pääpainon tulee olla työkohtaisen työselostuksen laadinnassa. Työkohtaisen työselostuksen lähtökohtana ovat julkaisut "Kunnallisteknisten töiden yleinen työselitys 02" ja "Kunnallisteknisten töiden määrittämisperusteet 02", "InfraRYL 2006: Osa 2: Järjestelmät ja täydentävät osat" sekä "Vesijohtojen ja viemäreiden saneeraustöiden yleinen työselitys 95".

Työkohtainen työselostus täydentää ja tarvittavilta osin muuttaa yleisissä työselostuksessa esitettyä. Työkohtaisessa työselostuksessa esitetään mm. seuraavat asiat:

- saneerattavista johto-osista tehdyt tutkimukset ja selostukset (työvaihe 1120)
- työnaikaiset liikennejärjestelyt (työvaihe 1340)
- työnaikainen vedenjakelu (työvaihe 1350)
- työnaikaiset viemäriveriesien ohipumppaukset (työvaihe 1360)
- saneeraustöiden laadunvalvonta (työvaihe 1540)
- kaivantotöiden suoritus (työvaiheet 3000)
- saneerausmenetelmät (työvaiheet 7000)
- viemäri- ja vesijohtotyöt (työvaiheet 4000 ja 5000)
- viimeistelytyöt (työvaiheet 2000).

Työkohtaisessa työselityksessä tulee lisäksi erikseen esittää työvaiheisiin kuulumattomat asiat kuten esimerkiksi saneeratun johdon haluttu muoto, korkeusasema ja sallitut mittapoikkeamat [16, s. 4 - 9].

Työkohtaista työselitystä voidaan vielä tarkentaa teknisellä työsuunnitelmalla, joka on vielä yksityiskohtaisempi. Teknisessä työsuunnitelmassa esitetään mm. yksityiskohtaisesti työn suoritustapa ja aikataulu. Lisäksi tekniseen työsuunnitelmaan kuuluvat myös työn turvallisuuteen liittyvät selostukset.

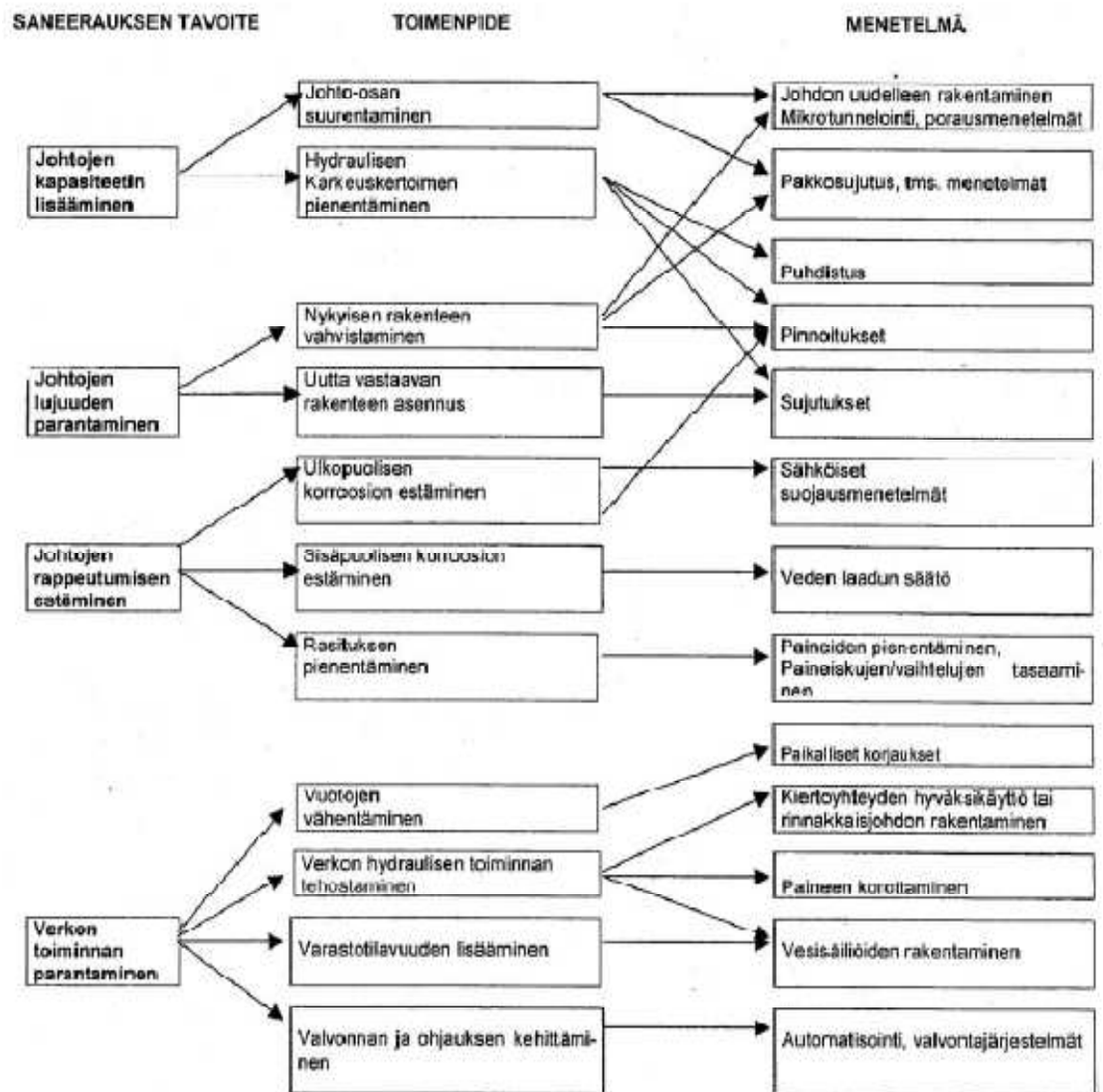
3 KORJAUS- JA SANEERAUSMENETELMÄT

3.1 Yleistä

Tärkeän osan vesihuoltoverkoston elinkaarta, suunnittelua ja rakentamista, muodostavat korjaus- ja saneerausmenetelmät. Yhdessä kunnossapitotoimien kanssa saneerauksella ylläpidetään verkoston rakenteellista ja toiminnallista kuntoa. Kunnossapidon tulee olla ennalta ehkäisevää ja suunniteltua. Sillä minimoidaan toimintahäiriöitä, lisätään toimintavalmiutta sekä verkon käyttöikää. Kun kunnossapitotoimet eivät enää riitä ylläpitämään vesihuoltoverkosto-osalle suunniteltua käyttötarkoitusta, tarvitaan saneeraamista. Saneerausvaihtoehtoja ovat perusparannus ja uusiminen. Perusparannuksessa verkosto-osan käyttöikää pidennetään ja toimivuutta parannetaan vanhaa rakennetta hyödyntäen kunnossapitoa laajemmilla toimenpiteillä. Uusimisessa vanha rakenne korvataan kokonaan uudella. Vesihuoltoverkoston osia voidaan saneerata kahdella tavalla: perinteisesti kaivamalla tai kaivamattomalla tekniikalla eli No Dig -menetelmillä. [10, s. 649.]

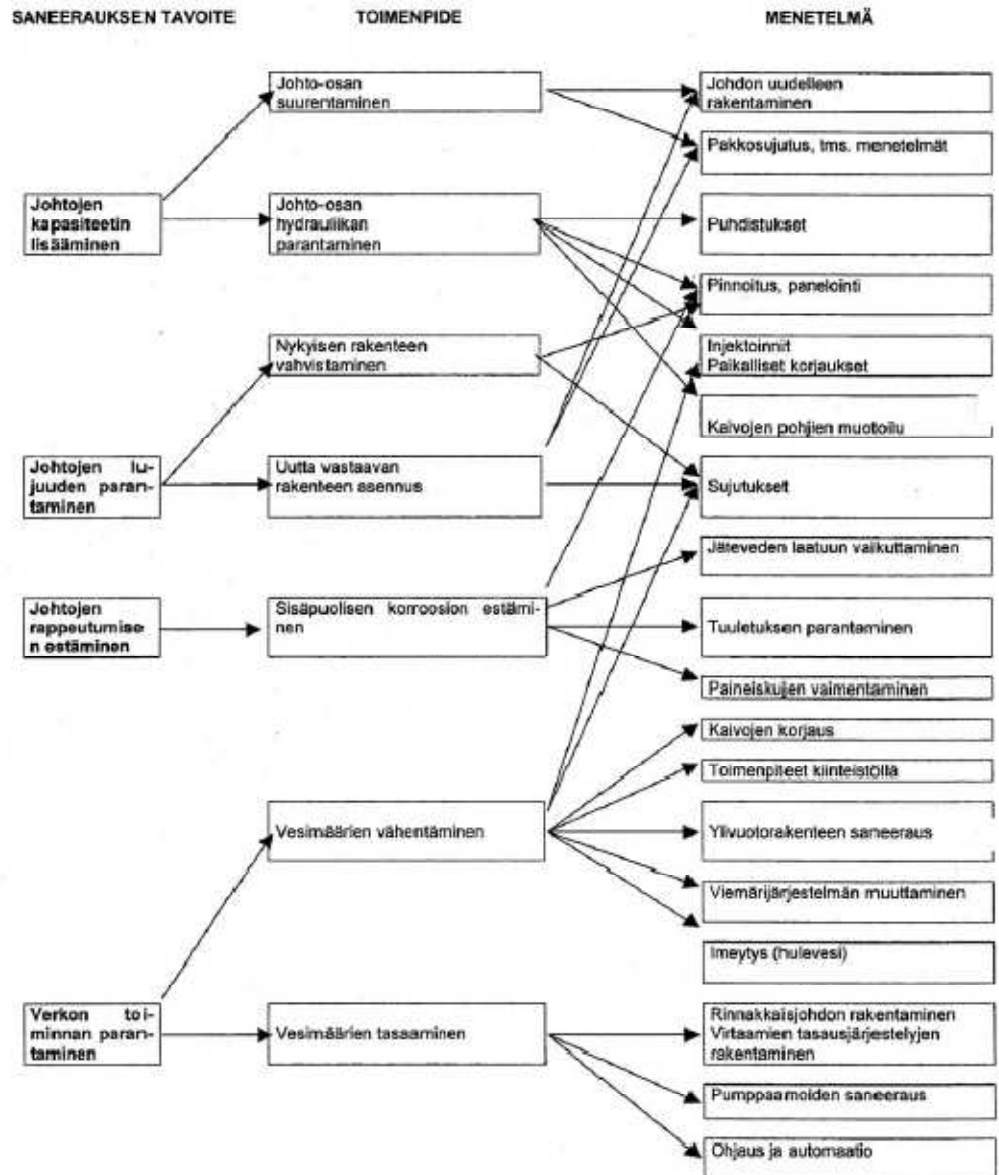
Kaivamattomien saneeraustekniikoiden kehittämisen pääideana on ollut pystyä toteuttamaan häiriötön saneeraus, mikä tarkoittaa kaivantojen välttämistä tai ainakin niiden minimoimista. Kaivantojen välttäminen säästää putken ympärillä olevaa infrastruktuuria, saneeraustyö sujuu huomattavan paljon nopeammin ja haitat ulkopuolisille, erityisesti liikenteelle, ovat vähäiset. Lisäksi saneeraustyön ympäristöriskit pienenevät. Kaikki nämä edut tekevät tekniikasta taloudellisemman ja huomattavan paljon turvallisemman. Kaivamattomat saneerausmenetelmät tulivat Suomeen jo 1970-luvulla ja viime vuosina niissä on tapahtunut selvää kehitystä. Etenkin vaihtoehtoisten menetelmien määrä on lisääntynyt ja niistä on tullut entistä laadukkaampia. Suomessa Kaivamattoman Tekniikan Yhdistys FiSTT (Finnish Society of Trenchless Technology) on perustettu edistämään kaivamattomien tekniikoiden käyttöä.

Nykyaikaiset saneerausmenetelmät ovat ratkaisevasti vaikuttaneet kulujen pienemiseen ja saneeraustyön helpottumiseen. Samoin vesijohtojen luotettavuus on parantunut huomattavasti. Nykyisin korjattu putki voi olla jopa uusitun veroinen pienemmin kustannuksin. [17, s. 3.] Saneeraustoimenpide ja -menetelmä voidaan helposti määrittää asettamalla vesihuoltoverkoston saneerattavalle osalle ensin tavoite. Tämän jälkeen määritetään toimenpide, jolla asetettu tavoite voidaan saavuttaa. Toimenpiteen täyttämiseksi valitaan saneerausmenetelmä. Toimenpide ja saneerausmenetelmät vesijohdoille ja viemäriputkille on havainnollistettu toimenpidekaavioissa kuvissa 8 ja 9.



Kuva 8: Vesijohtojen saneeraustoimenpiteet ja -menetelmät. [17, s. 2.]

Vesihuoltoverkoston huonokuntoiset putket voidaan saneerata rakentamalla uusi putki vanhan rinnalle tai sen tilalle. Jos olosuhteet sen sallivat, uusiminen kaivamalla voi olla taloudellisesti perusteltua. Markkinoilla on onneksi muitakin vaihtoehtoja. Uusi putki voidaan asentaa vanhan sisään, jolloin voidaan välttää aukikaivun usein aiheuttamilta haitoilta ja ongelmilta. Saneerausmenetelmät ovat alan toimijoiden kesken sovittu jaoteltavaksi ryhmiin lopputuotteen ominaisuuksien mukaan. [12, s. 7.]



Kuva 9: Viemäreiden saneeraustoimenpiteet ja -menetelmät. [17, s. 3.]

Vesijohtojen ja viemäreiden saneerausmenetelmien paljous ja erilaisuus verrattuna uudisrakentamiseen tulee esille suunnittelussa, toteuttamisessa, työmenetelmissä, materiaaleissa, laadun sekä käyttöään arvioinnissa, hinnoissa ja takuukysymyksissä. Näitä koskevia vaatimuksia voidaan jaotella seuraavasti: toiminnalliset, tekniset, rakenteelliset, laadulliset, terveydelliset ja taloudelliset.

Sopivan saneerausmenetelmän valinta voi olla hyvin vaativa prosessi. Päätös koostuukin eri tekijöiden summasta, jossa on sovitettava yhteen mm. tulevaisuus, nykisyys, tekniikka, taloudellisuus ja ympäristövaatimukset. Teknisesti paras ratkaisu ei ole välttämättä kokonaisuuden kannalta edullisin lopputulos. [17, s. 5.]

3.2 Saneerausmenetelmän valintaan vaikuttavat tekijät

Saneerausmenetelmän valintaan vaikuttavat tekijät määräytyvät monen tekijän summasta, jotka huomioimalla saneerausmenetelmää valittaessa päästään parhaaseen kokonaisratkaisuun. Seuraavassa on eritelty valintaan vaikuttavien tekijöitä.

3.2.1 Tekniset tekijät

Teknisiä tekijöitä ovat painumisolosuhteet, sortumat, puhdistustarve ja siirtyminen sekaviemäröinnistä erillisviiemäröintiin.

Painumisolosuhteet

Mikäli saneeraustarve aiheutuu vakavista painumista johtolinjassa, on uusiminen auki kaivamalla lähestulkoon ainoa mahdollisuus. Jos painuma on vähäistä eikä se enää pahene, on mahdollista käyttää muitakin menetelmiä. Mikäli saneerattava johto on syvällä tai pohjaveden pinnan alapuolella tai kaivanto-olosuhteet ovat muuten vaikeat, ei aukikaivaminen kuitenkaan ole taloudellisin vaihtoehto. [15, s. 196.]

Sortumat

Mikäli saneerattava johtolinja on jo sortunut, on aukikaivamiseen turvaututtava joko koko johdon osalta tai ainoastaan sortumien kohdalta. Jos muodonmuutos ei ole vielä vakava, on muidenkin menetelmien käyttö todennäköisesti mahdollista. [15, s. 196.]

Puhdistustarve

Jotkin saneerausmenetelmät edellyttävät saneerattavan johto-osan puhdistamista korkeapainehuuhtelulla. Mikäli johtolinja on tutkimuksissa osoittautunut syöpyneeksi tai siinä on halkeamia, on sen puhdistuksen kesto selvitettävä ennen puhdistustyön aloittamista. [15, s. 196.]

Siirtyminen sekaviemäröinnistä erillisviiemäröintiin

Saneerausmenetelmää valittaessa tulee tarkastaa mahdollinen tarve rakentaa samalla erillinen hulevesiviemäri [15, s. 196].

3.2.2 Taloudelliset tekijät

Taloudellisia tekijöitä ovat muu toiminta saneerattavan johdon ympäristössä, tonttiliitosten määrä, olosuhteet johtokaivannoissa, olosuhteet linjan yläpuolella, saneeraustyön kesto, kustannukset saneerauksen jälkeen sekä ennalta arvaamattomat kustannukset [15, s. 197].

Muu toiminta saneerattavan johdon ympäristössä

Mikäli johdon ympäristössä tehdään muitakin maarakennustöitä (kadun saneeraus, muiden putkien saneeraus tai uudisrakentaminen), voi vesihuoltoverkoston osan saneeraus auki kaivamalla olla perusteltua. Jos ollaan vain uusimassa kadun päällystettä ja samalla jokin johto kadun alta, on lopputuloksen kannalta järkevää käyttää jotakin muuta saneerausmenetelmää kuin aukikaivamista. [15, s. 197.]

Tonttiliitosten määrä

Tonttiliitosten määrän ei katsota vaikuttavan, kun valitaan saneeraustapa kaivamalla tai kaivamatta toteutettavien tekniikoiden väliltä. Sen sijaan kaivamattoman tekniikan eri menetelmävaihtoehtojen vertailussa määrällä voi olla merkitystä, jos tonttiliitosten kaivaminen on teknisesti hankalaa. [15.]

Olosuhteet johtokaivannoissa

Etenkin syvät ja tuennan vaativat kaivannot synnyttävät aukikaivamalla tehtävälle saneeraukselle suuria taloudellisia kustannuksia. Nämä saneeraukset olisi taloudelliselta kannalta edullisina suorittaa aukikaivamatta. [15, s. 197.]

Olosuhteet johdon yläpuolella

Vesihuoltolinjan yläpuolella saattaa olla muita rakenteita, jotka aukikaivamistilanteessa jouduttaisiin uusimaan tai siirtämään. Tällaisia rakenteita voi olla mm. putket, kaapelit, rakennukset, tukimuurit yms. Nämä tulee ottaa huomioon taloudellisuusvertailussa. [15, s. 197.]

Saneeraustyön kesto

Saneeraustyöhön käytetty aika on ratkaiseva tekijä kokonaiskustannuksissa. Saneeraus aukikaivamalla vie usein enemmän aikaa kuin kaivamattomalla menetelmällä tehtävä saneeraus, mikä näkyy myös kustannuksissa. [15, s. 198.]

Kustannukset saneerauksen jälkeen

Saneerausmenetelmän valinnassa tulee huomiota kiinnittää välittömien kustannusten lisäksi myös niihin kustannuksiin, jotka aiheutuvat vasta tulevaisuudessa. Toteutettaessa saneeraus aukikaivamalla, ovat tulevat ylläpitokustannukset melko hyvin tiedossa, kun taas kaikkien saneerausmenetelmien todellisesta käyttöiästä ei ole vielä laajaa kokemusta. Kunnossapitokustannukset voivat olla erilaisia eri saneerausvaihtoehdoilla. [15, s. 198.]

3.2.3 *Haitat ulkopuolisille ja työllisyysnäkökohta*

Rakennettu ympäristö asettaa saneeraustyön toteutukselle rajoituksia. Saneerausta suunniteltaessa on syytä huomioida ulkopuoliselle aiheutuvat haitat työstä. Haittojen pitää olla mahdollisimman lyhytkestoisia sekä ennalta ajoitettuja. Jos vesihuoltolinjaa joudutaan saneeraamaan aukikaivamalla, on liikennejärjestelyt huomioitava hyvin. Samoin on yritettävä minimoida saneerauksesta aiheutuvat haitat tuotantolaitoksille ja yrityksille. Työllisyysnäkökohtia harkittaessa on otettava huomioon mm. kunnan työllisyystilanne sekä mahdollisuus saneeraustöiden ajoittamiseen kustannusvaatimuksiltaan edullisempaan ajankohtaan. [15, s. 198.]

3.3 Korjaus

Yksittäisten vaurioiden ja suppeampien vauriokohteiden korjaamiseen on kehitetty erilaisia menetelmiä. Eräitä korjausmenetelmiä on mm. yksittäisten vauriokohtien korjaus putkissa korjausholkilla tai isompien vauriokohtien paikkaaminen putkissa korjaussukan avulla, yksittäisten saumojen korjaus erilaisilla rengasmanseteilla sekä kaivojen yksittäisten osien korjaus. Kaivon varusteiden korjauksesta lisää seuraavassa kappaleessa.

Kaivon varusteiden korjaus

Betonisten kaivojen vaurioita on monenlaisia ja niitä voidaan myös korjata monella tapaa, ja hyvinkin yksinkertaisesti ja helposti. Kaivojen korjausmenetelmät vaihtelevat hyvinkin laajalti; kansilaatan, kehyksien tai molempien vaihto uuteen, kartiorenkkaan uusiminen ja kannen saumojen tiivistäminen ovat eräitä korjauskeinoja.

Vanhoissa kaivoissa sisäpuolelle on joskus asennettu erilliset askelmat huoltotehtäviä helpottamaan. Vanhat askelmat ovat usein syöpyneet ja kiinnitys on heikko. Askelmat on tarvittaessa poistettava kokonaan tai korvattava uusilla.

Kaivon pohjan korjauksen tavoitteena on vanhan kaivon kunnan ja toimivuuden parantaminen sekä huoltotarpeen vähentäminen. Seuraavassa on mainittu eräitä keinoja:

- Pohja korjataan ja viimeistellään käsin sementtilaastilla.
- Valmisosien käyttö räätälöidään kaivokohtaisesti.
- Pohjan pinnoitus ja muotoilu tehdään laatoittamalla.
- Halkeamat injektoidaan.
- Pinnoitetaan polymeeribetonilla tai epoksilla [18].

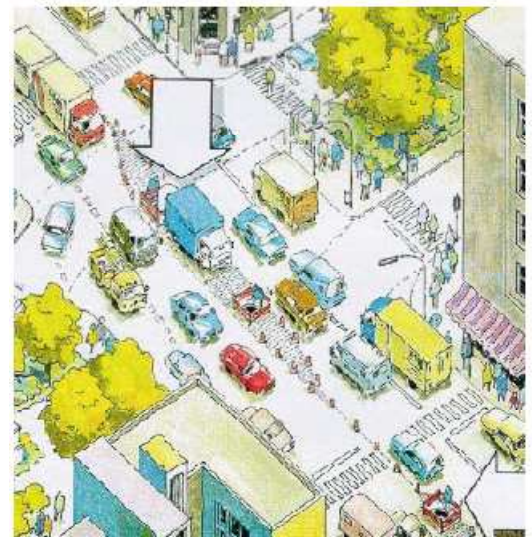
3.4 Saneerausmenetelmät

Taulukossa 3 on kuvattuna Suomessa yleisimmin viime vuosina käytettyjä kaivamattomalla menetelmällä tehtäviä saneerauksia. Saneerausmenetelmät ovat jaettu putki-, pakko- ja joustosujutuksiin sekä pinnoituksiin ja muihin menetelmiin. Sujutuksista käytetyimmät ovat pitkä- ja pätkäsujutuksen ohella sukka- ja pakkosujutuksen eri muodot. Pinnoitusmenetelmistä tunnetuimpia ovat sementti- ja epoksinpinnoitus, joita tehdään putkien lisäksi myös vanhoille kaivoille.

Taulukko 3: Saneerausmenetelmät. [12, s. 7.]

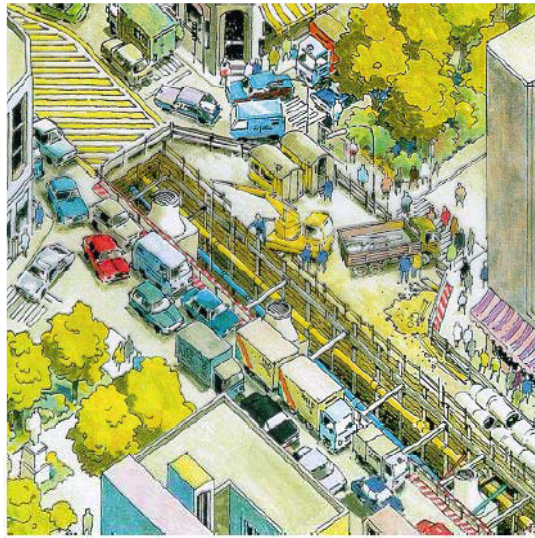
PUTKISUJUTUKSET	PAKKOSUJUTUKSET	JOUSTOSUJUTUKSET	PINNOITUKSET	MUUT MENETEMÄT
- pitkäsujuutus - pätkäsujuutus	- pakkosujuutus	- sukka-sujuutus - kuristus-sujuutus - muotoputkisujuutus	- sementtilaastivuoraus - epoksinpinnoitus	- elementtivuoraus - spiraalimauhasuj - leikkusujuutus - nesteinjektointi

No Dig -menetelmällä tehtävät saneeraukset vaativat työtä suunniteltaessa huomattavasti vähemmän painoarvoa työmaan turvallisuuskysymyksille ja esimerkiksi työn aikaisille liikennejärjestelyille; yleensä kaivamattomalla tekniikalla tehtävän saneerauksen tien tai kadun aukikaivusta aiheutuvat kaivannot rajoittuvat muutaman työkaivantoon. Kun verrataan esim. 500 m pitkän vesihuoltolinjan uusimista vilkkaan asutuskeskuksen pääkadun alta, on itsestään selvää, että 150 metrin välein tehtävät 1,5x2 m:n kokoiset työkaivannot häiritsevät liikennettä huomattavasti vähemmän kuin aukikaivamalla tehtävä saneeraus, joka ensinnäkin etenee huomattavasti hitaammin ja toisekseen kaivantoja on paljon enemmän ja ne ovat kooltaan 2-3 kertaa suurempia. Lisäksi aukikaivu on kustannuksiltaan noin 2,5 kertaa kalliimpaa kuin No Dig -menetelmien käyttö. Kuvassa 10 on havainnollistettu aukikaivamattomalla menetelmällä tehtävän saneerauksen aiheuttamat häiriöt ympäristöön kaupungin keskustassa.



Kuva 10: No Dig –menetelmän vaikutukset rakennettuun ympäristöön. [6, s. 38.]

Kuvassa 11 on esitettyä aukikaivamalla menetelmällä toteutettavasta saneerauksesta aiheutuvat suurimittaiset häiriöt tienkäyttäjille.



Kuva 11: Aukikaivamalla tehtävän saneerauksen vaikutukset rakennettuun ympäristöön. [6, s. 56.]

3.5 Suomessa käytetyt saneerausmenetelmät

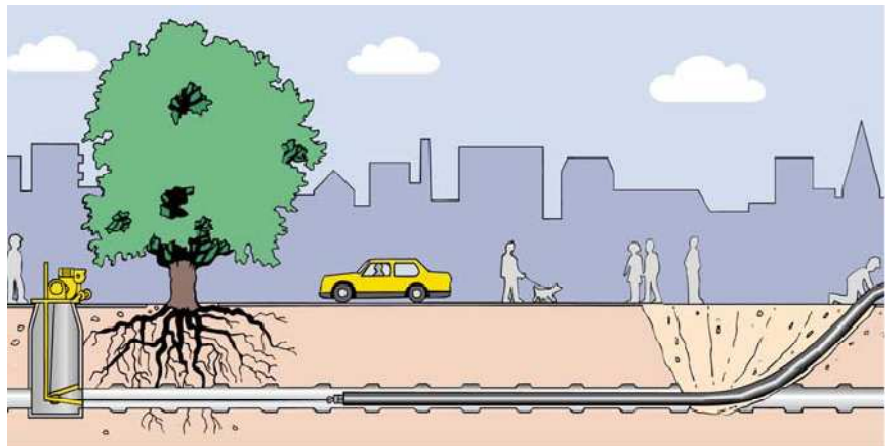
3.5.1 Pitkäsujutus

Pitkäsujutuksessa vanhan putken sisään sujutetaan yhtenäiseksi hitsattu muoviputki. Sujutettavan putken halkaisijan on oltava saneerattavan putken sisähalkaisijaa pienempi. Menetelmä vaatii sujutuskaivannot. Kaivannon mitta määräytyy putken halkaisijan mukaan. Työkaivantoja tarvitaan saneerattavan linjan alku- ja loppupäässä sekä mahdollisten putken tehtävien haaroitusten kohdalle. 1960-luvulta alkaen. Käyttöalueena ovat vesijohdot ja viemärit, käytännössä kaikki koot.

Vesijohdoissa putkiosuus erotetaan verkosta työn ajaksi ja tarvittaessa järjestetään väliaikainen vedenjakelu (esim. pintaletkutus). Putki puhdistetaan ja tarvittaessa suoritetaan kiinteiden saostumien poisto.

Viemäreissä putki huuhdellaan ja puhdistetaan irtonaisesta aineksesta ja tarkastetaan TV-kameralla. Linjan virtaamasta riippuen tarvittaessa järjestetään ohituspumppaus.

Sujutuksen aloituspäässä tarvittavan kaivannon koko määräytyy saneerattavan putken syvyydestä, sujutusputken laadusta, koosta sekä ulkolämpötilasta. Viemäriin sujutuskuoppa sijoitetaan esim. sellaisen tarkastuskaivon kohdalle, jossa viemäriin linjaus muuttuu merkittävästi. Käytettäessä pituussuunnassa taipuisaa PE-putkea voidaan viemäriin sujutus tehdä tarkastuskaivosta.



Kuva 12: Pitkäsujutus. [26.]

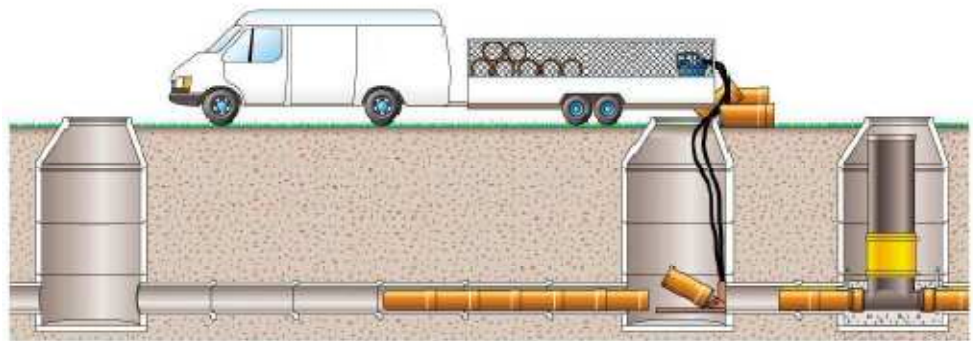
Työ aloitetaan uittamalla/työntämällä vaijeri korjattavaan putkeen. Kohta, jossa putken veto suoritetaan, varustetaan vaijerirullilla ja tuetaan huolellisesti. Putki varustetaan tarkoitukseen soveltuvalla vetopäällä, johon vaijeri kiinnitetään. Veto voidaan suorittaa vinssillä tai työkoneella. Sujutuksen kertaosuus voi olla pisimmillään jopa 500 metriä. Viemäreistä voidaan sujuttaa usea kaivon väli kerrallaan. Kaivojen kohdat voidaan kaivaa auki jälkikäteen.

Putkeen liitettyjen tonttivesijohtojen, -viemäreiden ja haaravesijohtojen uusiminen on suoritettava kaivamalla liitospaikat auki. Viemäreissä voidaan liitoksen uusiminen tehdä korjausrobotilla sisäpuolelta. Vanhan ja uuden putken väliin jää ns. välitila joka on täytettävä, jolloin uusi putki ei pääse liikkumaan, eikä mahdollinen vanhan putken hajoaminen aiheuta yläpuolisissa rakenteissa painumia. Välitilan täyttöön voidaan käyttää mm. kevytbetonia, vaahtobetonia tai hiekkaa. [17, s.11 - 13.]

Käytössä on myös pelkästään viettoviemäreiden pitkäsujutukseen kehitetty menetelmä, Flexoren-pitkäsujutus, jossa sujutustyö voidaan tehdä kaivojen kautta. Sujutettava viemäri voi olla käytössä työn ajan, jolloin ohipumppausta ei tarvita. Sujutettavan viemäriin tulee olla kuitenkin ehjä eikä painumia putkessa saa olla. [26, s. 4.]

3.5.2 Pätkäsujutus

Pätkäsujutuksessa vanhan putken sisään asennetaan yleensä kaivosta käsin työntämällä tai vetämällä tähän tarkoitukseen valmistettuja kumitiivisteellä varustettuja n. puolen metrin mittaisia putkia. Hydraulinen asennustyökalu mahdollistaa jopa satojen metrien sujutuksen yhdellä kertaa. Menetelmä on ollut yleinen Suomessa 1970-luvun alusta lähtien. Viemäreissä liitostapana on kumitiivisteliitos tai muoviputkissa myös sähkömuhviliitos. Liitos on yleensä ilman putken ulkopuolista muhvia. Pätkäsujutus on esitettyä kuvassa 13.



Kuva 13: Pätkäsujutus. [26.]

Enne sujutuksen aloittamista viemäri huuhdellaan ja puhdistetaan sekä tarkastetaan TV-kameralla. Ohipumppaus järjestetään tarvittaessa. Ellei sujutusta tehdä viemärikaivosta, tarvittavan kaivannon teko riippuu sujutettavan putken pituudesta ja kaivannon syvyydestä.

Mikäli on epäilyjä, ettei valittu putkikoko sovi saneerattavaan putkeen on syytä tehdä koeveto n. metrin mittaisella halkaisijaltaan vastaavalla putkella, jolloin nähdään, onnistuuko valittu saneerausmenetelmä.

Viemärikaivosta sujutusta tehtäessä kaivoon asennetaan hydraulinen työntölaite, tunkki (kuva 14), jolla erityistä moduuliputkea (kuva 15) työnnetään viemäriin. Tunkissa olevan varren vastelevyllä varmistetaan, että putken pää työntyy muhviin ennen sen sujuttamista viemäriin. Putken sujutus voidaan tehdä myös vetämällä vaijeriin kiinnitetty putkijono vinssillä seuraavasta kaivosta.



Kuva 14: Työntölaite. [24.]



Kuva 15: Moduuliputki. [24.]

Ensimmäisen sujutettavan putken päähän asennetaan erillinen suippeneva kärkikappale. Putkien työntöön voidaan käyttää, hydraulisen tunkin puuttuessa kaivinkonetta, traktorikaivuria tms. työkonetta. Työntölaitteen suuren työntövoiman ansiosta voidaan asennettava putki työntää painuneenkin putken läpi ilman painuneen linjan aukikaivamista.

Normaalisti vapaassa pätkäsujutuksessa tehdään kerrallaan yksi kaivoväli ja lyhyehköjä kokonaispituuksia. Kaivojen ja uuden putken välinen liitos on tiivistettävä hyvin, jotteivät vuotovedet pääse sitä kautta kaivoon ja viemäriin. Viemäriin suoraan kytketyt tonttiliittymät on kaivettava esiin uutta liitostyötä varten. Kaivoihin tulevat liittymät voidaan tehdä myös suoraan sujutusputkeen, tarkastusputkeen tai uuteen kaivoon.

Yleensä sujutettava putki on halkaisijaltaan pienempi kuin vanha. Saneerattavaan putkeen jäävä välitila täytetään, jotta mahdollinen vanhan putken hajoaminen jälkeinpäin ei aiheuttaisi putken yläpuolisissa rakenteissa painumia. Välitilan täytön yhteydessä tulee varmistua siitä, ettei uusi putki pääse liikkumaan ja että se asettuu vanhan putken pohjalle jolloin alkuperäinen kaltevuus säilyy. [17, s. 14 - 16.]

Työnaikaista jäteveden ohipumppausta ei tarvita.

3.5.3 Pakkosujutus

Pakkosujutusmenetelmää käytetään yleensä huonokuntoisissa linjoissa, joissa pitkäsujutusta ei kulkuesteiden vuoksi voi käyttää tai linjoissa, joissa putkikokoa halutaan suurentaa. Pakkosujutuksessa vanha putki leikataan auki ja aventimella tehdään tilaa heti perässä sujutettavalle uudelle putkelle. Putken koko voi olla vähintään sama tai suurempi kuin alkuperäisen putken.

Staattinen pakkosujutus toimii samalla periaatteella sillä erolla, että putki halkaistaan ennen sujutusta.



Kuva 16: Pakkosujutus. [11.]

Pakkosujutusta käytetään pääsääntöisesti vesijohtojen saneeraamiseen ja se soveltuu mm. valurauta-, muovi-, asbestibetoniputkien saneeraamiseen. Menetelmää voidaan käyttää myös viemärin saneeraamisessa. Menetelmää voidaan käyttää mm. betoni-, asbestisementti sekä valurautaputkien saneerauksissa. Käytettävät putkikoot ovat 63 - 400 mm. [11, s. 13.]

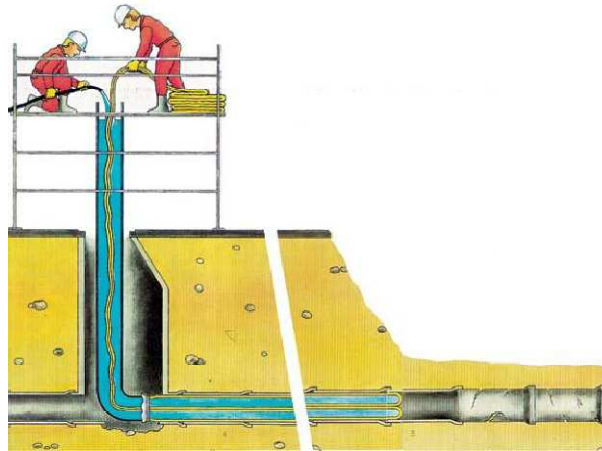
Menetelmä ei vaadi putken puhdistusta. Ohituspumppaus viemärissä on järjestettävä. [17, s. 17 - 19.]

3.5.4 Sukkasujutus

Saneerattavaan putkeen sujutetaan nestemäisellä hartsilla / epoksilla kyllästetty huopakangas, joka kovetetaan kuumalla vedellä, höyryllä, ilmalla tai ultraviolettivalolla. Käytetään pääasiallisesti viemäreiden saneeraamisessa. Yhdellä kerralla sujutettava enimmäispituus on n. 300 m.

Viemäri puhdistetaan ja TV-kuvauksella varmistetaan putken kelpoisuus sukkasujutukseen. Työn aikana putken tulee olla puhdas ja kuiva, joten ohituspumppaus on järjestettävä.

Viemäri puhdistetaan ja TV-kuvauksella varmistetaan putken kelpoisuus sukkasujutukseen. Työn aikana putken tulee olla puhtas ja kuiva, joten ohipumppaus on järjestettävä.



Kuva 17: Sukkasujutus. [23.]

Sukka tuodaan yleensä valmiiksi hartsilla kyllästettynä ja kovettumista säätelevällä lisäaineella käsiteltynä, kylmäkuljetuksena tehtaalta asennuspaikalle. Viemärikaivon päälle laitetaan asennusteline ja syöttöputki, johon kiristetään renkaan avulla sujutussukan toinen pää. Sujutusputkeen johdetaan vettä tai eräissä menetelmissä paineilmaa, joka työntää ja kääntää sukan korjattavaan putkeen. Kun koko sukka on sujutettu, lämmitetään asennuksessa käytetty vesi tai ilma ja kierrätetään se putken kautta, jotta kovettuminen alkaa. Kovettumisen tapahduttua putki jäädytetään. Lopuksi putken päät tasataan ja laitteistot puretaan.

Menetelmän etuna voidaan pitää sitä, että vanhan putken seinämiin kiinnittynyt uusi putki toimii vanhan putken osana eikä putken halkaisija ole muuttunut kuin sukan seinämän verran [17, s. 20 - 21]. Kuvassa 18 on sukkasujutustyö käynnissä työmaalla.

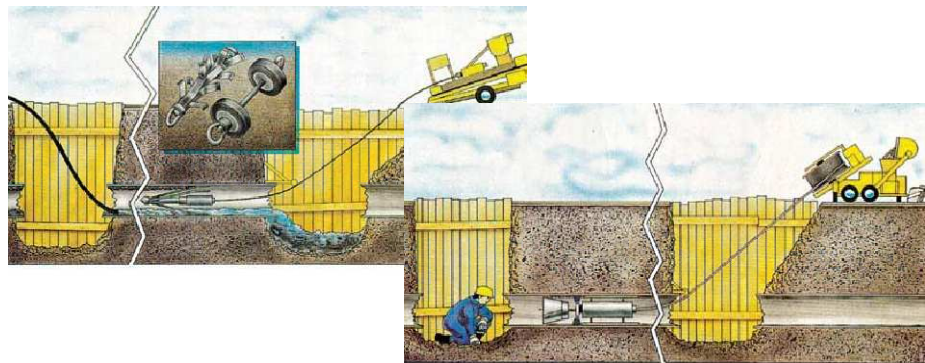


Kuva 18: Sukkasujutusta työmaalla. [23.]

3.5.5 Sementtilaastivuoraus

Putkien sisäpinnalle ruiskutetaan sementtilaastikerros. Menetelmä on vanhin vesijohtojen pinnoitustapa ja saneerauksissa käytetyin pinnoitusmenetelmä. Menetelmällä voidaan olemassa olevan johdon käyttöikää pidentää useilla kymmenillä vuosilla.

Tätä menetelmää käytetään mm. vanhojen valurautaisten vesijohtojen sisäpuolen pinnoittamiseen. Menetelmä soveltuu valurata- ja teräsputkille vain sellaisissa maaperäolosuhteissa, missä maaperä ei ole "aggressiivista". Mikäli putken ulkopinnassa on korroosiota, tätä menetelmää ei ole suositeltavaa käyttää saneerausmenetelmänä. Putken sisäpintaan ruiskutettava betoni ei estä putken korroosion edistymistä, mikäli se on putken ulkopuolella. Soveltuu hyvin valurautaisten ja teräksisten, halkaisijaltaan 100 - 500 mm olevien vesijohtojen saneeraukseen.



Kuva 19: Sementtilaastivuoraus. [23.]

Ennen työn aloittamista putki puhdistetaan perusteellisesti ja irtoaines puhalletaan vaahtomuovipalloa käyttäen ulos putkesta. Puhdistettu putki huuhdellaan ja kuvataan TV-kameralla. Menetelmä edellyttää tilapäisen vedenjakelun järjestämistä. Jyrkät kulmat, T-haarat ja linjasulkuventtiilit on kaivettava esiin. Käytettäessä sementtilaastivuorausta on varmistettava, ettei putkessa ole vuotavia kohtia. Mahdollisiin vuotokohtiin on tehtävä kaivanto. Työ suoritetaan erillisistä kaivannoista.

Sementtilaasti valmistetaan työkohteessa normaalisti portlandsementistä ja hiekasta suhteituksella 1:1. Laasti syötetään betonipumpun avulla putken sisälle vedettyyn syöttöletkuun ja lingotaan keskipakoisvoimalla putken sisäpinnalle. Sementtilaastivuorauksessa putken sisäpintaan ruiskutetaan 3 - 12 mm paksu sementtilaastipinnoite, mikä kovettuessaan vastaa nykyisiä betonivuorattuja pallografiittivalurautaputkia (SGB). Ruiskutuspinnoituksesta saadaan appelsiinin kuorta muistuttava sileä pinta (kuva 20). Sementtilaastin kovettuminen kestää 1 - 2 vuorokautta, minkä jälkeen pinnoitustulos tarkastetaan TV-kuvaamalla. Ennen putken käyttöönottoa putki huuhdellaan oikean pH:n palauttamiseksi. Vesijohto desinfioidaan ja otetaan käyttöön, kun vesinäytteen laboratoriotulos on hyväksytty. [17, s. 26 - 27.]



Kuva 20: Sementtilaastivuoraamalla saneerattu vesijohto. [27.]

Sementtilaastivuorausta käytetään myös rapautuneiden ja syöpyneiden betonisten jätevesikaivojen pinnoitukseen. Sementtilaastivuoraus ei paranna putken rengasjäykkyyttä.

3.5.5.1 Kuristussujutus

Kuristussujutusmenetelmässä saneerattavan putken sisälle sujutetaan uusi PE-muovinen putki. Ennen sujutusta asennettavan putken läpimittaa pienennetään 10 - 15 % mekaanisesti puristimen avulla. Kun uusi putki on asennettu, muotomuisti palauttaa putken alkuperäiseen kokoonsa ja saneerausputki asettuu tiiviisti vanhan putken sisäpintaa vasten. Menetelmää voidaan käyttää niin vesijohdon kuin viemärinkin saneeraamiseen. Vesijohdot ja viemärit kokoluokissa 50 - 900 mm, ensisijassa kuitenkin 100 - 500 mm. Korjattava johto-osa erotetaan verkosta ja puhdistetaan sekä TV-kuvataan.

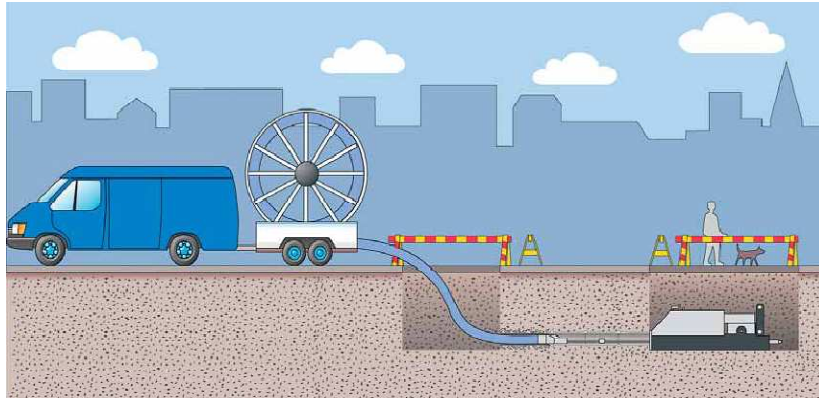
Tarvittava kaivanto on sujutus päässä samanlainen kuin pitkäsujutuksessa. Veto päässä pitää olla pienempi kaivanto tai viemärissä tarkastuskaivo (kuva 21). [17, s.22 - 23.]



Kuva 21: Kuristussujutus. [25.]

3.5.6 Muotoputkisujutus

Muotoputkisujutus on pitkäsujutuksen luonteinen menetelmä, jossa sujutusputki on taivutettu U-muotoon. Sujutuksen jälkeen putki saatetaan paineen ja höyryn avulla poikkileikkaukseltaan pyöreäksi alkuperäiseen kokoonsa. Menetelmää voidaan käyttää niin vesijohdon kuin viemärinkin saneeraamiseen.



Kuva 22: Muotoputkisujutus. [11, s. 15.]

Menetelmässä vanhan putken sisään vedetään yhtenäinen hitsattu muoviputki, jonka profiilia on muutettu. Jotta uusi putki saavuttaisi alkuperäisen muotonsa, sen sisään painetaan kuumaa höyryä (59 - 63 °C), jolloin sen alkuperäinen muoto ja halkaisija palautuu ja uusi putki puristuu vanhan putken seinämiin kiinni. Muotoputkisujutuksen toimintaperiaate on esitettyä kuvassa 23. Kuvassa 24 tapahtuu muotoputkisujutuksen viimeistelytyötä, eli sujutetun putken höyrytämisen valmistelua.



Kuva 23: 1. Kun saneerattava linja on puhdistettu ja kuvattu, vedetään muotoputki vanhan putken sisään. 2. Sujutuksen jälkeen muotoputki palautetaan alkuperäiseen pyöreään muotoonsa höyryn ja paineen avulla. 3. Muotoputki muovautuu tiukasti saneerattavan putken sisäpintojen mukaisesti, jolloin väliä ei jää. Saneerauksen jälkeen viemäri liittymät porataan sisäpuolisesti, ja vesijohtojen taloliittymät kaivetaan auki liitosten tekoa varten. [24.]

Menetelmän etuna voidaan pitää, että vanhan putken seinämiin kiinnittynyt uusi putki toimii vanhan putken osana eikä putken halkaisija ole muuttunut kuin putken seinämien verran. Lisäksi syntyvä rakenne on hyvin vankka. [17, s. 24 - 25.] Menetelmä on lisäksi nopea ja ympäristöystävällinen. Yhdellä putkivedolla voidaan sujuttaa useita kaivonvälejä kerrallaan.

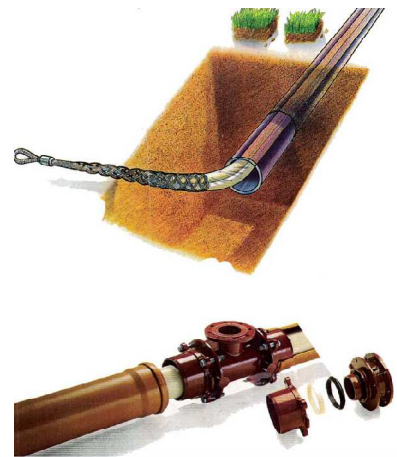


Kuva 24: Muotoputkisujutuksen viimeistelyä. Sujutetun muotoputken päähän asennetaan erityinen kaulus, joka mahdollistaa paineellisen höyryn syöttämisen putkeen. [26.]

3.6 Muita korjaus- ja perusparannusmenetelmiä

3.6.1 Letkusujutus

Letkusujutuksen käyttöalueena ovat vesijohdot ja joissain tapauksissa paineviemärit. Saneerattavan putken sisään vedetään erityiseen muotoon taitettu erikoisvahvistettu PE-muovinen letku. Letku laajenee lopulliseen kokonsa vesijohtopaineen avulla. Letkun ei välttämättä tarvitse tukeutua vanhaan putkeen. [17, s. 36 - 37.]



Kuva 25: Letkusujutus.[23.]

Korjattava johto-osa erotetaan verkostosta työn ajaksi. Putki puhdistetaan ja TV-kuvauksella varmistetaan sujutuksen onnistuminen.

Työssä tarvitaan vetolaitteisto ja puhdistukseen puhdistustulppien syöttölaite. Sujutustyö suoritetaan vetämällä kelalla oleva letku korjattavaan putkeen. Kun tarvittavat liitokset on tehty, kytketään vesi päälle, jonka paine rikkoo letkua suojaavan kelmun ja letku laajenee täyttäen putken.

3.6.2 Epoksinnoitus

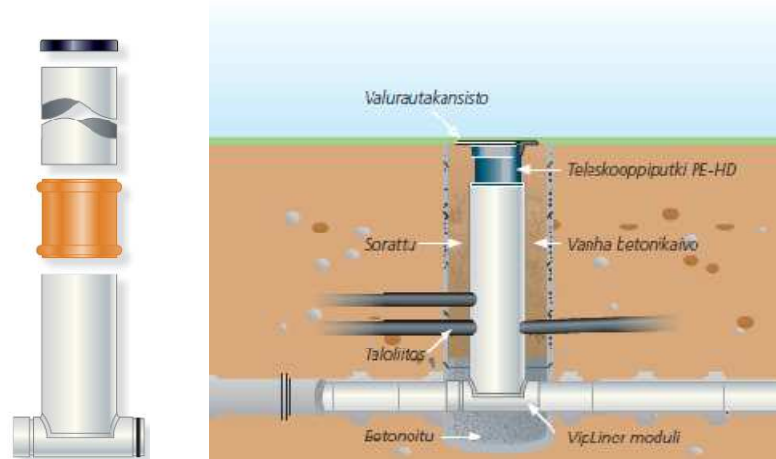
Epoksinnoitusta käytetään pääasiassa vesijohdoissa, mutta joskus viemäreissäkin. Kyseessä on pinnoitusmenetelmä, jossa putken sisäpinnalle ruiskutetaan kaksikomponenttimassasta muodostuva kalvo.

Korjattava johto-osa on erotettava verkostosta työn ajaksi. Menetelmä vaatii putken erittäin huolellista puhdistamista ja putken tulee olla kuiva ja reiätön.

Epoksimassan paksuus putkessa on 1-3 mm, saumojen kohdalta paksumpi, ja pinnoitusvauhti on noin 2 m / min, pinnoitettavan putken kunnosta riippuen. Kuivuminen kestää noin 2-8 h olosuhteista ja lämpötilasta riippuen. Lopullinen kovuus saavutetaan noin 1-2 viikossa. Lämpökuivaus ei ole suositeltavaa. Kerralla suoritettava työpituus on noin 100 - 150 m. [17, s. 30.]

3.6.3 Viemärin tarkistuskaivojen saneeraus

Viemärin tarkistuskaivojen saneeraukseen on käytävissä muutamia menetelmiä. Viemärin saneerauksen yhteydessä voidaan tarpeeton kaivo poistaa. Kaivo voidaan uusida kaivamalla joko kokonaan tai osittain. Vanhan kaivon sisään voidaan rakentaa joko PVC- tai useimmiten PE-muovisista osista uusi kaivo (kuva 26), jolloin pyritään vähintään 400 mm halkaisijaan. Tätä pienempiä kaivoja kutsutaan tarkistusputkiksi. Sisäpuolisella valulla kaivon valetaan uusi betonipinta valumuotteja apuna käyttäen.



Kuva 26: Saneerauskaivo korotusputkineen ja paikalleen asennettuna. [24.]

Ruiskuttamalla voidaan kaivon sisäpuolelle myös saada uusi, ohut betonikerros. Ruiskutusta voidaan vahvistaa teräsverkolla. Ruiskutuksen vahvuus on noin 20 - 40 mm. Mikäli kaivo vuotaa sisäänpäin, on vuotokohdat tukittava ennen ruiskutusta. Muoviruiskutuksessa käytetään erilaisia muoveja. Ruiskutuskerros on yleensä aika ohut, noin 1...2 mm. Mikäli ruiskutettavan kaivon seinämät ovat epätasaiset, voidaan ennen muoviruiskutusta kaivon pinta tasoittaa betoniruiskutuksella. [27.]

3.6.4 Muita menetelmiä

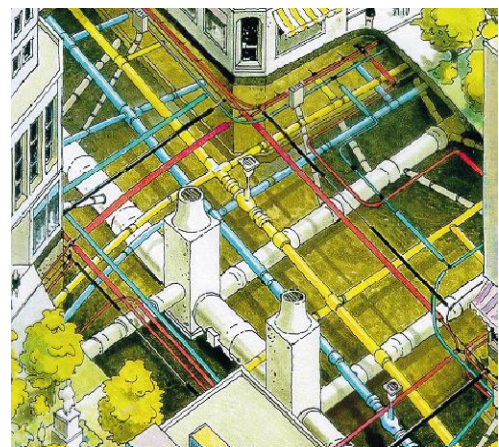
Muita käytettäviä, tosin hieman vähemmän käytössä olevia korjaus- ja saneerausmenetelmiä ovat mm. kohde- ja nesteinjektointi, UV-sukkasujutus, tunnelointimenetelmät, spiraalinauhasujutus, elementtivuoraus sekä sementtillaastivuoraus sisäpuolisella muotilla.

3.7 Uusiminen

Verkostolle ja sen kunnossapidolle asetetaan erityisiä vaatimuksia, jotta sille asetettu jopa sadan vuoden käyttöikä saavutetaan.

Verkoston täydennysrakentaminen on ollut varsin laajamittaista. Sen kannalta tämä asettaa omat vaatimuksensa lähinnä verkoston välityskyvyn kannalta. Koska nykyinen verkosto on yleensä mitoitettu olemassa olevaa tilannetta varten, voi täydennyskaavoitus aiheuttaa verkoston uusimistarpeen. Tällöin vanha verkosto korvataan välityskyvyltään paremmalla putkella. Vanhan putken rinnalle voidaan myös rakentaa uusi putkikyhteys, joka täydentää vanhan putken välityskykyä.

Verkoston uusiminen voidaan toteuttaa niin kaivamalla kuin kaivamatta toteutettavalla menetelmällä. Uusimiseen käytettävä menetelmä valitaan kohteen suunnitteluvaiheessa. Menetelmän valintaan vaikuttavat mm. kohteen sijainti, maanalaiset rakenteet, liikennemäärät, kadun luonne (kokoo- ja asuntokatu). Kuvassa 27 esimerkki kadun alapuolisista rakenteista.



Kuva 27: Maanalaisia rakenteita. [6, s. 53.]

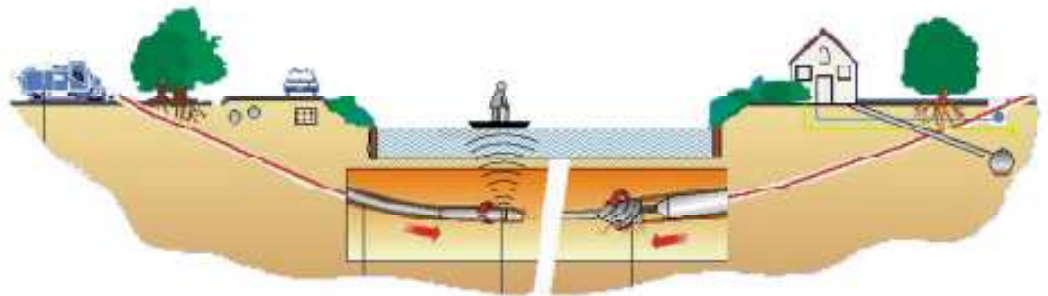
3.7.1 Ohjattava vaaka- eli suuntaporaus

Vaakaporausmenetelmässä homogeeniseen maaperään (siltti, savi, hiekka yms.) porataan ns. pilottireikä vetotankoineen, jolloin saadaan selvitettyä voidaanko kyseistä menetelmää käyttää uuden putken asentamiseen. Mikäli pilottireiän teko onnistuu suunnitellusti, vedetään vetotankojen avulla porattuun reikään putki ns. vetopään avulla. Vetopään tehtävänä on avartaa putkelle riittävän suuri reikä maaperään jotta uusi putki voidaan syntyneeseen reikään asentaa. Vedon yhteydessä maaperään ruiskutetaan bentoniittia, jotta putkea ympäröivä maaperä vahvistuisi ja pintajännitys putken ja maan välillä pienenesi. Yhdellä putkivedolla voidaan asentaa jopa yli 1000 m mittainen putki.

Ohjattavassa vaakaporausessa käytetään lähettimellä varustettua porauskärkeä, jonka avulla poraustoimintoa voidaan ohjata vaaka- ja korkeussuunnassa. Kun pora on saavuttanut kohteensa, sen varten kiinnitetään isompi kärkiosa paluuavennusta varten. Yhden tai useamman asentamisen jälkeen putki vedetään syntyneeseen reikään.

Ohjattavaa vaakaporausta käytetään paineputkien ja viettoviemäreiden uudisrakentamiseen ja saneeraukseen. Kaivantoja tarvitaan teoriassa vain porattavan linjan alku- ja loppupäähän, jotka toimivat uuden putken vetokaivantoina. Porattaessa kohteeseen, jossa on olemassa olevia rakenteita ja porattava johdon pituus on suuri, apukaivantojen tekoa pidetään suositeltavana.

Ohjattavaa vaakaporausta on käytetty runsaasti puistoalueiden, vesistöjen, katujen ja moottoriteiden alituksissa. Kuvassa 28 on esitettyä vesistön alitus vaakaporauksella.



Kuva 28: Vesistön alitus vaakaporauksella. [26.]

3.7.2 Tunkkaus (Vasaraporaus)

Menetelmää voidaan käyttää uuden vesijohdon sekä viemäreiden uudisrakentamiseen. Tällä menetelmällä maaperään, joka sisältää suuria kiviä ja lohkareita, tunkaetaan suojaputki, jonka sisään asennetaan uusi vesi- tai viemäriputki. Suojaputken sisään asennettava putken ympärille asetetaan ns. keskittämisenrenkaat, jolloin putki asettuu suojaputken sisään haluttuun asemaan. [6, s. 55.]

4 KERAVAN VESIHUOLTOVERKOSTON NYKYTILA

4.1 Vesihuoltoverkoston tila Suomessa

Suomessa käytetään vuositasolla miljoonia euroja rakennetun vesihuoltoverkoston korjaamiseen ja perusparantamiseen; jo rakennetun verkoston ylläpitoon käytettävät summat ovat moninkertaisia uuden verkoston rakentamiseen käytettävään pääomaan verrattuna. Vuoden 2006 lopussa vesijohtojen yhteispituus oli noin 92 000 km. Yli 30 vuotta vanhaa vesijohtoa tästä määrästä oli noin 30 %. Uusia vesijohtoja on rakennettu vuositasolla noin 1 600 km vuodessa. Viemärien yhteispituus vastaavasti oli vuonna 2006 noin 46 000 km. Tästä määrästä yli 30 vuotta vanhaa viemärijohtoa oli noin 37 %. Vuositasolla uutta viemäriverkostoa on rakennettu noin 950 km. Tonttivesijohtojen pituus Suomessa vuonna 2006 oli noin 27 000 km, tonttijätevesiviemärien pituus noin 17 000 km ja tonttihulevesiviemäreiden pituus noin 10 000 km. [1, s. 3 - 7.]

Vanhimmissa vesijohdoissa materiaalina on ollut katkeamisherkkä harmaa valurauta ja putket asennettiin yleensä poikittain aseteltujen tukien varaan, mikä oli syy putkien katkeamisen aiheuttajaksi. 1960-luvulla putkien valmistusmateriaaliksi tuli hiukan sitkeämpi pallografiittivalurauta, jonka asennukset suoritettiin kuitenkin pääasiallisesti savimaille; tällöin valuraudan ja erityisesti pallografiittivaluraudan ulkoinen korroosion riski kasvoi. Muoviputkien käyttö yleistyi 1960- ja 1970-lukujen aikana, mutta niiden asennuksissa tehtiin aluksi virheitä, jotka johtivat putkien kestoajan pienenemiseen. Lisäksi vesijohtoja mitoitettiin väljiksi, koska uskottiin veden ominaiskulutuksen jyrkkään kasvuun 1970-luvulla. Tästä seurasi sekä toiminnallisia että rakenteellisia ongelmia, kun virtausnopeudet jäivät liian pieniksi. [2, s.12 - 15.]

Materiaaliltaan Suomen vesijohdoista noin 89 % on muovisia, 8 % valurautaisia ja noin 3 % muuta materiaalia, kuten asbestisementtisiä putkia. Viemäriverkostoista vastaavat luvut ovat noin 71 % muovista, noin 24 % betonista ja noin 5 % muusta materiaalista. [1, s. 5 - 6.]

1960- ja 1970-lukujen vaihteeseen jätevesi- ja hulevesiviemäreiden materiaalina käytettiin lähes pelkästään betoniputkia. Niiden valmistusmenetelmät ja putkiliitosten tiivistämateriaalit ovat vaihdelleet vuosikymmenien aikana. Rakennusmaan puutteen vuoksi asennusolosuhteet ovat muuttuneet huonommiksi, mistä on seurannut painumien vaaran kasvu. Aina 1960-luvulle asti kiinteistöissä oli viemäriverkostossa saostuskaivoja, joissa kehittynyt rikkikaasu syövytti betonia. 1960- ja 1970-lukujen vaihteessa ryhdyttiin käyttämään muovisia viemäriputkia, mutta ongelmaksi muodostuivat liitokset vanhoihin betonikaivoihin. [2, s. 12 - 15.] Viemäriinjoiissa onkin

ryhdytty aktiivisesti käyttämään muovisia kaivoja, jolloin liitoksien tekeminen ei ole ongelmallista.

4.2 Keravan Vesihuoltolaitos

Kerava, joka luokitellaan Suomen mittakaavassa keskikokoiseksi kaupungiksi, sijaitsee Keski-Uudellamaalla Etelä-Suomen läänissä (Kuva 29). Rajanaapureita ovat etelässä Vantaa, lännessä Tuusula ja idässä Sipoo. Asukkaita Keravalla oli vuoden 2009 lopussa 33 963. Väkiluvultaan Kerava on Suomen 31. suurin kunta ja pinta-alaltaan viidenneksi pienin (30,62 km² maata ja 0,17 km² sisävetä). Tästä johtuen Keravan väestötiheys 1109 as/km² on maamme kunnista kolmanneksi suurin Helsingin ja Kauniaisten jälkeen. [19.]



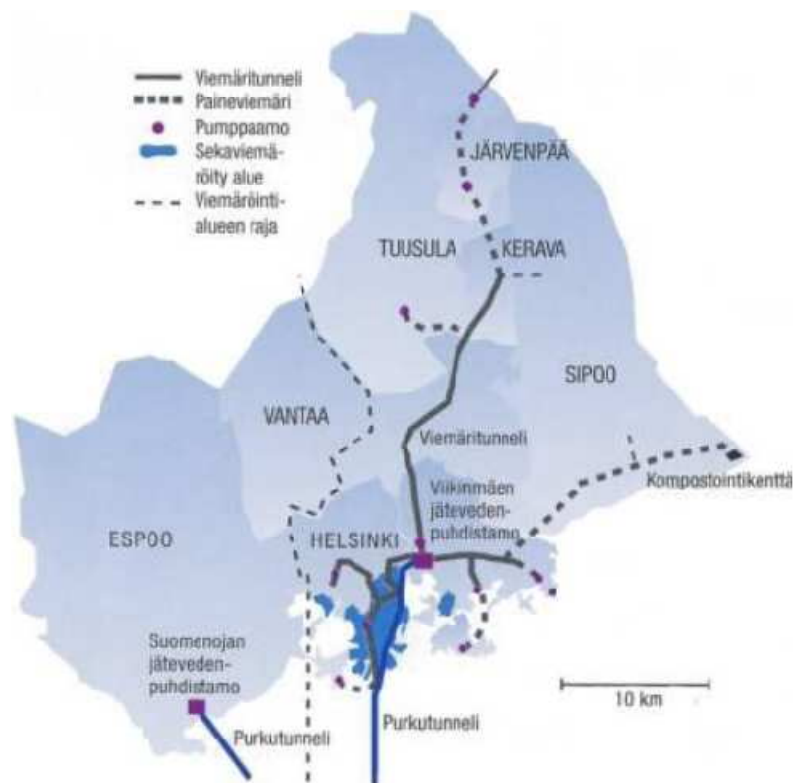
Kuva 29: Keravan sijainti. [19.]

Keravan Vesihuoltolaitos (myöhemmin Vesihuolto) on osa Keravan Kaupunkitekniikka -nimistä liikelaitosta. Yksikkö tuottaa Keravan kaupungin vedenjakeluun ja viemärointiin liittyvät palvelut. Keravan Vesihuollon vastuulle kuuluvat vesi- ja viemäriverkoston ylläpito, korjaukset ja vesijohtoliitosten asennustyöt. Ydintehtävien ohella Vesihuolto tarkastaa kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteiden suunnitelmat ja -asennustyöt osana rakennusvalvontaa sekä suorittaa toimialansa tilaustöitä ulkopuolisille sidosryhmille. Vesihuoltoverkoston uudisrakentamisen toteuttaa Keravan Kaupunkitekniikan Liikennejärjestelmä-yksikkö muun kunkitekniikan rakentamisen yhteydessä. Vesihuoltoverkoston saneeraukset ja uusimiset Keravalla tehdään Vesihuollon ja Liikennejärjestelmän yhteistyönä; Liikennejärjestelmä suorittaa kaivutyön sekä viemäri- ja hulevesilinjojen rakentamisen ja Vesihuolto rakentaa vesijohdot. [3.]

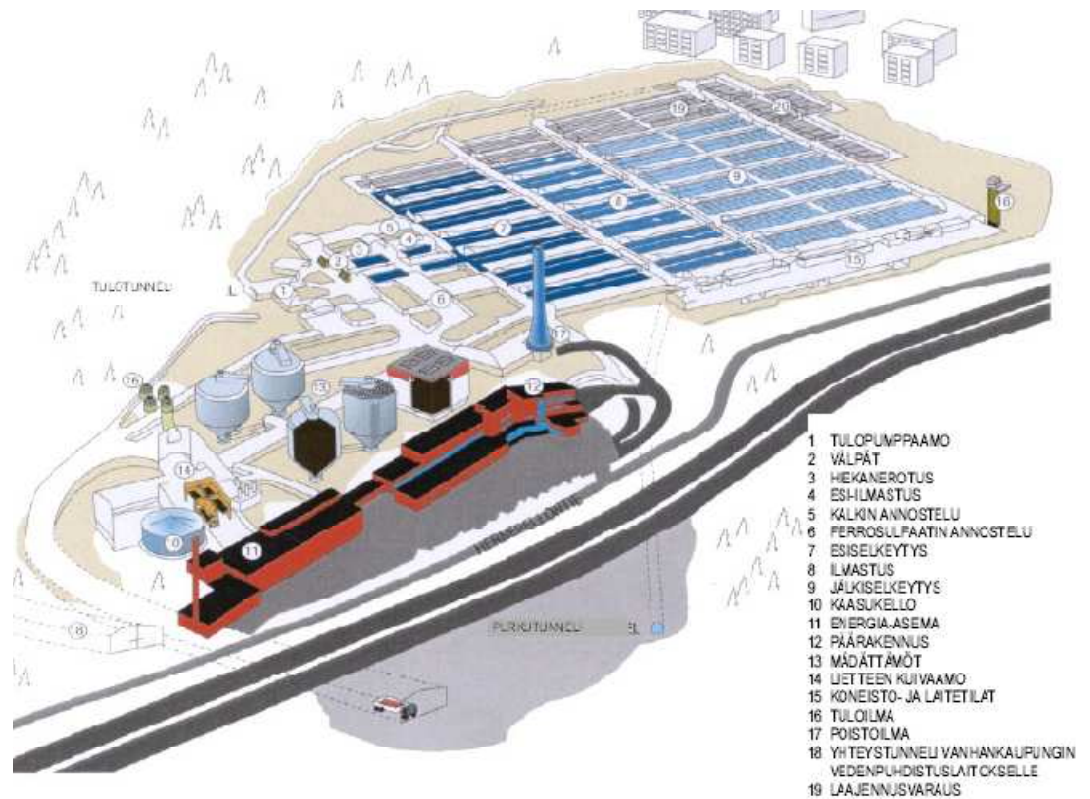
Keravan käyttövesi on laadukasta tekopohjavettä, jonka käsittelyssä ei käytetä ylimääräisiä kemikaaleja. Ainoastaan veden pH:ta nostetaan hieman kalkkikivisuodatuksella vesijohtojen korroosiokestävyyden parantamiseksi. Käyttövesi ostetaan Tuusulan Seudun Vesilaitos kuntayhtymältä (TSV). Vuonna 2009 vettä Keravalle ostettiin 3,25 Mm³, josta Oy Sinebrychoff Ab:lle toimitettiin 1,05 Mm³ eli 32 % koko kaupungin tarpeesta. Vuonna 2009 keravalaiset käyttivät vettä keskimäärin 179 litraa asukasta kohden vuorokaudessa (173 l/as/vrk vuonna 2008). Vuoden aikana

otetut verkostovesinäytteet täyttivät talousvedelle asetetut laatuvaatimukset (STM 461/00). [3.] Vesijohtoverkoston liittyneitä kiinteistöjä oli vuoden 2009 lopussa 4 205 kpl. Vesi- ja jätevesimaksut olivat yhteensä 3,06 €/m³, lisäksi perittiin vesimittarin koon mukaiset perusmaksut. Vesihuolto on pyrkinyt vaihtamaan kiinteistöjen vesimittarit suositusten mukaisesti noin 8...10 vuoden välein. Suurkuluttajien vesimittarit on vaihdettu 5...6 vuoden välein. Mittarinvaihtoja tehtiin vuonna 2009 yhteensä 209 kpl ja uusille verkostoon liittyneille kiinteistöille mittareita asennettiin yhteensä 30 kpl.

Jätevedet Keravalla johdetaan meriviemäriä (kuva 30) pitkin Helsingin Viikinmäen jätevedenpuhdistamolle (kuva 31), jossa jätevedet käsitellään biologis-kemiallisesti ja johdetaan lupaehtojen mukaisesti puhdistettuina Suomenlahteen. Jätevesiä johdettiin Viikinmäkeen vuonna 2009 kuivasta kesästä johtuen vain 3,06 Mm³, joka on 25 % vähemmän kuin vuonna 2008. Puhdistusprosessissa syntyy sivutuotteena lietettä, joka kompostoitii ennen Savion jätehuoltoalueella. Vuonna 2009 kompostoitui 2 800 tonnin erä oli viimeinen ja lietteen kompostointi on siirretty toisaalle ulkopuolisen yrityksen hoidettavaksi.

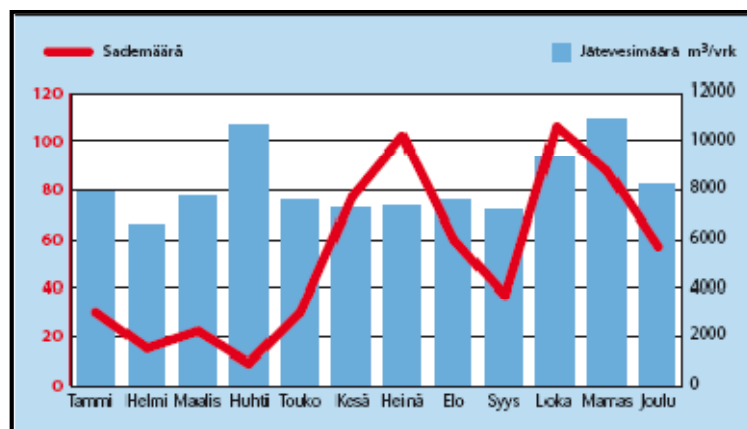


Kuva 30: Meriviemäri Viikin puhdistamolle. [4.]



Kuva 31: Viikinmäen jätevedenpuhdistamo. [4.]

Keravan Vesihuolto on asettanut tavoitteekseen päästä eroon sekaviemäroinnistä Keravalla. Sade- ja sulamisvesien pääseminen jätevesiverkostoon nostaa jätevesien käsittelymaksuja. Tavoitteeseen pääsemiseksi Keravan Vesihuolto on aloittanut jo vuonna 2008 sekaviemäroityjen kiinteistöjen muutostöiden ohjaamisen ja valvominen sekä ryhtynyt laajentamaan hulevesiverkostoa. Sekaviemäroinnistä eroon pääsemisen nopeuttamiseksi on otettu myös käyttöön sekaviemärointimaksu. Kuvassa 32 on esitettyä sademäärien vaikutus jäteveden määrään Keravalla vuonna 2009.



Kuva 32: Sademäärien vaikutus jäteveden määrään Keravalla 2009. [3.]

Keravan Vesihuolto tekee myös Keski-Uudenmaan vesiensuojelun kuntayhtymän (KUVES) ostotyönä huolto- ja kunnossapitotöitä. Nämä työt kohdistuivat meriviemäriin, mittausasemiin, huolto-/sulikutunneliin, ilmastointiasemaan, loka-autojen purkupaikkaan ja Suomen suurimpaan jätevedenpumppaamoon.

4.3 Vesihuoltoverkoston pituus ja kunto

Keravalla vesihuoltoverkoston rakentaminen on aloitettu 1950-luvulla, joten vesihuoltoverkoston vanhimmat osat ovat laskennallisen, 50-vuotisen käyttöikänsä päässä. Keravan vesihuoltoverkoston on todettu tehtyjen tutkimusten perusteella olevan järjestelmällisen saneerauksen tarpeessa. [2.] Järjestelmällisen ja ennakoivan saneerauksen toteuttaminen on välttämätöntä, sillä uhkana on vesijohtojen putkikirikkojen, jätevesiviemäreiden tukkeumien ja sortumien sekä jätevesiviemäriin kuuluvien luonnonvesien lisääntyminen. Verkoston putkimateriaalien ja rakenteiden laadun heikentyessä ja samalla vanhetessaan sekä verkoston toiminnallisista epäkohdista, kuten kapasiteetin laskusta, johtuen verkoston saneeraustarve kasvaa entisestään. [9, s. 4.]

4.3.1 Vesijohtoverkosto

Keravan vesijohtoverkoston kokonaispituus oli vuonna 2009 noin 143 km. Nykytasolla Keravan kaupungin vuosittain rakennuttaman vesijohtoverkoston määrä on noin 3 km. Vuodesta 1980 alkaen rakennusmateriaalina vesijohdoissa on pääasiassa ollut PVC-muovi. Ensimmäiset muoviset putket asennettiin vuonna 1973. Siinä asti, vuosien 1953 - 1973 välisenä aikana, rakennusmateriaali oli harmaa valurautaa. 1950- ja 1960-lukujen aikana Keravalla käytettiin myös joitain määriä ns. "Mannesmann"-putkea eli pikipäällysteistä teräsputkea, jota kuitenkin Keravan vesijohtoverkostossa on hyvin vähän ja harvakseltaan. Vesijohtoverkoston runkolinjan putkien koot ovat enimmäkseen 225 ja 250 mm. Halkaisijaltaan kokoa 225 mm olevat vesijohdot ovat materiaailtaan PVC-muovia ja 250 mm vesijohdot valurautaa. Valurautaisia vesijohdon osia pyritään vaihtamaan PVC-muoviin saneerausten yhteydessä. Vuoden 2009 tietojen mukaan Keravan vesijohtoverkoston 143 km:stä noin 82 km on PVC-putkesta rakennettua vesijohtoa. Uusittavan vesijohdon määrä vuositasolla on noin 1...2 km vuodessa.

Keravan vesijohtojen sijoittuminen maastoon on kuvattu Vesihuollon verkkotietojärjestelmässä, StellaNetissä. Nämä tiedot ovat kuitenkin tarkkuudeltaan puutteellisia, koska mittaukset ovat organisaatiomuutosten myötä muuttuneet sekä mittausmiehistä on ollut vuosien saatossa pulaa, jolloin jokaiselle työmaalle ei ole ehditty mitata putkien sijaintitietoja. Tästä johdosta myös vesijohtojen venttiilien määräästä, laadusta ja tarkoista sijainneista ei ole kattavaa tietoa. StellaNetistä lisää myöhemmissä luvuissa.

Keravan Vesihuollolle Suomen Suunnittelukeskus Oy:n (SKOY) vuonna 2004 laatimassa kehittämissuunnitelmassa kuvattiin vesijohtoverkoston yleistä kuntoa välttävänä ja paikoitellen myös heikkona. Pelkästään vanhemmat vesijohdot eivät ole luokitukseltaan heikkokuntoisia, vaan myös uudemmissa, noin 5 - 10 vuotta sitten rakennetuissa linjoissa on esiintynyt joitakin putkirikkoja puutteellisista perustuksista ja huolimattomista täyttötöistä johtuen. Kuitenkin todellista kuntoa on vaikea määrittää absoluuttisesti, koska kattavaa kuntotietoa ei ole olemassa. Parhaiten rakenteellisen kunnon pystyy määrittämään suhteuttamalla putkirikkojen määrä verkostonpituudella. [4, s.11.] Putkirikkojen määrä Keravalla vuonna 2009 oli 13 kpl ja vuotoveden määrä samana vuonna laskutetusta vedestä oli 6 % vesijohtovedestä ja 11 % jätevedestä.

Yleisimpiä vaurioita vanhoissa valurautaisissa vesijohtoputkissa on putken ikääntymisestä johtuva ulko- ja sisäpuolinen korrosio sekä maaperän liikkeistä johtuvat katkeamiset. PVC-muovisissa putkissa vesijohtovuodot ovat hyvinkin harvinaisia. Suurin syy muovista rakennettujen vesijohtolinjojen vaurioitumiseen on rakentamisvaiheessa tehdyt laiminlyönnit asennustyössä. Tyypillisin vauriomalli PVC-muovisessa putkessa on pitkittäissuuntainen halkeama. Kuvassa 33 on esitettynä pala valurautaista vesijohtoa, jossa korrosiotuotteet ovat melkein tukkineet putken.



Kuva 33: Keravalta vuonna 2001 saneerauskohteesta maasta pois kaivettu 1950-luvulla asennettu valurautainen vesijohto.

Putkiliitokset ja vesijohtoverkoston laitteet

Valurautaiset vesijohtolinjat on rakennettu tavallisesti kuuden metrin pituisista muhviputkista, joiden liitoksien tiivistämiseen on käytetty hamppunarua ja lyijyä. Hamppunaru on vahva materiaali ja oikein asennettuna lähes vesitiivistä. Terveydelle haitalliseksi todettu raskasmetalli, lyijy, ei ole liitoksen tiivistykseen tarkoitettuna kosketuksissa veden kanssa, vaan sillä juotetaan putken ulkopuolinen sauma. Hamppunaru ja lyijy vaihtuivat Suomessa vasta 1970-luvun lopussa muovi- ja kumitiivisteiksi, joiden ansiosta putkien liitoksista tuli täysin tiiviitä ja asennustyö on myös

huomattavasti nopeampaa ja helpompaa. Keravalla kumitiivisteitä on käytetty ainostaan PVC-putkien tiivisteinä, ja käytetään edelleen.

Huolto- ja korjaustöiden kannalta keskeisiä vedenjakelujärjestelmän laitteita ovat vesihuoltolinjaan asennetut sulkuventtiilit (kuva 34), joilla voidaan katkaista veden virtaus tietyllä osalla verkostoa esim. kaivuun yhteydessä tapahtuneen vanhan linjan rikkoutuessa. Venttiili suljetaan venttiiliin asennetun kiinteän karanjatkon (kuva 34) avulla. Suljettuja venttiileitä käytetään myös päättyvien linjojen tulppina ja varauksina mahdollista linjan jatkamista varten.



Kuva 34: Vesijohtolinjan sulkuventtiili ja karanjatko. [20.]

Kiinteistöjen tonttiventtiileillä (kuva 35) voidaan katkaista kiinteistökohtainen vedensaanti samalla periaatteella; tonttijohtoon asennettu venttiili suljetaan samankaltaisella karanjatkolla, sillä erolla, että tonttiventtiilien karanjatkot ovat säädettäviä, ns. "teleskooppeja" (kuva 35). Tonttijohto on yleensä PEH-muovista letkua, jonka liittäminen venttiiliin on helppoa ja nopeaa.

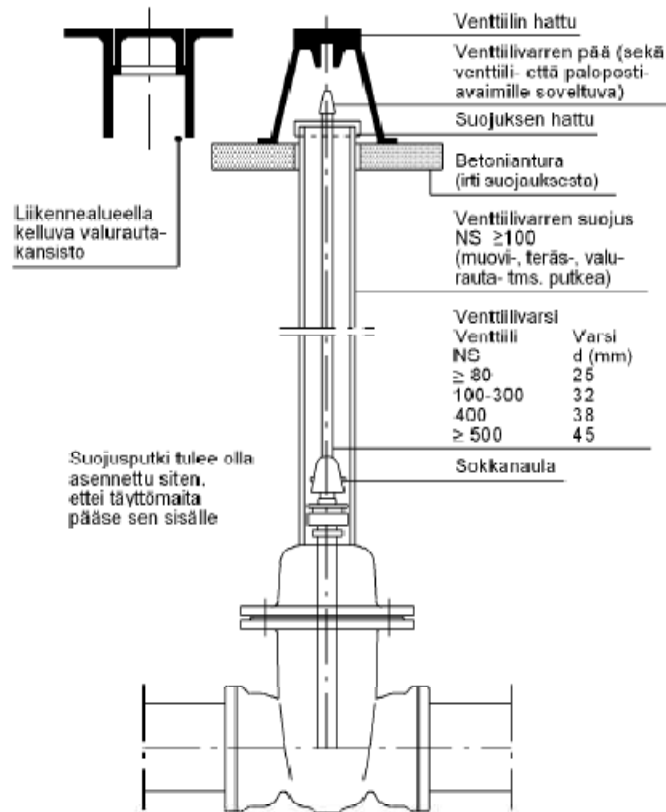


Kuva 35: Talonsulkuventtiili ja teleskooppinen karanjatko. [20.]

Karanjatkojen ympärille asennetaan erillinen suojaputki ja putken yläpäähän asennetaan venttiilihattu, joka voi olla venttiiliin asennuspaikasta riippuen olla malliltaan joko kelluva kansisto tai esimerkiksi nurmialueelta helpommin havaittavissa oleva korkeampi, hieman ylösalaisin käännettyä kukkaruukku muistuttava venttiilihattu.

Kuvassa 36 on esitettyä ”Kunnallisteknisten töiden yleinen työselostus 02” - mukainen vesijohdon sulkuventtiilin asennusohje.

Venttiilin sijainti merkitään erillisillä tonttiventtiilien merkkikilvillä pylväisiin tai rakenteisiin Keravan Vesihuollon ohjeiden mukaan. Venttiilikilvessä on tiedot venttiilin sijainnista ja koosta.

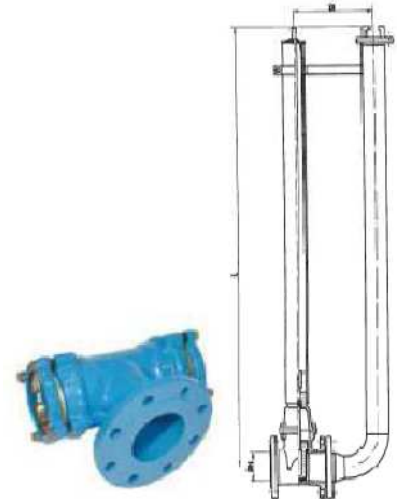


Venttiilin asennusalusta kuten johtolinjassa. Juostavat liitokset mahdollisimman lähelle maahan asennettavaa venttiiliä. Tuenta varmistettava.

Kuva 36: Sulkuventtiilin asennus maassa. [31, s. 281.]

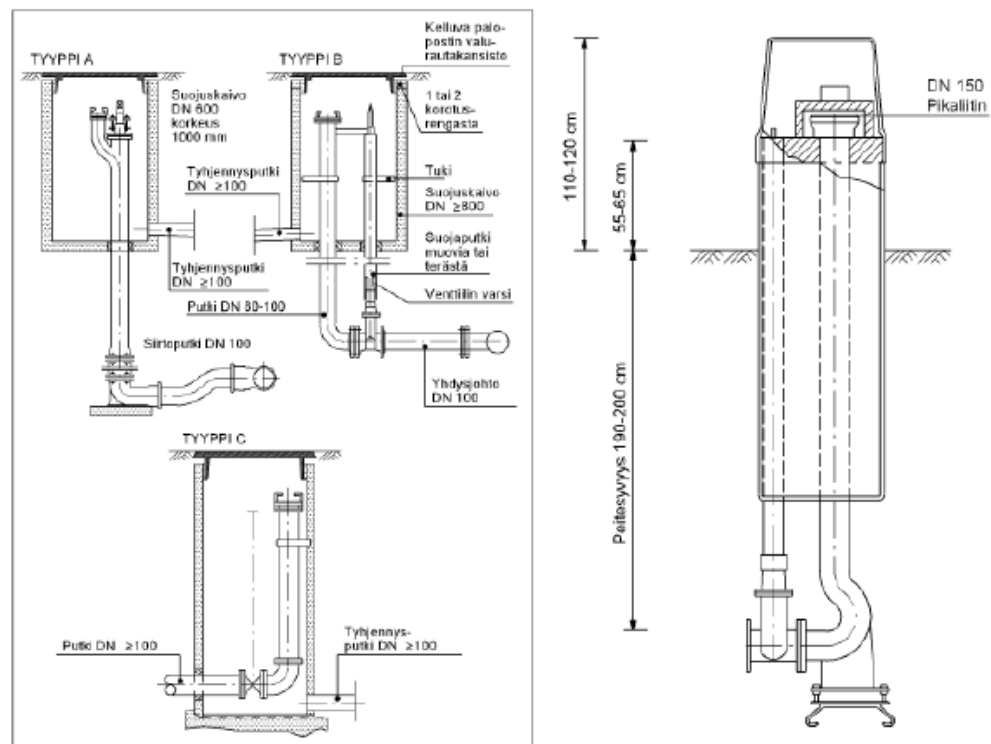
Keravan vesihuoltoverkoston sulku- ja tonttiventtiileiden kokonaismäärä ei ole tarkassa tiedossa, koska vuonna aloitettu 2004 kartoitusprosessi on vielä vanhojen venttiilien ja vesihuoltoverkoston osien osalta kesken. Verkkotietokantaan on kirjattuna tällä hetkellä 752 kpl sekä runko- että tonttiventtiiliä. Venttiilien todellinen määrä on arviolta yli puolet suurempi. Jokainen sulkuventtiili on käsikäyttöinen, joten niitä ei voida hallita kaukovalvonnalla, kuten joissain suuremmissa kaupungeissa. Kaukovalvonnan avulla olisi venttiileiden määrää helppo seurata.

Paloposti on vesihuoltoverkoston liitetty maanalainen sammutusveden ottoaika ja on tärkeä osa vesihuoltoverkoston laitteistoa. Palopostit ovat teknisiä rakenteita, joita asennetaan kuntien vesihuoltoverkoston sammutusveden toimittamista silmällä pitäen. Niiden rakenteen materiaalina käytetään valurautaa, muovia ja ruostumatonta terästä. Paloposti asennetaan vesijohtoon valurautaisella, laipallisella T-haaralla ja kiristys tapahtuu muttereilla (kuva 37).



Kuva 37: T-haara ja paloposti. [20.]

Palopostin käyttöönotto tapahtuu venttiilirakenteen avauksella. Veden nousuputki on osittain maan alla oleva rakenne, jolla vesi ohjataan maan pinnalle. Sen yläosaa ympäröi betoninen kaivonrenkas, joka mahdollistaa kaivonkannen nostamisen jälkeä venttiiliin ja pikaliittimeen pääsyn. Paloposteilla on merkitystä palokunnalle, mutta myös vesihuollolle verkostojen huuhteluissa. [5, s.98-99.] Kuvassa 38 on havainnollistettu maahan ja maan päälle asennettavan palopostin asennustavat. Palopostin sijainti merkitään maaston Keravan Vesihuollon ohjeiden mukaisesti ja kanstiston rakentamisessa noudatetaan annettuja ohjeita siten, ettei asennustyöstä aiheudu vaaraa vesijohtoverkostolle ja ympäristölle.



Kuva 38: Palopostien asennustavat maahan ja maan päälle. [31, s. 282 - 283.]

Paloposteja Keravan vesihuoltoverkostossa on 613 kpl ja palovesiasemia 32 kpl.

4.3.2 Viemäriverkosto

Viemäriverkoston (hule- ja jätevesiviemäri) pituus Keravalla vuonna 2009 oli noin 240 km, josta jätevesiviemäriin osuus oli noin 140 km. [3.] Keskimäärin jätevesiverkostoa on rakennettu 0,8 km ja hulevesiverkostoa 3,1 km vuodessa. Uusien putkien rakennusmateriaali on muovi. Osa vanhasta, betonisesta jätevesiviemäriverkostosta on erittäin huonossa kunnossa, mikä näkyy mm. verkoston sortumina, tukkeutumina ja runsaina vuotovesimäärinä.

1950 - 1970-luvulla rakennetusta jätevesiviemäreistä kaikki pääosin ovat betonia. Vuonna 1973 asennettiin ensimmäiset PVC-muoviset jätevesiviemärit. Betoniputkia käytettiin vielä tämän jälkeenkin pääasiallisesti hulevesiviemäriin. Kaikissa nykyisin rakennettavissa jätevesiviemäreissä käytetään vain PP-muovia. Jätevesiviemäriä saneerataan Keravalla noin kilometrin verran vuodessa.

Pääviemärit eli runkojätevesiviemärit ovat jätevesiverkoston tärkeimpiä osia, koska ne keräävät jätevesiä yhteen useilta pienemmiltä viemärintialueilta. Runkojätevesiviemäriin pituus Keravalla on noin 16,5 km. Putkien halkaisijoiden vaihteluväli on 250...800 mm:n.

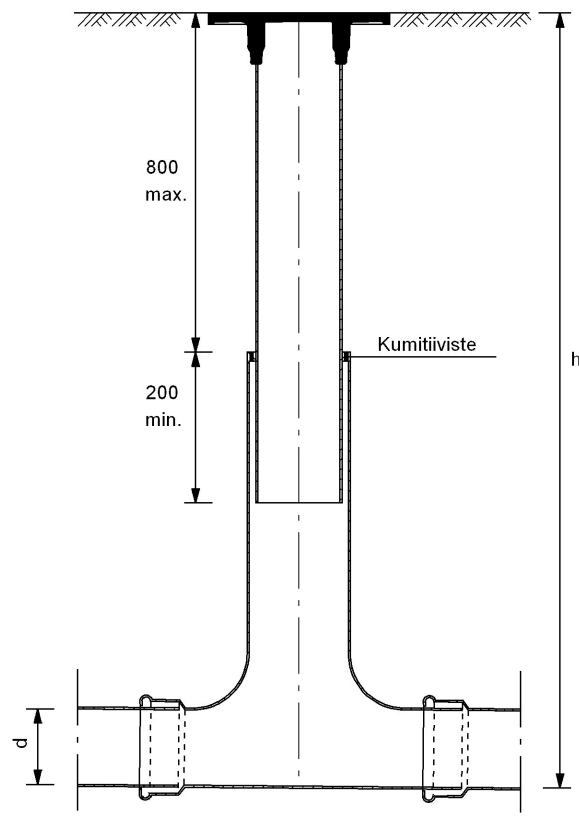
Keravalla kohteissa, joissa saneerataan pelkästään viemäriputki, valtaosaneerauksista tapahtuu kaivamattomalla menetelmällä. Menetelmänä on ollut sukkasujutus, jossa vanhan viemäriin sisään asennetaan hartsilla kovetettu saneeraussukka. Kohteissa, joissa saneerataan myös vesijohtoa ja vaihdetaan kadun tai tien rakennekerroksia, saneeraus tapahtuu aukikaivamalla ja putket uusitaan vaihtamalla ne uusiin. [5, s. 132 - 135.]

Putkiliitokset ja jätevesiverkoston laitteet

Betonista rakennettu viemäriverkosto on koottu tavallisesti yhden tai kahden metrin pituisista muhvilla varustetuista putkista, joiden liitoksissa on käytetty 1970-luvulta lähtien kumitiivisteitä. Kumitiiviste on käytössä muoviputkienkin liitoksien tiivistämateriaalina. Betonisista putkista rakennetussa viemäriverkostossa voi kilometriä kohden olla 500 - 1000 saumaa, putken pituudesta riippuen. Muovista, materiaalina betonia kevyempänä, voidaan valmistaa jopa kuusi kertaa pitempiä putkia, joiden asentaminen on huomattavasti kevyempää ja helpompaa. Tämä osaltaan nopeuttaa asennustyötä; muovisella putkella verkoston rakentaminen onkin monta kertaa nopeampaa kuin mitä betonisesta putkesta tehdyn verkoston asennustyö on. Lisäksi muoviputken pituuden ansiosta kilometrin mittaiselle verkostolle tulee liitoksia vain 170 kappaletta. Liitoksien vähyyys tekee linjasta kestävämmän ja se ei ole läheskään yhtä altis maaperän vaihteluille kuin mitä betonista valmistettu linja on.

Viemäröintijärjestelmien keskeisimpiä osia ja laitteita ovat tarkastuskaivot, pumpaamot ja niistä lähtevät paineviemärit. Betonista rakennetussa viemäriverkostossa olevat tarkastuskaivot ovat myös betonia. Betonista viemäriverkoston tarkastuskaivoista luovuttiin kokonaan Keravalla vasta 1990-luvulla. Tämä on syy siihen miksi Keravalla muovista rakennetussa viemäriverkostossa putkia yhdistävät myös betonikaivot. Uusia viemäriinjoja rakennettaessa tai vanhaa saneerattaessa käytetään kustannussyistä sekä asentamisen helppouden ja nopeuden takia vain muovikaivoja (kuva 39). Betonisia kaivoja saatetaan käyttää jonkin verran vielä risteyskaivoina. Betoniset viemäriinjojen tarkastuskaivot ovat halkaisijaltaan pääasiassa 1000 mm, mutta myös 800 mm kaivoja on Keravan vesihuoltoverkostossa.

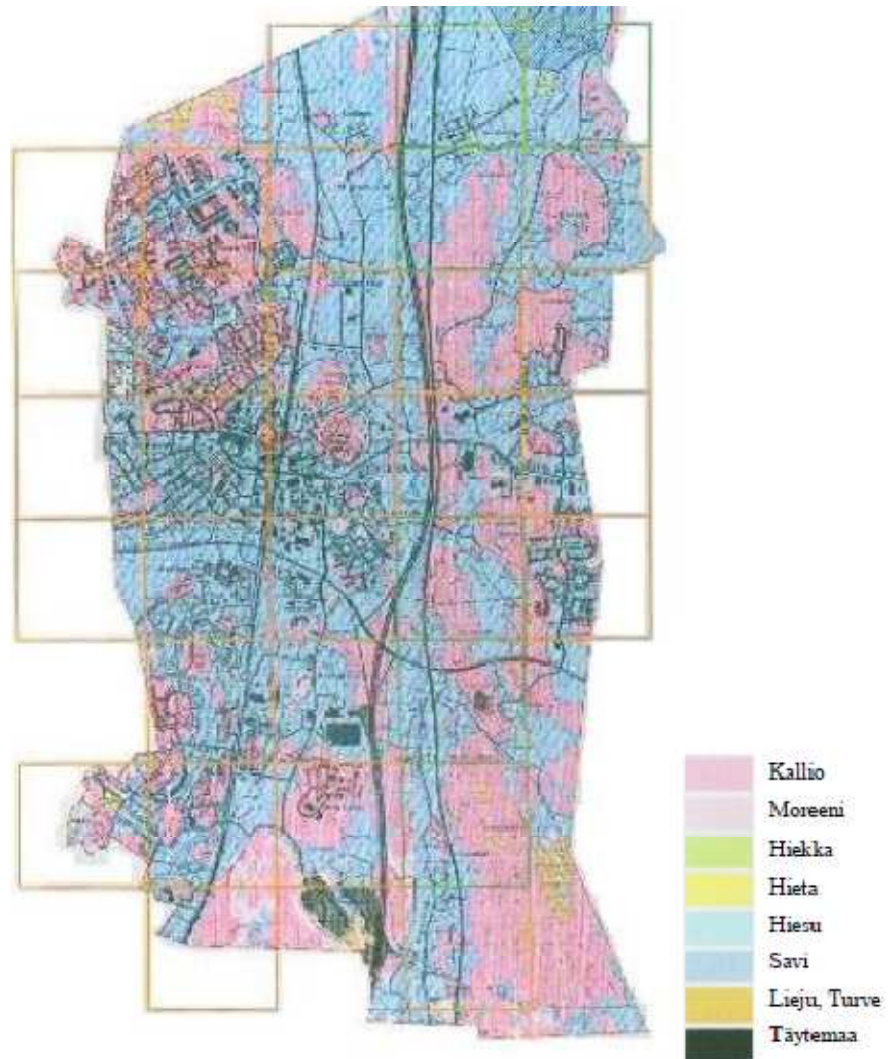
Suurin osa Keravalla käytetyistä muovisista tarkastuskaivoista on halkaisijaltaan 400 mm ja säätöputken sisähalkaisija on 315 mm.



Kuva 39: Muovinen tarkastuskaivo. [31.]

4.3.3 Maaperä ja putkilinjojen perustamisolosuhteet

Kerava on maaperältään pääosin pehmeää savea ja kalliota (kuva 40). Kohtalaisen uusilta johtolinjoilta on olemassa tarkat perustamistiedot vesi- ja viemärijohtojen suunnitelmissa. Sen sijaan monia vuosia sitten rakennetuilta linjoilta ei välttämättä löydy enää suunnitelmia ja tietoja perustamisista. Niiden perustamisolosuhteet voivat poiketa jonkin verran nykyisistä perustamiskäytännöistä.



Kuva 40: Keravan alueen maaperäkarta. [22.]

4.4 Vesihuoltoverkoston kartoitus Suomessa

Suomessa vesihuoltoverkostoihin on sidottu suuri omaisuus. Jotta tätä omaisuusmassaa voidaan hoitaa, on tärkeää tietää, missä verkosto kulkee ja mistä se koostuu sekä mikä on verkoston tila. Vesihuoltoverkoston hallinta keskittyy koko verkoston elinkaareen suunnittelusta rakentamiseen, ylläpitoon, saneeraamiseen ja uusiin. Koska putkien ja laitteiden laskennallinen elinkaari ja niistä kerättyä tietoa tarvitaan useita kymmeniä vuosia, on tärkeää, että tiedonkeruu on tehty järjestelmällisesti ja kattavasti. Vesihuoltoverkoston kartoittamista ja ylläpitoa hankaloittaa se, että verkosto sijaitsee maan alla.

Verkostojen sijainti dokumentoidaan edelleen kartoille, kuten on tehty jo vuosia. Tekniikan kehittyessä verkostokartat siirtyivät digitaaliseen aikaan ja varusteiden tiedot kirjattiin erilaisiin erillisiin rekistereihin, kuten kaivo- ja venttiilirekistereihin. Piirrettyihin karttoihin mahtuva tieto oli rajallista ja niiden uudelleen piirtäminen oli työlästä. Digitaalisten karttojen myötä tiedon määrää voitiin helpommin hallita, ja niiden korjaaminen on helpottunut.

Yhtenä uhkana verkostojen tietojen häviämiseksi on verkostosta tietävän henkilöstön ikääntyminen; verkoston hallintaan ja ylläpitoon liittyy paljon kokemusperäistä muistitietoa. Muistitieto on ollut vaikeaa kirjata ja hallita dokumenteilla, joten tieto on keskittynyt verkoston rakentamisessa mukana olleille henkilöille. Tämän vuoksi on tärkeää, että verkostoista olemassa oleva muistitieto kirjattaisiin myös tietokantoihin.

Vesihuoltoverkostosta kerättäviä ominaisuustietoja ovat mm. yksittäisen putken tai kaivon yksityiskohtaiset tiedot. Putken ominaisuustietoja ovat materiaali, halkaisija, mitat, tiivistemateriaali ja kestävyys tai paineluokka. Kaivojen sijainti- ja ominaisuustietoja ovat koordinaatit, kannen ja pohjan korkeus, kaivotyyppi (esim. HVK/JVK), materiaali ja halkaisija sekä tulevat ja lähtevät putket ominaisuustietoineen.

Verkoston sijaintitiedot hankitaan kartoittamalla rakennetut putkilinjat. Ominaisuustietoja ei ole useinkaan kattavasti kerätty, vaan on keskitetty johtokartalla näkyviin tietoihin, jolloin suuri osa verkostotietoa on jäänyt dokumentoimatta.

Verkostojen kartoitus tehdään mittaamalla putkien ja varusteiden sijainti mittalaitteella (takymetri tai satelliittipaikannin). Kartoituksen avulla saadaan pisteitä, joista muodostetaan pistemäiset varusteet tai viivamaiset johdot.

Kartoituksella mitataan rakennettavat linjat tai tarkennetaan jo olemassa olevaa verkostoa. Olemassa olevien verkostojen kartoitus on hankalampaa. Viemäreiden kartoitus on vesijohtojen kartoitusta helpompaa, koska tarkastuskaivosta on näköyhteys myös maanalaisiin putkiin. Metallisten putkien paikallistaminen nykyisillä laitteilla on mahdollista ja tuloksista saadaan tarkkoja. Vesijohdot kartoitetaan uudestaan siinä

vaiheessa, kun vanha valurautainen vesijohto ollaan vaihtamassa muoviseen auki-kaivamisen yhteydessä.

Viettoputken sijainti mitataan vesijuoksusta ja paineelliset putken laelta. Viemäreiden tarkastuskaivoista mitataan pohjan ja kannen korkeus sekä viemäriin vesijuoksun korkeus. Venttiileistä mitataan putken laen ja venttiilihatun korkeus. Verkoston kartoituksesta on hyvä olla vesilaitoskohtainen työohje, jotta kaikki verkoston kohteet mitataan samalla tavalla.

Verkostosta muodostetaan yleensä 1:500 -mittakaavassa oleva johtokartta, jossa kuvataan vesijohto-, sade- ja jätevesiverkosto. Verkoston korkeustasot on esitetty kaivon viiksitunnuksissa ja putkilinjojen ominaisuustiedot putkilinjojen suuntaisina teksteinä. Verkostokarttaa tehdään myös muihin mittakaavoihin mm. 1:2000- ja 1:10 000 -karttoina, joissa verkostosta esitettävä tieto ei ole yhtä tarkkaa kuin 1:500 -mittakaavassa, mutta verkostoa on helpompi tarkastella laajempaan kokonaisuutena.

Vesihuoltoverkoston ominaisuustiedot tulee kerätä johtojen ja laitteiden todellisten ominaisuuksien mukaisesti, kunkin kohteen olennaisten ominaisuuksien perusteella. Kohteilla voi olla kohdekohtaisia tietoja, yleisiä tietoja, dokumentteja, vapaata tekstiä sekä kartoitukseen liittyvää tietoa.

Dokumentointi on hyvä tehdä mahdollisimman tarkasti. Myöhemmin toiminnan kehityessä ja tietotarpeen laajentuessa tiedon kerääminen voi osoittautua työlääksi. Useat vesilaitokset liittyvät rakennettavista ja auki kaivetuista putkilinjoista myös valokuvat havainnollistamaan linjan rakennetta.

Tietokantapohjaisissa tietojärjestelmissä kaikilla verkon elementeillä on tunnistenumero, mutta yksilöivä numerointi on käytännöllisempää; esimerkiksi kaivo- tai venttiilinumero. Yksilöivässä numerossa on yleensä etuliite, joka kertoo kohteen tyyppin.

Kaivonumero voi olla esimerkiksi JVK2, jossa JVK kertoo kohteen olevan jätevesiviemäriin tarkastuskaivo ja jälkimmäinen numero yksilöi kaivon. Palopostinumero voisi olla esimerkiksi PP23, jossa PP kertoo kohteen olevan palopostin ja jälkimmäinen numero yksilöi palopostin. Kaivonumerointi on tärkeää myös viemärien TV-kuvausten työkartoissa.[6, s. 6 - 12.]

4.5 Vesihuoltoverkoston kartoitus Keravalla

Tiedon tallentamisen ja käsittelyn helpottamiseksi Keravalla suoritettiin vuosina 2005 ja 2006 vesihuoltoverkoston kartoitusprojektit, joiden avulla selvitettiin puuttuvat tiedot ja tarkastettiin rakennettuun vesihuoltoverkkoon kuuluvien laitteiden (linja- ja tonttisulut, palopostit) sijainti- ja paikkatiedot. Kartoitusprojektin toteutti ulkoinen urakoitsija Keypro. Kartoitusprojektien lopputuloksena Keravan vesihuoltoverkoston paikka- ja sijaintitiedot löytyvät Keypron selainpohjaisesta verkkotietojärjestelmästä, StellaNetistä. Paikka- ja sijaintitietojen lisäksi StellaNetissä löytyy Keravan vesihuoltoverkoston kunkin putken ja kaivon materiaali, koko ja ikä. Ominaisuustietojen lisäksi verkkotietojärjestelmään voidaan tallentaa mm. vikaraportit jokaisen verkoston osan ja laitteen osalta.

StellaNet-verkkotietojärjestelmässä pystyy myös määrittämään jäteviemäriputkille kuntoindeksi, jonka avulla putkiosuudet voidaan luokitella saneeraustarvetta vastaavaan järjestykseen. Putken kuntoindeksi muodostuu neljästä eri putkea kuvaavasta ominaisuudesta: rakenteesta, toiminnallisuudesta, vuotavuudesta ja putken tärkeydestä.

Vesijohdot sekä jätevesi- että hulevesiviemärit kartoitetaan Keravan kaupungin käyttämään koordinaattijärjestelmään ja kaikki kartoitukset tehdään 3D-muotoina suoraan avonaisesta kaivannosta. Suorista linjojen kartoitukseksi riittää linjan alku- ja päätepiste, mutta jokainen haara ja linjaan rakennettava mutka kartoitetaan erikseen ja yleensä niistä otetaan myös erillinen kuva digikameralla tai tehdään piirtämällä johdostopiirros. Ensisijaisesti Keravalla käytetään MicroStation-sovelluksen tukemaa DGN-tiedostomuotoa tai AutoCad-sovelluksen tukemaa DWG-tiedostomuotoa, joista luotava kuvatiedosto on 3D-muotoinen. Yleensä kartoitettavien kuvatiedostojen lisäksi luodaan ASCII-formaatissa oleva koordinaattitiedosto.

Keravan verkkotietojärjestelmässä on esitettyä seuraavat tiedot verkosto-osittain:

Vesijohdot (VJ)

- kulmat, taitteet, mahdolliset kaarevuudet muovijohdoissa
- haarakohdat
- putkikoon/materiaalin muutoskohdat
- liittyminen rakennettuun verkostoon
- laitteet: sulkuventtiilit, palopostit, mittarikaivot, ym. laitekaivot
- tonttijohdot tonttiventtiiliin saakka.

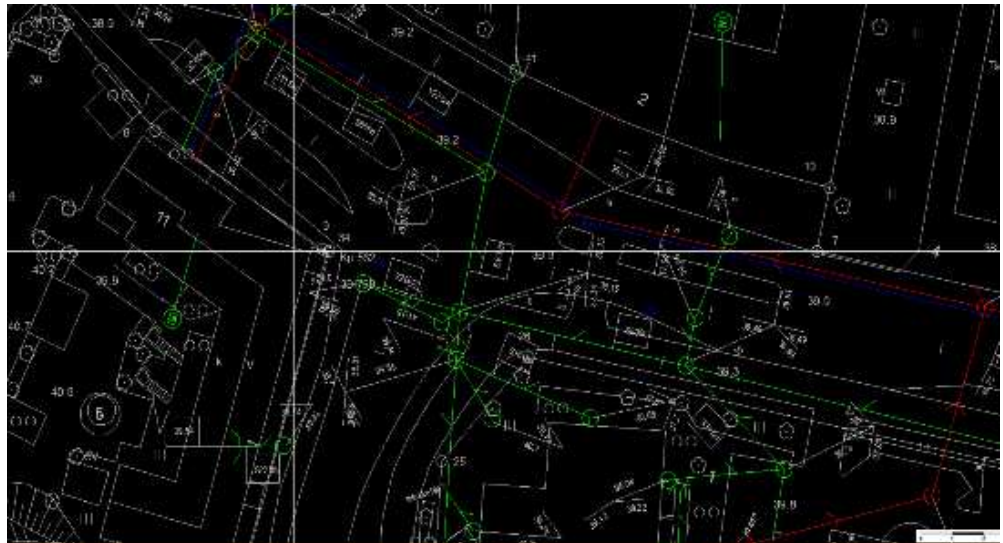
Kartoitetuista vesijohtokohteista on esitettyä putken koko, materiaali (PVC, PE, V, AB) sekä venttiilien koot.

Viemärit (JV, HV)

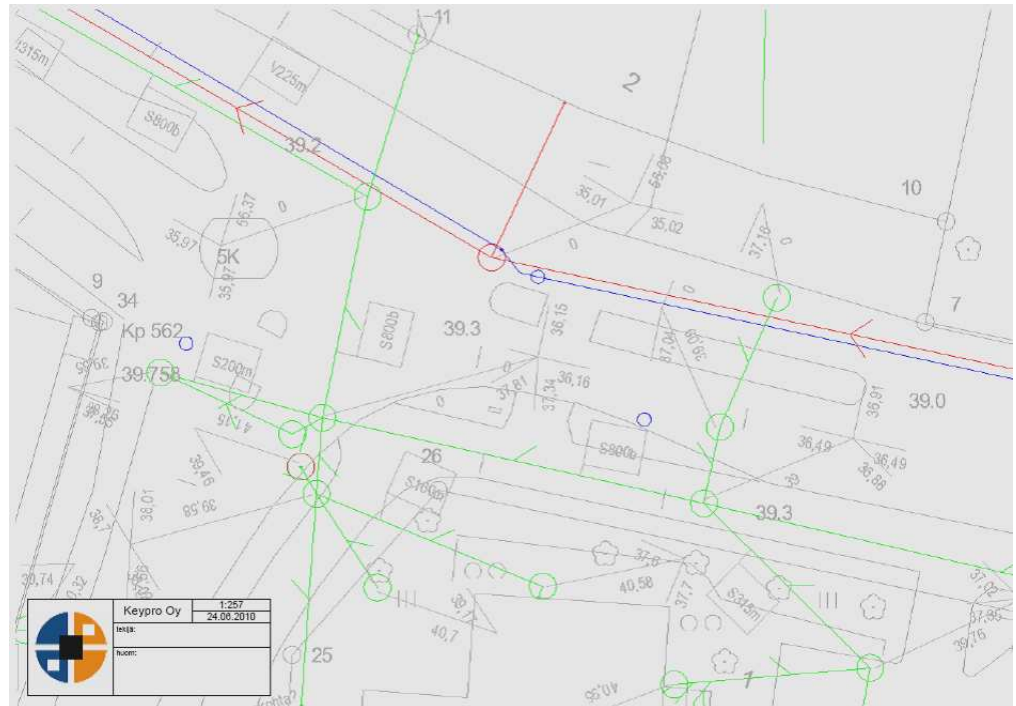
- kaivot ja niiden kannet sekä laitekaivot (esim. pumppaamot)
- kaivon koko
- pohjan korkeus
- kaivon materiaali
- tulo- ja lähtöputkien vesijuoksun korkeus (myös putkiliitosten tuloputket)
- imu- ja purkuputkien päät
- liittyminen rakennettuun verkostoon ja tonttijohtoihin, vanhat liitoskaivot.

Kartoitetuista viemärikohteista on esitettyä viemäri­linjan laji (JV, HV), putken sekä tonttijohtoon koko ja materiaali (PVC, PE, BET tai T) ja virtaus­suunnat johtolajien mukaan. Verkkotietojärjestelmästä löytyy vain osa Keravan vesihuolto­verkoston putkien ja laitteiden sijainti-, ikä- ja materiaalitiedoista. Vanhoja tietoja on pyritty kuitenkin täydentämään tietokantaan, mutta työ on vielä pahasti kesken. Tietoja myös päivitetään vikakorjausten yhteydessä saatujen tietojen perusteella.

Kuvissa 41 ja 42 on esitettyä esimerkkikuvat StellaNetin verkkotietojärjestelmästä. Punaisella merkitty linja on jätevesiviemäreitä kaivoineen, vihreällä merkitty linja on hulevesiviemäreitä kaivoineen ja sinisellä merkitty linja on vesijohto paloposteineen ja sulkuventtiileineen.



Kuva 41: Verkkotietojärjestelmä StellaNetin vesihuoltoverkoston paikka- ja sijaintitietoja



Kuva 42: Tuloste StellaNetin verkkotietojärjestelmästä.

4.6 Keravan vesihuoltoverkoston saneerausohjelma 2007

Vuonna 2007 tehdyssä saneerausohjelmassa päädyttiin siihen tulokseen, että 1950-luvulla rakennetusta vesihuoltoverkostosta, noin 8 % (noin 20 kilometriä) on saavuttanut laskennallisen 50-vuotisen teknisen käyttöikänsä. Laskennallisen käyttöikänsä ylittänyt vesihuoltoverkoston osa on saneerauksen tarpeessa, ei pelkästään käyttökänsä, vaan myös todettujen putkirikkojen vuoksi. Järjestelmällinen saneeraus Keravalla katsottiin olevan välttämätöntä, jotta pystyttäisiin varmistamaan ja turvaamaan asukkaiden veden laatu ja saanti sekä jätevesien keräys ja puhdistus. [5, s. 134 - 145.]

Saneerausohjelman tutkimustyön tuloksena määritettiin saneerausohjelma, jota noudattamalla Keravan vesihuoltoverkosta voidaan saneerata pitkäjänteisesti ja suunnitelmallisesti. Saneerausohjelma määritteli verkoston saneerauksen yleissuunnitelman, jonka pohjalta voidaan tehdä päätökset koskien vesihuoltoverkoston saneerausta, pienintäkin verkoston osaa myöten. Tällä yleissuunnitelmalla on varmistettu vanhojen, huonokuntoisten ja merkittävässä asemassa olevien verkosto-osien saneerauksen priorisointi. Saneerausohjelman tuloksena kehitettiin myös priorisointityökalu Keravan vesihuoltoverkoston saneeraustarpeen ja -järjestyksen helpottamiseksi. Kehitetyn priorisointityökalun avulla saneerauskohteet voidaan järjestää annettujen lähtötietojen ja kriteerien perusteella tärkeysjärjestykseen. Tärkeimmät priorisoinnissa huomioitavat tekijät ovat putkiosan kunto ja merkitys vedenjakeluverkostossa. Priorisointityökalun ensimmäisenä lähtökohtana on huonokuntoisten verkosto-osien saneeraus tärkeysjärjestyksessä. [5, s. 134 - 145.]

Vesihuoltoverkoston osien kuntoa määrittelevät tekijät ovat tärkeysjärjestyksessä häiriöt (vuodot, painumat), rakentamivuosi ja materiaali.

Vesihuoltoverkoston tärkeyttä määrittelevät tekijät ovat putken koko, palveluiden ja yritysten veden vuosikulutusarvo (m^3/a), asukkaiden veden vuosikulutusarvo (m^3/a) sekä verkosto-osan pituus.

Kunto- ja tärkeystekijöiden lähtöarvot saadaan StellaNet-verkkotietojärjestelmän (materiaalit, putki koot, pituus, rakentamivuosi ja häiriöt) sekä Vesihuollon asiakastietojärjestelmän (veden käyttömäärät) avulla [5, s. 134 - 145].

Priorisointityökalun avulla Keravan vesihuoltoverkosto on jaettu seuraavanlaiseen saneerausjärjestykseen:

Ryhmä A

Ryhmään A kuuluvat sellaiset vesihuollonverkosto-osat, joiden saneeraaminen on aloitettava tärkeysjärjestyksessä ensimmäisenä. Ryhmän A vesihuoltoverkoston saneeraukset on tehtävä vuoteen 2020 mennessä, kun laskennallisena käyttöikä pidetään 50 vuotta. Ryhmää A kuvaavat seuraavat ominaisuudet:

- vesihuoltoverkoston osat, joissa on esiintynyt häiriöitä
- kaikki 1950- ja 1960-luvuilla rakennetut vesihuoltoverkoston osat
- verkosto-osat, joissa vesijohdot ovat pääosin valurautaa ja jätevesiviemärit pääosin betonia
- vesijohdot ja jätevesiviemärit muodostavat vähintään noin 23 % tämänhetkisestä verkostopituudesta.

Ryhmä B

Ryhmän B vesihuoltoverkosto-osilla ei ole akuuttia tarvetta saneeraukselle, mutta vesijohdoille ja viemäriputkille on aloitettava priorisointijärjestyksen mukainen kunnottaminen. Ryhmää B kuvaavat ominaisuudet:

- vesihuoltoverkoston osat, joissa ei ole esiintynyt häiriöitä
- kaikki 1970- ja 1980-luvuilla rakennetut vesihuoltoverkoston osat
- verkosto-osat, jotka ovat pääosin muovia, mutta osa 1970-luvulla rakennetuista osista on vielä valurautaa ja betonia
- vesijohdot ja jätevesiviemärit muodostavat noin 46 % tämänhetkisestä verkostopituudesta.

Ryhmä C

Ryhmän C vesihuoltoverkosto-osiin ei tarvitse vielä kohdistaa kuntotutkimuksia. Ryhmää C kuvaavat ominaisuudet:

- vesihuoltoverkoston osat, joissa ei ole esiintynyt häiriöitä
- kaikki 1990- ja 2000-luvuilla rakennetut vesihuoltoverkoston osat
- materiaaliltaan verkosto-osat ovat muovia
- vesijohdot ja jätevesiviemärit muodostavat noin 32 % tämänhetkisestä verkostopituudesta [5 s. 143].

4.7 Keravalla käytettyjen saneerausmenetelmien kuvaus

Vesijohdot ja jätevesiviemärit

Runkovesijohtoa on Keravalla saneerattu yksinomaan perinteisesti auki kaivamalla. Vain kiinteistöjen 40 mm halkaisijaltaan olevia tonttijohtoja on saneerattu sujuttamalla 25 mm:n muoviputki vanhan putken sisään. Vesijohtojen saneeraamista kaivamattomilla tekniikoilla ei ole muilla tavoin toistaiseksi edes kokeiltu.

Vanhoja 1950- ja 1960-luvuilla rakennettuja betonisia jätevesiviemäreitä on saneerattu perinteisesti aukikaivamalla sekä kaivamattomilla tekniikoilla. Jätevesiviemäreiden saneerauksessa on käytetty mm. pätkä-, sukka- ja muotoputkisujutusta.

Kaivamattomia tekniikoita Keravalla on käytetty kuitenkin melko lyhyen aikaa, vasta vuodesta 2002 lähtien. Jätevesiviemäreitä on sujutettu keskimäärin noin kilometrin verran vuodessa vuodesta 2002 lähtien. [5, s. 136.]

Jätevesikaivojen ollessa hyvässä kunnossa ja kaivovälillä on vähän liittymiä, on jätevesiviemäreiden saneerausmenetelmänä käytetty pätkäsujutusta. Lisäksi virtaamien vähyys on vaikuttanut sujutustavan valintaan. Puolestaan niille viemäriosuukille, joissa virtaamat ovat suurempia, on käytetty sukka- ja muotoputkisujutusta, koska muuta menetelmää käytettäessä tarvittaisiin jäteveden kallista ohipumppausta. Sukkasujutuksella ohipumppausta ei kuitenkaan tarvita. Muotoputki- ja sukka- ja muotoputkisujutustekniikoilla työn lopputulos on lähes toisiaan vastaava, jolloin hinta on ollut menetelmän valintaan vaikuttanut tekijä. Jätevesiviemäreiden saneeraukset Keravalla ovat onnistuneet ilman kaivantaja. Saneeratuissa kohteissa ei ole havaittu jälkeenkäynnin minkäänlaisia heikkouksia. Kaivamattomalla menetelmällä toteutetut saneeraukset on tilattu aina niihin erikoistuneilta urakoitsijoilta.

Tarkastuskaivot

Keravalla on vuosien saatossa yksittäisiä viemäriverkoston betonisia tarkastuskaivoja korjattu betonirenkaita vaihtamalla. 2000-luvulla jätevesiviemäreiden sujutusten yhteydessä jätevedentarkastuskaivoja on saneerattu ruiskubetonoimalla kaivojen sisäpinta ja myös joitain kaivoja on uusittu sisäpuolisilla korjauskaivoilla.

Pätkäsujutuksen yhteydessä saneerattaviksi on suositeltu myös viemäriinjan halkaisijaltaan yhden metrin kaivot 400 mm:n kokoisilla sisäpuolisilla korjauskaivoilla. Korjauskaivoja ei kuitenkaan Keravalla ole toteutettu kaivon koosta aiheutuvista verkoston käyttö- ja kunnossapitotoimien ongelmista johtuen.

Tonttijohtot

Kaduilla tehtävien verkostosaneerausten yhteydessä Keravan vesihuolto tarjoaa kiinteistöille mahdollisuuden vesihuollon toimesta saneerata tonttivesijohtonsa. Koska tonttijohtojen saneeraaminen tuo etuja myös vesihuollolle, Keravan Vesihuolto on houkuttimeksi tarjonnut saneerauksesta alennetun hinnan. [5, s. 136.]

4.7.1 *Saneeraus aukikaivamalla*

Keravalla pyritään saneeraamaan perinteisesti aukikaivamalla verkosto-osat, jotka voidaan yhdistää huonokuntoisten katujen saneeraamiseen. Myös siinä tapauksessa, että hulevesiviemärinti puuttuu katualueelta, vesihuoltoverkoston saneeraus aukikaivamalla on kannattavaa. Niissä kohteissa, joissa on tarkoitus uusia vain kadun pintarakenne, eikä kadulta puutu hulevesiviemärintijärjestelmiä, ei ole taloudellisesti kannattavaa uusia vesijohtoja tai jätevesiviemäreitä aukikaivamalla.

Saneerauksissa, jotka päätetään tehdä aukikaivamalla samalla, kun uusitaan tien tai kadun rakenneosaa, on syytä uusia lisäksi muut vanhat vesihuoltoverkostonosat. Saneerattaessa vanhaa jätevesiviemäriputkea on hyvä myös huomioida, että verkoston betoniset kaivot tulee myös uusia vaihtamalla ne muovisiin tarkastuskaivoihin. Suunniteltaessa aukikaivuun toteuttamista, kannattaa huomioida, että taloudellisinta on rakentaa uudet putket vanhojen viereen, jos se on mahdollista. Tällöin vältetään suuremmilta kaivannoilta ja vanhat putket voidaan jättää paikoilleen; hyötynä tästä on myös se, ettei vanhoista putkista synny jätteenkäsittelymaksuja, kun ne jätetään paikalleen. Lisäksi jätevesiviemäriinjojen saneeraamisessa aukikaivamalla ei tarvitse järjestää kalliita ohipumppauksia, kun vanhat linjat voivat olla käytössä siihen saakka, kunnes uusittu linja on käyttövalmis.

Kun vesihuoltoverkosto-osan saneeraus ei ole mahdollista kaivamattomilla menetelmillä, on saneeraus toteutettava kaivamalla. Esimerkiksi pahasti painunutta vesijohtoa tai jätevesiviemäriä ei voi uusia kaivamattomilla tekniikoilla, koska pohjamaan

tiiviyttä on parannettava. Myös tällaisessa tapauksessa on hyvä uusia vesijohto, jätevesiviemäri ja jätevedentarkastuskaivot. [5, s. 151.]

Vesijohtoja uusittaessa joudutaan melko usein saneerattava vesijohto-osa eristämään muusta verkostosta tekemällä se paineettomaksi sulkemalla runkolinjassa olevat venttiilit. Tämän vuoksi joudutaan järjestämään saneerattavan vesijohdon jakelupiirissä oleville kiinteistöille vedensaanti myös saneeraustyön aikana väliaikaisella vedenjakelulla. Väliaikainen vedensaanti voidaan järjestää joko rakentamalla väliaikainen linja eli asentamalla saneerattavalle alueelle maanpinnalla kulkeva PEH-muovinen letku, josta voidaan syöttää vesi kiinteistöille, tai vedenjakeluasemilla, joista kiinteistöt voivat hakea tarvitsemansa käyttöveden. Keravalla on käytetty lähes kaikissa väliaikaisen vedenjakelun vaatimissa tapauksissa pintaletkutusta. Yleisesti vesijohdon saneerauskohteissa on käytetty PEH-muoviletkua.

4.7.2 *Saneeraus kaivamattomilla menetelmillä*

Vesihuoltoverkoston saneeraamiseen Keravalla on käytetty aukikaivamalla tehtävien saneerauksien lisäksi myös aukikaivamattomilla tekniikoilla tehtäviä vesihuoltoverkoston saneerauksia pelkästään jätevesiviemäreiden osalta. Vesijohdoille aukikaivamattomin menetelmin tehtävien saneerausten vaihtoehdot ovat kuitenkin viime vuosina lisääntyneet ja mm. suuntaporaamalla tai pakkosujuttamalla tehtävien vesijohtojen saneeraukset ovat lisääntyneet valtakunnallisesti. Seuraavissa kappaleissa on pyritty selvittämään joitain syitä, joiden vuoksi Keravalla ei ole toteutettu vesijohtojen saneerauksia No Dig -menetelmillä.

Valurautaisen vesijohdon saneeraus

Sementtilaastivuoraus on tunnetuin ja kustannuksellisesti edullisin vesijohtojen saneerausmenetelmä, mutta se ei juurikaan lisää putken rakenteellista lujuutta. Keravalla vanhojen valurautaisten putkien asennustyössä on putkien tuennassa käytetty poikittaistuentaa, mistä aiheutuu helposti putkien halkeamista maan painuessa. Tästä johtuen sementtilaastivuorauksen käyttäminen Keravalla saneerausmenetelmänä ei ole katsottu olevan suositeltavaa.

Lisäksi Keravan vesihuoltoverkoston valurautaisten vesijohtojen on todettu kärsivän sekä sisäpuolisesta että ulkopuolisesta korroosiosta. Ulkopuolisesta korroosiosta kärsivää putkea ei suositella betonoitavaksi sisäpuolelta, koska menetelmä ei poista ulkopuolisen korroosion aiheuttamaa syöpymistä putkesta.

Yksi häiriön syy valurautaisissa vesijohdoissa on niihin syntyvät tukkeumat. Tukkeamia aiheuttavat saostuneet korroosiotuotteet yhdistettynä veteen. Sementtilaastivuoraukselta varten putket on puhdistettava huolellisesti teräsharjauksella tukkeamista ja saostustuotteista. Putkien rakenteellinen lujuus kärsii voimakkaasta puhdistus-

misesta, kun korroosion syövyttämät reiät paljastuvat korroosiotuotteiden alta, mikä aiheuttaa putkien katkeilua ja murtumista. Tästäkään syystä putkien sementtilaastivuoraus ei ole suositeltava.

Vaikka pitkäsujutus on edullinen tapa saneerata vesijohtoja, se ei siitä huolimatta ole suositeltava menetelmä; saneerauksen jälkeen vuotojen etsiminen on vaikeaa vanhasta putkesta, putken kapasiteetin ja halkaisijan pieneneminen sujutuksen seurauksena sekä liitosten tekeminen on hankalaa sujutettuun uuteen putkeen.

Vesijohtojen saneerauksessa ei myöskään ole suositeltavaa käyttää sukka-, muotoputki-, kuristus- ja letkusujutusta, koska ne vaativat putkelta rakenteellista lujuutta. Kuten sementtivuorausmenetelmää käytettäessä, edellä mainitut menetelmät edellyttävät puhdistamista, jota korroosiosta kärsivät valurautaiset vesijohdot eivät kestä. [5, s. 152.]

Kaivamatta tehtävistä saneerausmenetelmistä varmimpina vaihtoehtoina voidaan pitää pakkosujuttamista ja porausmenetelmiä (vaaka- ja suuntaporaus), koska molemmissa menetelmissä vanhan putken tilalle asennetaan kokonaan uusi putki. Pakkosujutuksessa vanha putki särkyvät pieniksi paloiksi; työn onnistumista ei häiritse vaikka vanha putki olisi huonokuntoinenkin ja painunut. Koska uusi putki asettuu vanhan tilalle, on maaperä jo valmiiksi tiivistettyä eikä tämän vuoksi tarvitse huolehtia tiivistystöistä. Pakkosujutuksen suuntatarkkuus on lisäksi varma. [7, s. 46 - 47.]

Vaakaporauksen onnistumisen katujen alla tekee epävarmemmaksi katurakenteissa sijaitsevat johdot, kaapelit ja muut laitteet. Suuntaporauksen tarkkuus on parempi, mutta menetelminä molemmat ovat pakkosujutukseen nähden noin kaksi kertaa kallimpia.

Kaivamattomana tekniikkana vesijohdoille voidaan käyttää myös staattista pakkosujutusta. Staattisella pakkosujutusmenetelmällä vanha putki leikataan leikkuuterillä halki ja laajennetaan aventimella uuden putken vaatimaan kokoon. Lisäksi tarvittaessa voidaan kasvattaa putken kapasiteettia. Vanhaa linjaa ei tarvitse pestä ennen työsuoritusta. Pakkosujutuksessa kaivannot tarvitaan vain saneerattavan verkoston osan alkuun ja loppuun. Samasta kaivannosta voidaan tehdä sama työsuoritus myös toiseen suuntaan, jolloin vältetään turhilta laitteiston siirroilta ja työ nopeutuu. Tonttiliittymät on kuitenkin uusittava kaivamalla, mutta silti kaivantojen määrä on vähäisempi aukikaivukseen verrattuna. [8, s.17].

Keravalla vesijohtojen saneeraamista aukikaivamatonta menetelmää käyttäen hidastaa ennen kaikkea se, ettei niiden käytöstä ole aiempia kokemuksia. Lisäksi No Dig -menetelmien soveltuvuudesta Keravan vesijohtojen saneerauskohteisiin ei ole tehty edes perustavaa tutkimusta, jossa olisi vertailu kaivamalla tehtävään saneera-

ukseen; aina on päädytty siihen ratkaisuun ilman suurempia tutkimuksia ja suunnitelmia, että käytettävä menetelmä on kaivaa katu tai tie auki ja vaihtaa vanhat valurautaiset putket uusiin. Useassa tapauksessa aukikaivamalla tehtävään vesijohdon saneeraukseen liittyy myös väylän rakennekerrosten vaihto ja / tai muiden vesihuoltoverkoston osien uusiminen.

Betonisten jätevesiviemäreiden saneeraaminen

Jätevesiviemärin putken ollessa rakenteellisesti eheä, on saneeraamiseen kaivattomilla tekniikoilla useita menetelmiä.

Betoniset jätevesiviemärit eivät kärsi valurautaisten putkien tavoin korroosiotuotteiden kerääntymisestä aiheutuvista haitoista eikä betoninen putki myöskään syövy samalla tavalla, joten viemäriin soveltuvat pesua vaativat menetelmät. Koska sekä pätkä- että pitkäsujutuksessa putken kapasiteetti pienenee, putkisujutusten soveltamista on tutkittava aina siltä kantilta, onko tarpeellista säilyttää putken vanha kapasiteetti.

Pätkäsujuutuksessa putki kootaan nimensä mukaisesti useasta puolen metrin muovisesta putken pätkästä, joten 100 metriä pitkään jätevesiviemäriin tulee jopa 200 saumaa. Tähän yksityiskohtaan verrattuna on pitkäsujutus siten parempi menetelmä. Pätkäsujuutuksessa käytettävän moduliputken rengasjäykkyys taas on selvästi suurempi pitkäsujutuksessa käytettävään selvästi ohuempiseinäiseen putkeen verrattuna. Lisäksi on huomioitava, että jos saneerattavan putken kaltevuus on ollut alun perin liian pieni, jätevesiviemäreiden toiminta saattaa heiketä pitkäsujutusten myötä entisestään; viettoviemärin riittävä kaltevuus tulee varmistaa, mikäli pitkäsujutusta sovelletaan jätevesiviemäreiden saneeraamisessa.

Keravan betonisille jätevesiviemäreille on käytetty saneerausmenetelmistä sukka- ja muotoputkisujutuksia. Kuristussujutusten onnistumisesta on vähemmän kokemuksia. Sukka- ja muotoputkisujutukset ovat erinomaisia, koska saneerattavan putken halkaisija ei juuri pienene ja jätevesiviemäreille ei tarvitse teettää kapasiteettitutkimuksia.

Myös vesijohtojen saneeraamisessa käytettävät erilaiset porausmenetelmät ovat varsin käyttökelpoisia menetelmiä betonisten viemäriputkien saneeraukseen. Poraamalla tehtäviä saneerauksia on suositeltavaa käyttää kuitenkin enemmän paine- kuin viettoviemäriin. Syynä tähän on yksinkertaisesti se, että oikean viettokaltevuuden saavuttaminen on poraamalla vaikeaa. Menetelmien käytössä ei tarvitse huomioida kapasiteettitarkasteluja, koska tekniikoilla voidaan jopa kasvattaa putken halkaisijaa. Pakkosujutus ja porausmenetelmät ovat muotoputki- ja sukkasujutuksiin nähden menetelminä kalliimpia. [26.]

Kaivojen saneeraaminen

Betoniviemäreiden sujuttamisen yhteydessä huonokuntoiset betonikaivot on myös saneerattava. Keravalle menetelmiksi sopivat ruiskubetonointi, muovipinnoitukset ja korjauskaivot. Ruiskubetonointi ja muovipinnoitukset ovat menetelminä käytännöllisempiä, koska kaivon halkaisija ei juuri saneerauksessa pienene ja kaivoon on myöhemmin helppo tehdä liitoksia. Ennen betonointia kaivot on korjattava rakenteellisesti. Korjauskaivojen käyttö pienentää aina alkuperäisen kaivon halkaisijaa, joten se ei ole menetelmänä paras. Jos korjauskaivoja käytetään, on niiden oltava halkaisijaltaan tarpeeksi suuria, jotta käyttö- ja kunnossapitotyöt onnistuvat myöhemmin. [5, s. 153 - 154.]

4.7.3 *Keski-Uudenmaan Hanke Oy*

Keravalla toteutettavien jätevesiviemäreiden saneerausmenetelmien valintaan vaikuttaa vahvasti Keski-Uudenmaan Hanke Oy:n vuonna 2008 laatima puitesopimus jätevesiviemäreiden saneerauksia toteuttavien urakoitsijoiden kanssa. Vuonna 2007 perustettuun osakeyhtiöön kuuluu Keravan lisäksi Järvenpää, Sipoo ja Pornainen. Keski-Uudenmaan Hanke -sopimuksen jäsenet ovat kuitenkin vain Kerava ja Järvenpää.

Puitesopimuksen tavoitteena on helpottaa Keravalla ja Järvenpäässä toteutettavien saneerausten toteuttamista; koska sopimuksessa on valmiiksi määritelty viemäreille tehtävien saneerausten hinnat, ei erillistä tarjouskilpailua tarvitse tehdä urakoitsijan valitsemiseksi. Sopimuksen laatimiseksi toteutettiin avoin tarjouskilpailu, jossa pyydettiin kilpailuun osallistuvilta urakoitsijoilta tarjousta jätevesiviemärin saneerauksesta pätkä- ja muotoputkisujuttamalla. Tarjouskilpailuun vastasi neljä urakoitsijaa: Aarsleff Oy, KWH Pipe Oy, Nordic Renovation Group sekä Putkistosaneeraus Eerola Oy. Kukin urakoitsija antoi tarjouksen omasta kustannustehokkaimmasta saneerausmenetelmästä.

Saadut tarjoukset pisteytettiin ja Keski-Uudenmaan Hanke -sopimuksen jäsenet valitsivat pisteytyksien perusteella voittajan kullekin saneerausmenetelmälle. Pätkäsuojutuksella toteutettavien saneerausten pisteytyksen voitti KWH Pipe Oy ja muotoputkisujutuksella toteutettavien saneerausten pisteytyksen voitti Nordic Renovation Group. Sopimus allekirjoitettiin 1.11.2008 ja sen voimassaoloajaksi asetettiin kolme (3) vuotta. Sopimuksen voimassaolon aikana urakoitsijoiden antamia urakkahintoja tarkastettaisiin uudestaan, mikäli siihen olisi tarvetta esimerkiksi yleisen kustannustason nousun yhteydessä. Sopimuksessa urakoitsija sitoutuu aloittamaan työt kaksi (2) viikkoa työn tilauksesta. Lisäksi Keski-Uudenmaan Hanke -sopimuksessa urakoitsija suorittaa työt antamallaan hinnalla.

Keski-Uudenmaan Hanke -sopimus on nopeuttanut sekä Järvenpäässä että Keravalla sujuttamalla tehtävien jätevesiviemäreiden saneerausten toteuttamista; työn tilaaminen, urakoitsijan valinta ja työn budjetointi on helppoa, koska laaditussa sopimuksessa on valmiina tarjouskilpailun voittanut urakoitsija sekä saneerausmenetelmän hinta. Vastaavanlainen puitesopimus on tarkoituksena laatia myös vesijohtojen osalta.

Tähän lopputyöhön liittyen haastateltiin Järvenpään Veden verkostomestari Martti Sarpalehtoa ja kysyttiin Järvenpään kokemuksista Keski-Uudenmaan Hanke -sopimuksen puitteissa tehdyistä jätevesiviemäreiden sujutuksista. Haastattelusta selvisi, että Järvenpään Vesi tekee 70 % jätevesiviemäreiden saneerauksista joko pätkäsujutuksella tai muotoputkisujutuksella. Vesijohdot Järvenpään Vesi - kuten Keravan Vesihuoltokin - toteuttaa aukikaivamalla ja vaihtamalla vanhat putket uusiin. Keski-Uudenmaan Hanke -sopimus on nopeuttanut Järvenpäässä tehtävien jätevesiviemäreiden saneerausten toteuttamista.

5 SANEERAUSSUUNNITELMA KERAVAN VESIHUOLLOLLE

5.1 Terästien esitutkimus

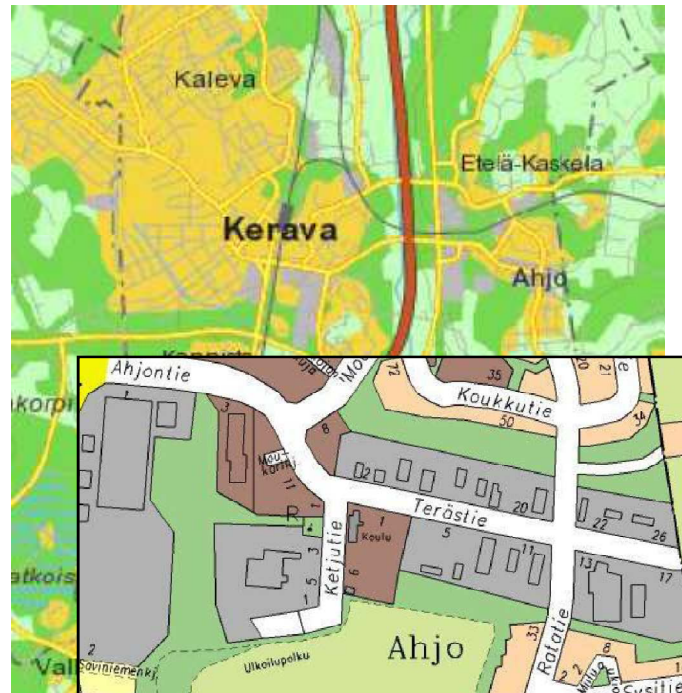
Saneerausmenetelmän määrittäminen aloitettiin tutkimalla Terästien ja Ahjon aluetta sekä olemassa olevien rakenteiden kuntoa ja käyttöhistoriaa. Tutkimuksessa hyödynnettiin Keravan Kaupunkitekniikan Liikennejärjestelmän ja Vesihuollon henkilökunnan sekä Keravan Kaupunkitekniikalle pitkään töitä tehneiden ja edelleen tekevien maarakennusurakoitsijoiden tietämystä Terästiestä. Lisäksi saneerausmenetelmän määrittämistä helpottamaan suoritettiin Terästiellä tarkempia lisätutkimuksia liittyen mm. Terästien maaperään.

5.1.1 Sijainti

Terästie sijaitsee Keravalla Ahjon kaupunginosassa. Terästie on katuluokaltaan 3 eli vilkasliikenteinen kokoojaku, jonka keskimääräinen vuorokausiliikenne (KVL) on 2 500 - 10 000 ajoneuvoa. Katu on alueella, jolta löytyvät Ahjon ala-aste, ravintola Oloneuvos ja teollisuutta, mm. autokorjaamoita ja putkistoalan yrityksiä. Yhteensä kiinteistöjä Terästiellä on 18. Asuinkiinteistöjä saneerattavalla alueella ei ole. Terästie kulkee itä-länsisuunnassa alueen läpi ja on pituudeltaan noin 560 metriä. Terästie alkaa itäpäässä Ketjutien risteyksestä ja päättyy länsipäässä metsänreunassa pohjois-eteläsuuntaiseen voimalinjaan ja Sipoon kunnan rajaan. Terästie risteää Rata-tien kanssa siten, että Rata-tie jakaa Terästien 360 ja 200 metrin pituisiin osiin. Kuvassa 43 on ilmakuva Terästiestä. Kuvassa 44 on havainnollistettuna Terästien sijainti Keravalla Keravan kartan ja osoitekartan avulla.



Kuva 43: Terästien ilmakuva. [29.]



Kuva 44: Terästien sijainti.

Terästien korkeusasema vaihtelee välillä +38,5...39,3. Terästie sijaitsee kahden metsäisen, maalajiltaan moreenisen harjanteen välissä. Haastattelemalla Terästiellä työskennelleitä Keravan Kaupunkitekniikan Liikennejärjestelmän ja Vesihuollon palveluksessa olevia työntekijöitä ja maarakennusurakoitsijoita saatiin selville, että Terästien maaperä on savea. Suomen Geologian tutkimuskeskuksen (GTK) internet-sivuilta löytyvän maaperäkartan perusteella Ahjo sijaitsee maaperältään savisella alueella; maaperä tekee Terästielle kaivamalla toteutettavien yli kaksi metriä syvien putkikaivantojen tekemisestä ilman tuentaa hyvinkin haasteellisen. Savivyöhykkeet ovat kartoissa esitettynä violetilla värillä. Kuvassa 45 on esitettynä Ahjon maaperäkarta.



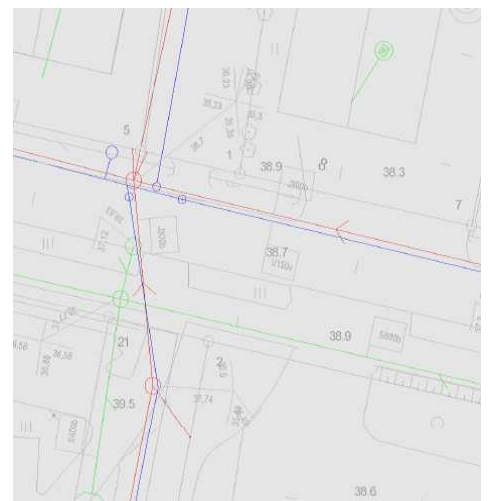
Kuva 45: Ahjon alueen maaperäkarta. [22.]

5.1.2 Terästien vesihuoltolinja

Terästien vesihuoltolinja on rakennettu vesijohdon ja jätevesiviemärin osalta vuosien 1962 - 63 aikana ja se on saavuttamassa laskennallisen 50 vuoden käyttöikänsä. Pituukselta vesihuoltolinjalla on 514 metriä. Terästien vesijohto- ja jätevesiviemäriin kuuluvat Keravan saneerausjärjestyksen mukaan ryhmään A; niiden saneeraaminen on tehtävä seuraavien 1...2 vuoden aikana, jotta alueen vesihuollon toiminta voidaan taata jatkossakin. Terästien jätevesiviemäriin johdetaan myös jätevedet Rata-tien pohjois- ja eteläpuolen Terästietä, mikä osaltaan lisää Terästien kautta kulkevia jätevesien virtaamamääriä. Terästien ja Ketjutien risteykseen päättyy uusi, Ahjontien suuntaisesti kulkeva, Keravan keskustan suunnasta tuleva uusittu vesihuoltolinja. Uusitun vesihuoltolinjan vesijohto on materiaaliltaan PVC-muovia ja jätevesiviemärit ovat materiaaliltaan PP-muovia. Linja on rakennettu vuosien 1990 - 1991 aikana. Jätevesiviemärin putken halkaisija tällä osuudella on 315 mm ja vesijohdon 225 mm. Terästielle on rakennettu hulevesiviemäri 1990-luvulla Ketjutien ja Ratatien väliselle osuudelle; tältä osuudelta katu on verrattain hyväkuntoista. Ratatien risteuksen itäpuolella Terästieltä puuttuu hulevesiviemärointi ja lisäksi tällä osuudella Terästietä katu on selvästi huonokuntoisinta.

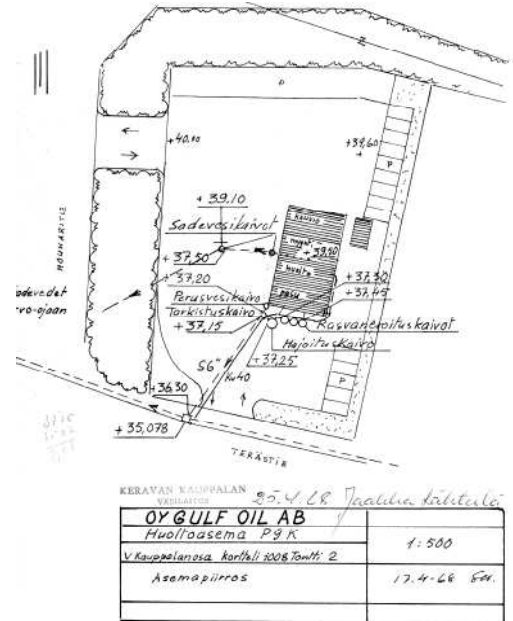
Terästien vesihuoltolinjan vesijohto on kooltaan 150...100 mm ja materiaaliltaan valurautaa. Jätevesiviemärin koko on 225...300 mm ja rakennusmateriaali betoni.

Terästien vesijohtojen ja jätevesiviemäreiden sekä näiden osien koko, materiaali ja ikä saatiin selvitettyä tutkimalla Keravan Vesihuollon verkkotietojärjestelmä StellaNetiä. Lisäksi kaivojen kunto käytiin tarkastamassa ja niistä tehtiin kaivokortit. Kaivojen kunnossa ei havaittu suuria puutteita. Jätevesiviemäriin betonirenkaista kootut kaivot olivat verrattain hyväkuntoisia; betonirenkaat olivat ehjät, saumat kohdakkain ja tiiviit sekä kaivoihin tulevat StellaNetin mukaiset tonttiliittymien sijainnit pitivät paikkansa. Kuvassa 46 tuloste StellaNetistä Terästiestä. Kuvassa näkyvät Terästien vesihuoltolinjan putket ja osat sekä kaivojen korkeusasemat. Vesijohto laitteineen on kuvassa sinisellä, jätevesiviemäri kaivoineen punaisella ja 1990-luvulla rakennettu hulevesiviemäri kaivoineen vihreällä.



Kuva 46: Otos Terästien vesihuoltolinjasta tietoineen.

Verkkotietojärjestelmästä löytyi myös tiedot Terästien jokaisesta kiinteistöistä PDF-tiedostoina. Kiinteistöjen tiedot pitivät sisällään kiinteistön asemapiirroksen vesijohto- ja viemäriinliitostietoineen. Asemapiirroksista saatiin selville kiinteistön vesihuollon liittymiskorot vain jätevesiviemäreiden osalta. Lisäksi asemapiirroksista löytyi vuosi, jolloin piirros on laadittu. Kuvassa 47 esitettyä Terästie 2:ssa sijaitsevan kiinteistön asemapiirros, joka on viitetiedostona verkkotietojärjestelmässä.



Kuva 47: Kiinteistön Terästie 2 asemapiirros.

Terästien katualueelle on tehty vuonna 1990 perusparannus. Perusparannukseen kuului tiealueen leventäminen, rakennekerroksien lisääminen ja kadun päällystäminen. Samassa yhteydessä rakennettiin myös kevyenliikenteen väylä sekä hulevesiviemärinti. Vesijohdon eikä jätevesiviemärin saneeraamista ei katsottu tarpeelliseksi tehtäväksi perusparannuksen yhteydessä.

Terästien ja Ketjutien risteyksestä Ratatien suuntaan, aina Terästien loppuun asti, vesihuoltolinja on alkuperäisessä kunnossa. Saneerattavan vesihuoltolinjan jätevesiviemärit on rakennettu metrin pituisista betoniputkista ja niiden halkaisija on Ketjutien ja Ratatien välillä 300 mm ja Ratatien jälkeisen osuuden halkaisija on 225 mm. Viemäreitä yhdistää 800 mm halkaisijaltaan olevat betoniset jätevesikaivot. Terästien jätevesiviemärin kaivoihin tulee kaiken kaikkiaan 19 tonttiliittymää, joiden halkaisijoiden vaihteluväli on 150...225 mm välillä. Materiaaleiltaan tonttiliittymät ovat betonia ja muovia.

Jätevesiviemärin korkeusasema vaihtelee Ketjutien risteuksen 4,2 metristä Ratatien risteuksen 3 metriin. Ratatien itäpuolelle jäävän viemärin korkeusasema laskee Siipoon rajaa kohti 3 metristä 2,5 metriin. Terästien linjaan virtaavat jätevedet myös Ratatien jätevesiviemäreistä. Terästien jätevesiviemärinlinjan ja sen osien kuntoa ei ole kartoitettu aikaisemmin.

Vesijohtolinja Terästiellä on valurautaista muhviputkea ja kiinteistöjen vesijohtojen tonttiliittymät ovat valurauta-, PEH- ja PVC-muovi- sekä kupariputkea. Tonttiliittymiä on 18 kpl. Vanhat, 1960- ja 1970-lukujen aikana rakennettujen kiinteistöjen tonttiliiti-

tymät ovat valurautaisia ja 1980-luvun jälkeen rakennettujen kiinteistöjen tonttiliittymät ovat muovisia. Ketjutien risteyksestä Ratatien risteykseen vesijohdon halkaisija on 150 mm ja Ratatien risteyksestä Sipoon rajalle vesijohdon halkaisija on 100 mm. Vesijohtolinjan korkeusasema vaihtelee Ketjutien risteuksen 3,9 metristä Ratatien risteuksen 2,5 metriin. Ratatien länsipuolelle jäävän vesijohdon korkeusasemia ei ole määritelty, mutta sen sijainti lienee lähellä viemäriinlinjan korkoa.

Terästien vesijohtojen ja jätevesiviemäreiden tonttiliittymät

Saneerausvaihtoehdon määrittämisessä liittyen Terästien kiinteistöjen tonttiliittymät kartoitettiin ja selvitettiin niiden materiaalit sekä asennussyvyys. Kartoituksissa käytettiin apuna StellaNetistä löytyviä kiinteistökohtaisia asemakuvia sekä Keravan Vesihuollon työntekijöiden tietoutta.

Verkkotietojärjestelmä StellaNetiä tutkittaessa selvitettiin jätevesien tonttiliittymien lukumäärät, kokoluokat sekä materiaalit. Kiinteistöjen vesijohtojen tietoja ei verkkotietojärjestelmästä pystytty määrittämään; niiden kartoittamiseksi jouduttaisiin tekemään vierailu jokaisella Terästien kiinteistöllä. StellaNetin mukaan jätevesien tonttiliittymät Terästiellä jakautuvat materiaaleiltaan ja halkaisijoiltaan seuraavasti:

- 150 mm betonisia liittymiä 13 kpl
- 200 mm betonisia liittymiä 1 kpl
- 225 mm betonisia liittymiä 1 kpl
- liittymiä, joiden tietoja ei ole kirjattu StellaNetin verkkotietokantaan 4 kpl

Tonttiliittymät päätettiin tarkistaa samassa yhteydessä, kun tehdään kaivojen kunto-kartoitus. Mahdolliset salaliittymät, joita on saatettu tehdä suoraan putkeen, saadaan selville viemäriinlinjan TV-kuvauksen yhteydessä.

Vesijohdon tonttijohtojen sijainnit voidaan tarkastaa kunkin kiinteistön venttiilin merkkikilvestä. Runkovesijohdosta lähtevä tonttiliittymään asennetaan sulkuventtiili, johon kiinnitetään kiinteistökohtainen vesijohto. Tämän sulkuventtiili tulee merkitä metalliselle merkkikilvella, joka kiinnitetään kiinteistön seinään tai erillisen rautatolppaan, joka pystytetään tontille. Venttiilin merkkikilvestä löytyy runkoventtiilin sijainnin lisäksi tieto venttiilin koosta. Tonttikilpien avulla on mahdollista paikantaa vesijohtojen tonttiliittymät.

Kuvassa 48 on esitettyä Terästie 12 sijaitsevan kiinteistön ulkoseinään kiinnitetty venttiilikilpi. Kilvessä näkyvät edellä mainitun kiinteistön tonttiventtiilin koko ja sijaintitiedot. Kilven tiedot ilmoittavat tonttiventtiilin olevan 40 mm ja venttiilin sijainti on kilvestä oikealle viisi metriä ja poispäin kohtisuorasti 27,5 metriä. Yleensä tonttiventtiilin valurautainen venttiilihattu on näkyvissä tien pinnassa, mutta joissain tapauk-

sisä on voinut käydä niin, että venttiilihattu on jäänyt päällysteen alle, jolloin se pitää paikantaa esimerkiksi metallinilmaisimella.



Kuva 48: Kiinteistön Terästie 12 tonttiventtiilin merkkikilpi.

Terästien kiinteistökohtaisten vesijohtojen ja tonttiliittymien kartoittamiseksi käytiin jokaisella Terästien kiinteistöllä. Tarkastamalla kiinteistöiden vesimittareiden tuloputki saataisiin kiinteistöiden tonttiliittymien materiaali selville; mikäli vesimittarille tuleva vesijohto olisi valurautainen, olisi myös tonttijohdon materiaali samoin valurautainen, ja mikäli tuloputken materiaali olisi kuparia, olisi tonttijohto samoin kuparia tai sitten uusittua muovia. Vesijohdon tonttiliittymien korkeusasemien määrittäminen voitaisiin tehdä aukikaivamalla, mikäli se katsottaisiin tarpeelliseksi. Jokaisen kiinteistön seinästä löytyi vesijohdon tonttiventtiilin merkkikilpi ja ainoastaan kiinteistöjen Terästie 2, 4 ja 8 venttiilihattua ei löydetty. Kiinteistöiden vesimittareiden tuloputkien materiaalien todettiin olevan seuraavia:

- Terästie 2, 36 mm kupari -> tonttijohto kupari / muovi
- Terästie 4, 36 mm kupari -> tonttijohto kupari / muovi
- Terästie 5, valurauta
- Terästie 6, muovi
- Terästie 7, muovi
- Terästie 8, 36 mm kupari -> tonttijohto kupari / muovi
- Terästie 9, 36 mm kupari -> tonttijohto kupari / muovi
- Terästie 10, 48 mm kupari -> tonttijohto kupari / muovi
- Terästie 11, 54 mm kupari -> tonttijohto kupari / muovi
- Terästie 12, muovi
- Terästie 13, tonttijohto Ratatien vesijohtolinjasta
- Terästie 14, valurauta

- Terästie 15, 52 mm kupari -> tonttijohto kupari / muovi
- Terästie 16, 42 mm kupari -> tonttijohto kupari / muovi
- Terästie 20, 80 mm valurauta
- Terästie 24-1, 32 mm kupari -> tonttijohto kupari / muovi
- Terästie 24-2, 32 mm kupari -> tonttijohto kupari / muovi
- Terästie 26, 58 mm kupari -> tonttijohto kupari / muovi

5.1.3 Terästien vikahistoria

Verkkotietojärjestelmä StellaNetin mukaan, vesijohtolinjalta on korjattu vuosina 2006 ja 2007 kaksi suurempaa vesijohdon vuotoa lähellä Ratatien ja Terästien risteystä. Korjaukset tehtiin aukikaivamalla. Lisäksi vuotoja alueella ovat aiheuttaneet muutammat viemäriputkien katkeamiset. Myös jätevesiputkien vuodot on korjattu perinteisesti aukikaivamalla.

Vuonna 1991 Terästien vesihuoltolinjaan liitettiin Ahjon ala-aste PVC-muovisella tonttiliittymällä. Vuonna 1991 tehdyssä työssä Terästien vesihuoltolinja kaivettiin Ahjon ala-asteen kohdalta auki asennustyön ajaksi. Tuolloin asennustyötä tehneen, ja yhä Keravan Vesihuollossa työskentelevän asentajan mukaan kaivannon syvyys oli yli neljä metriä. Kaivanto ei ollut tuettu ja maaperän hienoudesta johtuen kaivanto oli sortunut. Henkilövahingoilta kuitenkin tuolloin välttyttiin.

5.2 Saneerausvaihtoehtojen ja -tarpeen määrittäminen

Terästien eri saneerausvaihtoehtojen määrittäminen aloitettiin tutkimalla Terästästä laadittuja aikaisempia suunnitelmia ja asemapiirustuksia. Vanhoista piirustuksista ja suunnitelmista olisi mahdollista saada tarpeellista tietoa, joka mahdollisesti auttaisi saneeraustapaa valittaessa. Tarpeellista tietoa olisi muun muassa tieto siitä, onko Terästien rakennekerrosten paksuus riittävä katuluokalle 3. Terästästä löytyi Keravan Kaupunkitekniikan Liikennejärjestelmän arkistosta vuonna 1989 tehty katusuunnitelma, joka koski Terästien leventämistä. Katusuunnitelmaan sisältyivät katualueen asemakaava mittakaavassa 1:500, pituusleikkaus mittakaavassa 1:50/1:500 sekä poikkileikkaus kadusta mittakaavassa 1:100. Arkistosta löytyi myös Ahjontien vesihuolto- ja katusuunnitelma. Ahjontien suunnitelmista saatiin selville uusitun vesihuoltolinjan putkimateriaalit, koot sekä korkeusasemat. Arkistoista löytyi myös vuonna 1957 Ahjon alueella tehtyjen maaperätutkimuksien tulokset, joista saataisiin tarkempaa tietoa Terästien alueen maaperän laadusta ja mahdollisista maakerroksista.

Saneerausvaihtoehtojen määrittämiseksi tutkittiin myös Terästien vesihuoltolinjan kunto jätevesiviemärin osalta.

Koska Terästien vesihuoltolinjan saneerauksesta ei ole suunnitelmia eikä ajantasaista asemapiirrosta ole laadittu, Terästien vesihuollon saneerausmenetelmän

määrittämistyön helpottamiseksi laadittiin Terästiestä uusi asemapiirros, jossa oli merkittynä saneerattava vesijohto ja jätevesiviemärit laitteineen ja osineen. Asemapiirros laadittiin käyttämällä AutoCAD 2009 Map -ohjelmaa. Saneerattava vesihuoltolinja paalutettiin paaluvälillä 0-540 siten, että paalu 0 sijaitsi Terästien alkupäässä Ketjutien risteyksessä ja paalu 540 vesihuoltolinjan lopussa, melkein Sipoon kunnan rajalla. Jätevesiviemärien kaivoille annettiin tunnisteet numeroimalla ne välillä 100 - 111; kaivonumero 100 oli paalulla 0 sijaitseva jätevesikaivo ja kaivo 111 oli paalun 520 linjassa. Kaivojen numerointi ja vesihuoltolinjan paalutus helpottaisi saneerauksen suunnittelu- ja tutkimustyötä. Asemapiirros on esitetty liitteessä 1.

5.2.1 Vanhat katusuunnitelmat ja maaperätutkimukset

Vanhat katusuunnitelmat koskivat Terästien ajoradan leventämistä ja kevyenliikenteen väylän lisäämistä kadun viereen. Katusuunnitelmissa oli esitettyä Terästien pituusleikkaus Moukaritien ja Terästien risteyksestä Ratatien risteykseen sekä katualueen asemakaava. Pituusleikkauksessa oli esitettyä Terästien tasausviiva sekä vesijohdon ja jätevesiviemärien korkeusasemat. Katusuunnitelmista selvisi, että Terästien ja Moukaritien risteyksessä jätevesiviemäri sijaitsee 4,6 metrissä ja vesijohto sijaitsee 4,1 metrissä. Jätevesiviemäri ja vesijohto nousevat 0,4 % kallistuksella siten, että Ratatien risteyksessä korkeusasemat ovat 3,2 metriä ja 2,7 metriä. Ratatien länsipuolelle jäävien putkien korkeusasemia ei katusuunnitelmissa ollut esitetty. Katusuunnitelmassa olevassa poikkileikkauksessa saatiin selville Terästien ajoradan ja kevyenliikenteenväylän rakennekerroksien paksuudet. Rakennekerroksien paksuus ajoradalla oli 800 mm päällystettynä 50 mm paksu asfalttikonkretilla (Ab 16/125) ja kevyenliikenteenväylällä 600 mm ja päällystettynä 35 mm asfalttikonkretilla (Ab 12/90).

Ahjon alueella suoritettujen maaperätutkimusten oli tehty painokairalla ja kairaukset oli lopetettu kantavaan kerrokseen. Kairauksista oli tehty maakerrosleikkaukset, joissa oli tulkittuna kairatun alueen maakerrokset. Kairauksien mukaan Terästien maaperä maaperätutkimuksista selvisi, että Terästie sijaitsee alueella, jonka maaperä on savea, mitä ilmeisimmin sitkeää savea. Maakerroksen paksuus vaihteli Terästien kohdalla 8...9 metriin ja oli painokairan kuvaajan mukaan kantavuudeltaan heikkoa. Savikerroksen päällä oli kairauksissa havaittu noin metrin vahvuinen kantavampi hiesukerrostuma. Terästien vanhat maaperätulkinnat ovat liitteessä 3.

Seuraavaksi suoritettiin Terästien maastontarkastelu. Ensimmäisenä havaittiin, että Terästien ajoradan päällyste oli paikoitellen tyydyttävässä kunnossa eikä havaittavissa ollut suuria halkeamia tai routanousun aiheuttamia päällysteen epätasaisuuksia. Joitakin painumia ja routavaurioita oli havaittavissa niissä osissa tietä, joissa oli suoritettu vesihuoltolinjan vuotokohtien korjaus aukikaivamalla. Näissä kohden päällysteen paikkaus oli painunut useamman millimetrin. Ajoradan viereinen kevyenlii-

kenteenväylä puolestaan oli kärsinyt huomattavasti enemmän routanousun aiheuttamista vaurioista; raitin päällysteessä oli useita poikittais- ja pitkittäishalkeamia sekä korkeusvaihteluita. Kevyenliikenteenväylän päällysteen syntyneet vauriot selittyvät osaltaan sillä, ettei rakennekerroksia kevyenliikenteenväylällä ole riittävästi.

Rakennekerroksien paksuuden riittävyys määritettiin kantavuusvaatimusten mukaan. Katujen alusrakenteiden kantavuusluokitustaulukon (kuva 49) mukaan Terästien pohjamaan luokaksi saatiin E. Tämä luokitus siksi, että maaperässä oleva sitkeä savi on penkereessä kuiva.

Maaleji	Tarkennus	Lyhenne	Luokka	Kantavuus
Kallio	kallio louhe ¹ murske ¹	Ka Lo M	A	A = 300 MN/m ²
Kivet ¹		Ki	A	B = 200 MN/m ² (150...280)
Sora		Sr	B	C = 100 MN/m ² (70...150)
Sora- moreeni	routimaton ² routiva ²	rton SrMr	C E (F) ⁴	D = 50 MN/m ² (35...70)
Hiekka	routimaton karkea " keskik. " hienc routiva keskik. " hienc	rton kaHk rton keHk rton hHk keHk hHk	C D D (E) ⁴ E E (F) ⁴	E = 20 MN/m ² (15...35)
Hiekka- moreeni	routimaton ² routiva ²	rton HkMr HkMr	D (E) ⁴ E (F) ⁴	F = 10 MN/m ² (5...15)
Siltti		Si	F (G ⁵ , E ⁵)	G = 5 MN/m ²
Siltti- moreeni		SiMr		
Savi	kuivakuori (h / 1 m) sitkeä (Su / 25 kN / m ²) ³ pehmeä (Su < 25 kN / m ²) ³	kuivak. Sa Sa Sa	E F (E) ² G	
Lieju		Lj	G	
Turve		Tv		

Kuva 49: Katujen alusrakenteiden kantavuusluokitustaulukko. [28, s. 203.]

Seuraavaksi tarkasteltiin Terästielle määritetyn katuluokan 3 mukainen päällysrakenteen kantavuusvaatimukset. Päällysrakenteiden kokonaispaksuuden määrittä pohjamaan kantavuusluokka (E). Tälle kantavuusluokalle saatiin katuluokan 3 päällysrakenteen normaalipaksuudeksi 810 mm. Mitoitus esitettynä taulukossa 4.

Taulukko 4: Normaalipäällysrakenne kantavuusmitoituksen mukaan katuluokassa 3. [28, s. 205.]

Pohjamaan kantavuusluokka	A	B	C	D	E	F	G
AE 0,04	AB 0,04	AB 0,04	AB 0,04	AB 0,04	AB 0,04	AB 0,04	AB 0,04
AE 0,05	AB 0,05	AR 0,12	AR 0,12	AR 0,12	AB 0,12	AR 0,12	
Kantava kerros 0,15	Kantava kerros 0,15	Kantava kerros 0,15	Kantava kerros 0,15	Kantava kerros 0,15	Kantava kerros 0,15	Kantava kerros 0,15	Kantava kerros 0,15
			Tuki- kerros 0,30	Tuki- kerros 0,50	Tuki- kerros 0,75	Tuki- kerros 0,95	
Kokonais- paksuus	0,24	0,24	0,31	0,61	0,81	1,06	1,26

Huomioon ottaen Terästien ajoradan rakennekerrospaksuuden vanhojen suunnitelmien mukaan, ei rakennekerrosten vaihtamista katsota vesihuollon saneerauksen yhteydessä tarpeelliseksi. Rakennekerrosten vahvuuden tarkastamiseksi tehdään ennen lopullista päätöstä uudet ja tarkemmat maaperämittaukset. Näiden tuloksien valossa määritetään rakennekerrosten vaihtamisen tarpeellisuus uudemman kerran.

5.2.2 *Terästien jätevesiviemärin kuntokartoitus*

Vuosien 2004 ja 2005 aikana Keravalla tehdyssä laajamittaisessa vesihuoltoverkon kartoituksen ohessa tehtiin suurimmalle osalle Keravan runkojätevesiviemäriä huuhtelu ja TV-kuvaus. Terästien jätevesiviemäriin ei kuitenkaan kuulunut TV-kuvattavien viemäreiden joukkoon. Tästä johtuen saneeraustavan määrittämiseksi Terästien jätevesiviemäriin päätettiin tehdä huuhtelu ja TV-kuvaus, jotta putken kunto pystyttäisiin määrittämään ja sen saneerausmenetelmää suunnittelemaan. Lähtökohtana oli kuitenkin se, että Terästien jätevesiviemäri saneerattaisiin jostain No Dig -menetelmää käyttäen. Viemäriin vaihtaminen kaivamalla tulisi kustannuksiltaan tuntuvasti kalliimmaksi kuin mitä esimerkiksi viemärin saneeraaminen muotoputkisuutuksella.

Jätevesiviemärin TV-kuvauksen tulokset

Terästien jätevesiviemäri huuhdeltiin ja kuvattiin viemärin kunnan määrittämiseksi. Työn suoritti Lassila & Tikanojan Jätevesipalveluiden yksikkö, jolla on voimassa oleva puitesopimus Keravan Kaupunkitekniikan Vesihuollon kanssa. Puitesopimukseen kuuluu mm. viemäreiden TV-kuvaus. Viemäreiden TV-kuvauksen suorittamiseksi huuhtelu- ja TV-kuvausryhmä sai kopion Terästien asemapiirustuksesta, johon oli merkitty saneerattava viemäriin numeroituine kaivoineen. Viemäriin huuhdeltiin ennen kuvauksen aloittamista. Huuhtelu ja kuvaus tehtiin kaivon väli kerrallaan ja työ aloitettiin kaivolta 111, joka on vesihuoltolinjan itäpäässä sijaitseva ensimmäinen kaivo. Toimenpiteet tehtiin myötävirtaan. Tuloksista saatiin kirjallinen raportti jätevesiviemäriin havaituista vioista ja virheistä. Seuraavassa on kerrottu tiivistetysti TV-kuvauksen tuloksista.

Viemäriin TV-kuvauksessa havaitut virhetyypit oli luokiteltu standardin SFS-EN 13508-2: "Rakennusten ulkopuolisten jätevesijärjestelmien kunto" mukaisesti. Viemäriin oleva häiriö on numeroitu vakavuusasteikolla 0-4, josta numero 4 on vakavin havaittu virhetyyppi vaatien välitöntä korjaustoimenpidettä. Numeroinnin lisäksi kullekin numerolle on annettu oma värinsä havainnollistamaan raportissa havaittua virhettä. Virhetyyppitaulukko on esitetty liitteessä 4.

Viemärit kaivolta 111 aina kaivolle 109 asti olivat verrattain hyväkuntoisia eikä poikkeamia juurikaan ollut pientä painumaa lukuun ottamatta; myös viemäriin täyttöprosentti ilmaisi kaivojen 111 - 109 välisellä osuudella, että virtaama viemäreissä ei ollut riittävää. Viemäreiden täyttöprosentit vaihtelivat kaivojen 111 ja 108 välillä 0 - 30 % välillä. Kaivon 109 jälkeisellä viemäriosuudella havaittiin ensimmäinen vuoto, joka esitettyä kuvassa 50.



Kuva 50: Vuoto viemäriputkien liitoksessa.

Viemäri kaivolta 109 aina kaivolle 100 oli selvästi huonommassa kunnossa kuin alkuosa kuvatusista viemäristä. Painumat olivat selvästi suurempia sekä täyttöprosentti vaihteli välillä 30 - 70 %. Lisäksi TV-kuvauksessa keskeytyi kahdesti putkessa olevan kiinteän ja kovan aineksen takia, joka ei irronnut huuhtelusta huolimatta. Vakavuusasteikon 4 virhetyyppi havaittiin kaivovälillä 107 - 106, josta kuva 51. Kyseessä oli usean putken mittainen pituushalkeama.



Kuva 51: Pituushalkeama putkessa.

Kaivolta 106 kaivolle 100 viemäriin kunto heikkeni huomattavasti aiemmasta ja virhevaihtojen määrä oli suuri. Putkissa oli vakavia painumia sekä täyttöprosentti oli suuri. Myös juuria oli tunkeutunut putkeen. Kuvissa 52 ja 53 on esitettyä Terästien jätevesiviemäriin kaivovälillä 102 - 101 sekä 101 - 100 havaittuja vakavuusasteiltaan 4 olevia virheitä. Kuvassa 54 näkyy hyvin putken painumisesta aiheutuva korkeusero sekä putken laidoilla näkyvä raja siitä, missä tasossa vesi on seissyt jo usean vuoden.



Kuva 52: Putken painumaa kaivoväliltä 102 - 101.

Kuvassa 53 näkyy putken tunkeutunut juurimatto.



Kuva 53: Juuria viemäriputkessa.

Kaivot jätevesiviemäriinjalla olivat ikäänsä nähden hyvässä kunnossa eikä niille ole välttämätöntä tehdä mitään toimenpiteitä. Ainoastaan kaivojen pohjat tulisi tarvittaessa saneerata. Mahdollisista kaivoille tehtävistä saneerausmenetelmistä olisi mahdollista päättää myöhemmässäkin vaiheessa. Huomioitavaa on se, että kaivojen kuntoa kartoitettiin kesäkuun 2010 lopulla, jolloin yhtäjaksoinen kuiva ja helteinen säätyyppi oli jatkunut jo useamman viikon. Kuivasta säätyypistä johtuen ei kaivojen renkaiden tiiveydestä voitu olla täysin varmoja vähäisten sade- ja valumavesien vuoksi. Uusi tarkastelu olisi paikallaan myöhemmin, lähempänä syksyä, jolloin säätyyppi muuttuisi mitä todennäköisimmin sateisemmaksi. Huuhtelussa ja TV-kuvauksessa ei havaittu sortumia putkessa eikä myöskään sinne kuulumattomia liit-

tyimiä. Viemäriinjan huuhtelusta ja TV-kuvauksesta on liitteessä 5 esitettyä poiminta raportista kaivoväliltä 101 - 100.

5.2.3 Maaperätutkimukset

Saneerausmenetelmän määrittämiseksi päätettiin tehdä tarkemmat maaperätutkimukset Terästiestä, joiden avulla pyrittäisiin selvittämään maaperän lisäksi tien rakennekerroksien paksuus. Maaperä ja tien rakennekerrokset pystyttäisiin selvittämään Terästiestä otettujen maanäytteiden avulla. Tien rakennekerroksien selvittäminen antaisi tiedon siitä, ovatko tien kerrospaksuudet riittävät Terästien katuluokan vaatimalle laskennalliselle määrälle.

Maaperän rakennekerroksia tutkitaan yleensä eri kairausmenetelmiä apuna käyttäen. Yleisimpiä kairausmenetelmiä ovat mm. paino-, siipi-, puristin- ja heijarikairaus. Maaperätutkimuksen toteuttamistavan valitsemiseksi selvitettiin maaperätutkimuksia suorittavien yritysten internet-sivuilta löytyviä referenssejä, joiden joukosta etsittiin yritysten tekemiä vastaavanlaisia maaperätutkimuksia. Yrityksiä löytyi useita. Tarjouspyyntö Terästien maaperätutkimuksista lähetettiin seitsemälle yritykselle sähköpostitse. Tarjouspyyntö lähetettiin Uudenmaanpohjatutkimus Oy:lle, Geounionille, Tuusulan Maaperätutkimus Oy:lle, Geo-Juva Oy:lle, Geotek Oy:lle, Insinööritoimisto Pohjatekniikka Oy:lle sekä Suomen Malmi Oy:lle. Yritykset valittiin referenssien perusteella. Lisäksi tarjouspyyntö lähetettiin maatumkaluotauksella maaperätutkimuksia tekeväälle Geo-Work Oy:lle. Maaperän selvittäminen maatumkalla päätettiin ottaa mukaan tarjouskilpailuun kustannusten ja tulosten vertailumielessä. Tarjouskilpailussa selvisi, että maatumkaluotaus oli 2,5 kertaa edullisempi kuin yksikään maaperänkairaustarjouksista. Maatumkaluotaus päätettiin toteuttaa kairaamalla toteutettavan maaperätutkimuksen lisäksi. Syynä tähän oli se, että mikäli luotaamalla olisi mahdollista saada vähintäänkin yhtä pitävät tiedot maakerroksista kuin kairaamalla saatavalla menetelmällä, olisi vastaisuudessa mahdollista käyttää kustannuksiltaan edullisempaa maatumkaluotausta maakerrosten selvittämiseksi vastaavanlaisissa Keravan Kaupunkitekniikan työkohteissa. Maatumkaluotauksesta lisää luvussa 5.2.3.1 "*Maatumkaluotaus*".

Tarjouskilpailun perusteella Terästien maaperätutkimuksien toteuttajaksi valittiin Insinööritoimisto Pohjatekniikka Oy. Maaperän näytteiden otto tehtäisiin painokairauksella. Painokairauksesta lisää luvussa 5.2.3.2 "*Painokairaus*". Maaperätutkimuksien toteuttamistavaksi suunniteltu painokairaus tehtäisiin enintään 10 kairauspisteestä ja kairaukset ulotettaisiin kantavaan kerrokseen asti. Kairauspisteille määritettiin x-, y- ja z-koordinaatit Keravan koordinaatistosta ja pisteet merkittiin karttapohjalle sekä maastoon. Määritettyjen pisteiden koordinaatit toimitettiin asemapiirustuksen lisäksi Insinööritoimisto Pohjatekniikka Oy:lle. Alustavaan kairaus suunnitelmaan oli merkitty yhdeksän (9) kairauspistettä, mutta lopulta Insinööritoimisto Pohjatekniikka Oy:n

kanssa käytyjen neuvottelujen tuloksena päädyttiin siihen, että Terästien maaperän määrittämiseksi riitti seitsemän (7) kairauspistettä. Terästien kairaus suunnitelma liitteessä 6.

Ennen kairaus suunnitelman tekemistä tehtiin Terästielle sähkö- ja puhelinkaapelien peilaus. Peilaus tilattiin Suomen Johtotieto Oy:n kautta. Terästieltä paikannettiin peilaamalla kaapelitukilla katurakenteissa kulkevien maakaapeleiden sijainnit. Peilauksella varmistettiin, ettei suunnitelmaan määritettyjen kairauspisteiden kohdalla sijaitse puhelin- tai sähkökaapeleita. Lisäksi maanalaisten kaapeleiden peilaus on hyödyksi saneerausmenetelmää suunniteltaessa.

Kaapelipeilaus on maarakennuksessa yleisesti käytössä oleva toimenpide, joka tulisi suorittaa hyvissä ajoin ennen kaivutöiden aloittamista. Maakaapeleiden peilaus ennen työn aloittamista ennalta ehkäisee mahdollisia kaivamisessa syntyviä vahinkotapauksia ja peilaamattomien kaapeleiden katkeamisista aiheutuvia työn viivästyksiä.

5.2.3.1 Maatutkaluotaus

Maatutkaluotaus on kustannustehokas tapa tehdä maaperätutkimuksia. Maatutkaluotauksen lisäksi tarvitsee tulosten tarkkuuden tukemiseksi tehdä myös referenssikairauksia, joita otetaan 2 - 3 metrin välein. Luotauksen avulla pystytään luomaan kohteesta kattava yhtenäinen yleiskuva, jonka merkitys korostuu ennen kaikkea vesihuoltolinja- tai liikenneväyläprojekteissa. Oleellista maatutkaluotauksen hyödyntämisessä on, että ymmärretään, mitä tulokselta halutaan; halutaanko esimerkiksi maksimaalista syvyyssulottuvuutta vai tarkkaa erottelukykyä.

Maatutka on kaikuluotain, jonka avulla voidaan määrittää erilaisten maakerrosten rajapinnat ja paksuudet. Maatutkaa on käytetty Suomessa 1980-luvulta lähtien tutkimuksissa. Nykyään sitä käytetään myös tien päällysteiden ja siltojen kansien laadunvalvontamittauksissa. Ennen tutkalaitteiston koon takia tutkaus täytyi suorittaa kulkuneuvon kiinnitettävällä laitteella. Kehityksen myötä tänä päivänä tutkaus yleensä tehdään kävellen, jolloin kulkeminen helpottuu hankalassa maastossa eikä mittauksesta jää käytännössä mitään jälkiä.

Maatutka koostuu useista komponenteista, joista tärkeimpiä ovat antenniyksikkö ja maatutkan näytteenotin, joka on antenniyksikön lähettämän tiedon keruulaitteisto. Maatutka lähettää antenniyksikkönsä avulla lyhyitä sähkömagneettisia pulsseja mitattavaan kohteeseen. Nämä sähkömagneettiset pulssit etenevät kohteen väliaineessa noin valon nopeudella (300 km/s), ja aina väliaineen sähköisesti muuttuvasta rajapinnasta osa lähetetystä aaltoenergiasta palautuu takaisin. Tämän takaisin palautuneen aaltoenergian voimakkuus ja edestakaiseen matkaan kulunut aika rekisteröidään tutkalaitteiston avulla. Aaltoenergian voimakkuus mitataan amplitudeilla

ja sähkömagneettisen pulssin matkaan kuluttamaa aikaa nanosekunneissa (0,000000001 sekuntia).

Maatutkaluotaus voidaan tehdä joko ajoneuvoon kiinnitettyllä tai kävellen perässä vedettävällä mittauslaitteella. Prosessin suoritus liikkeessä mahdollistaa sen, että maata vasten vedetyn tai auton keulassa työnnetyn antennin lähetyspintaa koh-tisuorassa vasten olevasta maasta saadaan maatutkan tallentamiin tietoihin perus-tuva pituusleikkauskuva. Pituusleikkaukselle voidaan määrittää kuinka monta mittau-usta tulostetaan yhdelle metrille. Myös rajapintojen voimakkuus ja syvyys on havait-tavissa tulostuneelta maatutkaprofiililta. [29.]

Maatutkaluotaus sidotaan aina maastoon x-, y- ja z-koordinaattien avulla ja luotauk-sesta saadut tiedot ovat paperitulosteina, kuvatiedostoina sekä datatiedostoina. Li-säksi saaduista tuloksista tehdään myös kirjallinen raportti. [30, s. 31 - 34.]

5.2.3.2 *Painokairaus*

Painokairaus on Suomessa ollut pitkään tavallisin peruskairausmenetelmä ja sitä on käytetty myös kovan maan leikkaustutkimuksissa, vaikka se paremmin soveltuu maakerrosrajojen määrittämiseen pehmeiköillä. Painokairaamalla voidaan selvittää kantavan kerroksen sijainti, tiiviydeltään erilaisten maakerrosten rajat, maakerrosten tiiviyys likimäärin ja karkea arvio maalajeista. Kalliopinnan sijaintia ei voida luotetta-vasti selvittää painokairauksella, koska painokairalla ei yleensä päästä kallion ylä-puolella usein olevan tiiviin ja kivisen moreenikerroksen läpi. Kalliopinnan varmistaminen voidaan suorittaa vain porakonekairauksella.

Painokairaukset suoritetaan moottorikäyttöisillä monitoimikairoilla tai käsikairauslait-teistolla. Painokairauksesta pidetään pöytäkirjaa tai tulokset rekisteröidään auto-maattisesti tiedonkeruulaitteistoon. Painokairauksessa mitataan yleensä kairatangon puolikierrosten lukumäärää 0,2 metrin välein. Pehmeässä savessa mitataan kaira-tangon painumista 15, 25, 50, 75 ja 100 kilon kuormalla ja vapaapainumaosuuksien paksuuksia em. kuormituksilla. Tiiviissä maakerroksessa kairatankoa joudutaan lyömään, jos se ei tunkeudu syvemmälle pyörittämällä. Käytettävästä kalustosta riippuen tangon lyönti voidaan suorittaa joko käsin kumivasaralla tai hydraulisella is-kuvasaralla. Lyönnin suoritustapa vaikuttaa tangon tunkeutumissyvyyteen. [31, s. 15 - 22.]

5.2.3.3 Maaperätutkimukset

Terästien maaperätutkimukset tehtiin painokairaamalla. Lisäksi maakaapeleiden ja Terästien alla kulkevien putkien korkeusasemien määrittämisen helpottamiseksi päätettiin Terästien rakennekerrokset myös luodata maatulokilla.

Painokairaus ja tulokset

Painokairaukset toteutti Insinööritoimisto Pohjatekniikka Oy. Painokairauksien suorittaminen kesti 11 tuntia esivalmisteluineen, joihin kuului väliaikaiset liikennejärjestelyt Terästielle, varusteiden kuljetus kohteeseen sekä varusteiden huoltotoimenpiteet työn aikana. Painokairaukset tehtiin noin viikkoa ennen maatulokaluotausta. Painokairaukset suoritti mittausryhmä, jolla oli käytössään painokairaukseen käytettävä maakairayksikkö (kuva 54). Kairaukset suoritettiin ilman häiriöitä. Maaperänäytteet otettiin kaikkiaan seitsemästä pisteestä. Kairaussyvyydet olivat 4...15 metrin välillä ja kairaukset lopetettiin pisteissä aina läpäisemättömään kerrokseen.



Kuva 54: Kairausta Terästiellä kairauspisteessä 5.

Kairauksista saatujen tulosten perusteella voitiin todeta Terästien rakennekerrosten olevan yli katuluokan 3 vaatiman metrin verran. Rakennekerrosten alapuolella oli kuivakuori savikerros. Kuivakuorisaven kerrospaksuudet vaihtelivat puolestatoista (1,5) metristä kolmeen (3) metriin. Kuivakuorisavikerroksen alla oleva löyhemmän silttisen savikerroksen kerrospaksuus vaihteli kairauspisteiden diagrammien perusteella kolmesta metristä seitsemään metriin. Tienrakennekerrosten ja kuivakuorisaven paksummat kerrokset oli mitattu Ratatien itäpuolelle jäävältä osuudelta ja ohuemmat kerrokset oli mitattu Ketjutien ja Ratatien väliin jäävältä osuudelta. Ketjutien ja Ratatien välisellä osuudella kantavampien kerrosten paksuudet vaihtelivat 2...3 metrin välillä. Terästien loppuosalta tienrakennekerrosten ja kuivakuorisaven yhteenlaskettu kerrospaksuus oli 4...8 metriä. Saneerausvaihtoehdon määrittämisessä olisi tarpeellista huomioida, että Terästien vesihuoltoverkostosta kaiken syvimällä oleva verkosto-osa on kairaus tulosten mukaan kohdassa, jossa tienrakennekerrosten ja kuivakuorisaven yhteenlaskettu paksuus on 2...3 metriä. Tämä merkit-

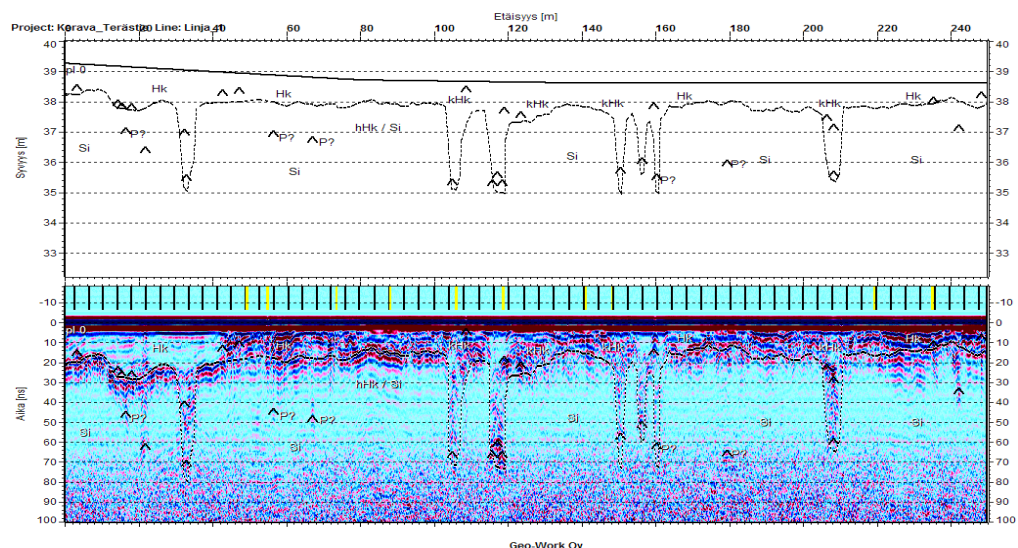
see sitä, että kaivettaessa vanhan vesihuoltolinjan syvyyteen, maaperä on hyvinkin löyhää. Kairauksista on esitettyä kuvaus paaluväliltä 0 - 360 liitteessä 6.

Maatutkaluotaus ja tulokset

Maatutkaluotaus tehtiin päivässä ja sen suoritti yksi mittamies, jolla oli käytössään perässä vedettävä mittausyksikkö. Maaperän luotaus kesti kaiken kaikkiaan kolme tuntia kaikkine esivalmisteluineen. Mittaajalla oli käytössään maatutka, jolla pystyttiin luotaamaan maakerrokset aina viiteen metriin asti. Maatutkaluotauksesta saadut tulokset eivät poikenneet merkittävästi kairauksista saaduista tuloksista.

Maatutkaluotauksen tulosten mukaan Terästien rakennekerroksien paksuus vaihtelee pääosin n. 700 - 900 mm:n välillä. Rakennekerrokset tulkittiin pääosin hiekkaisiksi, mutta tulkintojen mukaan pintarakenteita olisi paikoin korotettu ohuilla kerroksilla päällystämisen tai putki- ja kaapelikaivantojen tekemisen yhteydessä. Kadun putki- ja kaapelikaivannot ovat maatutkaluotauksen mukaan syviä ja niissä käytetyt täyttömassat ovat rakennekerrosmassoja karkeampia, eli mursketta tai soraa. Tiiviiltä näyttävien rakennekerrosten ja pohjamaan rajapinta tulkittiin olevan paaluväleillä 70 - 90, 390 - 450 ja 520 - 540. Niillä kohdin routimisvaara on muita osuuksia suurempi. Myös päällysteen alla olevat tiiviit hienoaineskerrokset saattavat aiheuttaa pinnan routimista.

Kuvassa 55 on esitettyä osa luotaustulosteesta. Täydellinen luotaustuloste on liitteessä 7.



Kuva 55: Tuloste Terästien maatutkaluotauksesta plv. 0 - 240.

Maatutkaluotauksesta saadut tiedot otettaisiin huomioon valittaessa mahdollista saneerausvaihtoehtoa. Maatutkaluotauksesta saadut tiedot maakaapelien ja putkien

korkeusasemista helpottaisivat esimerkiksi suuntaporauksella toteutettava uuden vesijohdon turvallista asennussyvyyttä määritettäessä.

5.2.4 *Terästien vesihuollon saneeraustarpeen määrittäminen*

Terästien vesijohdon ja jätevesiviemäreiden laskennallinen 50 vuoden käyttöikä on täytynyt ja tehtyjen tutkimusten mukaan molemmat linjat ovat pikaisen saneerauksen tarpeessa. Jätevesiviemärin TV-kuvauksen raportista saaduista tiedoista voitiin todeta jätevesiviemärin olevan huonokuntoinen. Terästien kiinteistöjen omistajille tehdyistä haastatteluista ilmeni, että useammassa kiinteistössä käyttöveden laatu on ollut huonoa; aamuisin juoksettu käyttövesi on ollut rusehtavaa.

Lisäksi Terästien ja Ratatien risteuksen itäpuolelle jäävältä 180 metrin pituiselta osalta katua puuttuu kokonaan hulevesiviemäröinti; kiinteistöt kadun tältä osalta ovat sekaviemäröinnissä. Hulevesiviemäröinnin yhteydessä on suositeltavaa toteuttaa Terästien itäpään kadun rakennekerrosten vaihto. Hulevesiviemäröinti Terästien muilta osilta on rakennettu vuonna 1991, joten se ei ole saneerauksen tarpeessa tässä vaiheessa.

5.2.5 *Saneerausmenetelmän valintaan vaikuttavat tekijät*

Jätevesiviemärin ja vesijohdon saneerausmenetelmän valitsemiseksi tutkittiin esitutkimuksissa saavutettuja tuloksia. Saneerausmenetelmän valintaan vaikuttavat tekijät eroteltiin luvun 3.2 mukaan.

Tekniset tekijät

Jätevesiviemärissä ei viemärin TV-kuvauksessa havaittu sortumia, mutta joitain halkeamia ja painumia putkissa oli havaittavissa. Halkeamat olivat pituussuuntaisia ja painumia oli putkien liitoskohdissa, joihin oli putken painumasta syntynyt muutaman senttimetrin suuruinen pykälä. Saneerattavaan kohteeseen on rakennettu jo hulevesiviemäröinti Ketjutien ja Ratatien väliselle osuudelle, joten kaivamattomin menetelmin toteutettava saneeraus jätevesiviemärin kadun tältä osalta olisi mahdollista. Loppuosa Terästietä on edelleen sekaviemäröinnissä, joten tältä osuudelta jätevesiviemärin ja vesijohdon saneeraaminen olisi kannattavinta toteuttaa aukikaivamalla. Samalla vaihdettaisiin kadun rakennekerrokset.

Vesijohtoa saneerattavassa kohteessa on jouduttu korjaamaan aukikaivamalla vuosien 2001 - 2008 joitakin kertoja vesijohdon rikkoontumisen vuoksi. Vesijohdon laskennallinen 50 vuoden käyttöikä on täytynyt ja Terästien vesijohdo onkin luokiteltu Keravan saneerattavien vesihuolto-osien saneerausjärjestyksessä ryhmään A (katso: luku 4.6) eli verkosto-osien joiden saneeraaminen on tärkeysjärjestyksessään ensimmäisenä.

Taloudelliset tekijät, haitat ympäristölle sekä työllisyysnäkökohta

Terästiellä Ketjutien ja Ratatien välisellä osuudella on siirrytty jo vuonna 1991 seka-
viemäröinnistä erillisviemäröintiin hulevesiviemärin rakentamisen yhteydessä. Hule-
vesiviemäri on hyväkuntoinen eikä vaadi saneeraustoimenpiteitä. Maaperätutkimuk-
sista saatujen tulosten mukaan Terästien samaisella osuudella kadun rakenneker-
rokset ovat riittävät ja tien yleiskunnon parantamiseksi riittää päällysteen vaihto, joka
on jo verrattain vanha ja urautunut. Ketjutien ja Ratatien välisellä osuudella ei ole
siis tarvetta aukikaivamiselle, joten vesijohdon ja jätevesiviemärin saneeraaminen
kaivamattomilla menetelmillä olisi perusteltavaa.

Ketjutien ja Ratatien välisellä osuudella aukikavamalla toteutettava vesihuollon sa-
neeraus vaatisi syvien kaivantojen tekemistä ja samalla rakennekerrosten vaihtamis-
ta. Nämä nostaisivat saneeraustyön kustannuksia tuntuvasti ja mittavista maa-
kaivuista aiheutuisi Terästien liikenteelle sekä Ahjon ala-asteelle huomattavan suur-
ta haittaa. Aukikaivamalla toteutettava saneeraus kestäisi kauemmin kuin kaivamat-
tomien menetelmin toteutettava saneeraus.

Kaivamattomien menetelmin toteutettavan saneerauksen lopputulos pystytään mää-
rittämään lähes yhtä tarkasti kuin aukikaivamalla toteutettava saneeraus. Esimerkik-
si muotoputkisujutuksella toteutettava viemärin putkimateriaali pystytään määrittä-
mään tapauskohtaisesti ja käytetyn menetelmän lopputulos pystytään määrittämään
hyvinkin tarkasti.

Terästien ja Ratatien itäpuolelle jäävä kadun osuus olisi suositeltavinta toteuttaa au-
kikaivamalla, koska tältä osin katua puuttuu kokonaan hulevesiviemäröinti ja kadun
pinnassa on runsaasti halkeamia sekä routavaurioita. Tällä osuudella kaivantojen
syvyys olisi 2...2,5 metriä. Aukikaivamalla toteutettava saneeraus työllistäisi myös
Keravan Kaupunkiteknikan Liikennejärjestelmän työntekijöitä useiksi viikoiksi.

Saneerausmenetelmän valintaan yhtenä vaikuttavana tekijänä katsottiin olevan
myös Keski-Uudenmaan Hanke -sopimuksessa olevien urakoitsijoiden tarjoamat jä-
tevesiviemäreiden saneerausmenetelmien vaihtoehdot. Tarjotut vaihtoehdot määrit-
täisivät käytettävän saneerausmenetelmän jätevesiviemärin osalta. Vesijohdon sa-
neeraamiseksi kaivamattomilla menetelmillä jouduttaisiin tekemään tarjouskilpailu.
Tarjouskilpailuista saadut kustannusarviot urakalle olisivat myös saneerausmene-
telmän valintaan vaikuttava tekijä.

Saneerausvaihtoehtojen määrittäminen

Saneerausmenetelmän määrittämiseksi aukikaivamalla tehtiin kustannusarvioiden vertailu. Kustannusarviot tehtiin jokaiselle toteutusvaihtoehdolle. Eri menetelmien tarkemmat kustannusarviot ovat liitteinä.

Vaihtoehdot kaivamalla tehtävien saneerausmenetelmien osalta olivat auki kaivaminen vanhan putken syvyyteen ja vanhan betoniputken vaihtaminen uuteen PP-muoviseen putkeen tai nostamalla uuden putken korkeusasemaa kaivamalla se vanhaa putkea ylemmäs. Molempiin saneerausmenetelmiin kuuluisi automaattisesti myös rakennekerroksien vaihto vesihuoltolinjan osalta sekä päällystetyöt. Auki-kaivamalla toteutettavan saneerauksen tavoitteena on, että ajoyhteys Terästien kiinteistöille ja Ahjon ala-asteelle olisi mahdollista sekä Terästien kautta kulkeva linja-autolinja olisi toiminnassa myös saneeraustöiden ajan. Lisäksi koko saneeraustyön ajan olisi hyvä, että Ahjontieltä olisi suora ajoyhteys Ratatielle. Tämä varmistetaan pitämällä kaivannot mahdollisimman kapeina, enintään yhden ajokaistan levyisinä. Ajokaistan leveys Terästiellä on neljä (4) metriä. Kustannusarvioissa olevat kaivannot mitoitettiin tämän kriteerin mukaan. Aukikaivamalla tehtävät vesihuollon saneeraukset olisivat kustannuksiltaan kuitenkin huomattavan korkeat.

Kaivamattomin menetelmin tehtävät saneerausvaihtoehdot jätevesiviemäriin olivat Keski-Uudenmaan Hanke -sopimuksen tarjouskilpailun voittaneiden urakoitsijoiden tarjoamat pätkäsujutus ja muotoputkisujutus. Pätkäsujutuksella tehtävä saneeraus olisi näistä kahdesta edullisempi. Pätkäsujutuksella tehtävässä saneerauksessa ei ole myöskään tarve järjestää kallista ohipumppausta. Muotoputkisujutuksella tehtävä saneeraus olisi kustannuksiltaan hieman korkeampi ja se vaatisi työn ajaksi jäteveden ohipumppausta. Molemmissa selvänä etuna olisi se, ettei kaivantoja saneeraustyön aloittamiseksi tarvita vaan kumpikin sujutus pystytään toteuttamaan kaivojen kautta.

Vesijohdon saneeraamiseksi kaivamattomin menetelmin käytännöllisin vaihtoehto tutkimustulokset huomioon ottaen katsottiin olevan suuntaporaus. Terästien vesijohdon suuntaporauslaskusta lähetettiin tarjouspyynnöt urakoitsijoille, joilla on kokemusta vesijohtojen suuntaporauslaskusta. Tarjouspyyntö lähetettiin KWH Pipelle, Aarsleff Oy:lle, Lännen Alituspalvelu Oy:lle, Sujutek Oy:lle sekä Nordic Renovation Groupille.

Vesihuoltolinjan saneerauksen yhteydessä olisi käytännöllisintä, että linjan sijaintia korjattaisiin, sillä nykyisellään vesijohto ja jätevesiviemäriin kulkevat vinosti Ketjutien risteyksestä Ratatien risteykseen länteen vievän ajokaistan suuntaisesti. Ratatien itäpuolelle jäävä osuus vesihuoltolinjasta ei myöskään kulje suorassa katuun nähden. Uusi jätevesiviemäri ja vesijohto rakennettaisiin kulkemaan koko Terästien matkalla kadun pohjoisreunassa kadun suuntaisesti.

Ketjutien ja Ratatien väliselle osuudelle 1990-luvulla rakennettu hulevesiviemäri ei vaadi saneerausta, mutta Ratatien itäpuoliselta noin 180 metrin osuudelta hulevesiviemäröinti puuttuu sekä kadulta että kiinteistöiltä. Tästä johtuen Terästien vesijohdon ja jätevesiviemäriin saneeraus paaluväliltä 368 - 540 tulee toteuttaa auki-kaivamalla, koska samalla vesihuoltolinjaa pystytään täydentämään hulevesiviemäröinnillä ja koko Terästie saadaan erillisviiemäröintiin. Vesihuollon saneerauksen yhteydessä tulisi myös kadun rakennekerrokset vaihtaa. Toteutusvaihtoehdot sekä niiden vertailut ovat esitettyinä tarkemmin luvussa 5.4 *Saneerausvaihtoehtojen vertailu*.

Hulevesiviemäriin mitoituksesta on kerrottu enemmän luvussa 5.3 *Terästien vesihuoltolinjan hydraulikka*.

5.3 Terästien vesihuoltolinjan hydraulikka

Terästien vesihuoltolinjan virtausolosuhteiden tarkastelu katsottiin olevan myös tärkeä osa saneerausmenetelmän määrittästä. Virtausolosuhteiden tarkastelussa laskettiin Terästien kautta kulkevat jätevesimäärät. Vesijohtojen mitoitusta ei katsottu tarpeelliseksi, koska nykyinen putkikoko tulee joka tapauksessa kasvattamaan 150 mm:stä 160 mm:iin putkimateriaalin vaihdon myötä.

5.3.1 *Hulevesiviemäriin mitoitus Terästien itäpäähän*

Terästien itäpään katoilta tulevat sade- ja sulamisvedet sekä kiinteistöjen salaojavedet on johdettu tähän mennessä Terästien jätevesiviemäriin.

Terästien itäpäähän tulevan hulevesiviemäriin mitoitukseen ei ollut saatavilla ajantasaista suunnitteluohjetta, koska hulevesiviemäreiden mitoituksen ohjeistus on parhaillaan kehitystyön alla [34, s. 45]. Ajantasaisen suunnitteluohjeen puuttuessa mitoitetaan Terästien itäpään hulevesiviemäri alueellisen mitoitussateen mukaan, noudattaen aikaisemmin julkaistuja suunnitteluohjeita. Mitoitussateella tarkoitetaan sitä suurinta vesimäärää, jonka välittömäksi poisjohtamiseksi viemäri mitoitetaan. Mitoitussadetta ei siis yleensä valita sellaiseksi, että kaikkein rankimpien sateiden vedet mahtuisivat viemäreihin, vaan näiden suurimpien sateiden aikana sallitaan viemäreiden tulviminen ja lyhytaikainen lammikoituminen alaviin kohtiin.

Mitoitussadetta määritettäessä huomioidaan sateen kovuus, kesto ja toistuvuus. Mitoitussateen suuruuteen vaikuttavat lisäksi viemäritävä alue sekä alueella olemassa olevat rakenteet. Mitoitussateen keston vaikuttaa valuma-alueen koko, ja suurin virtaama yleensä saavutetaan silloin, kun rankkasateen kesto valitaan mitoituskohdan yläpuolisen alueen suurimman virtausajan mukaan. Pienellä paikkakunnalla ja maaseudulla käytettävä mitoitussateen toistuvuus on huomattavasti pienempi kuin esimerkiksi kaupunkien keskusta-alueilla, koska tulvimisen aiheuttamat vahingot

ovat usein vähäisempiä harvaan asutuilla alueilla. Toisaalta asiaan vaikuttaa myös viemäröntijärjestelmä. Erillishulevesiviemärien tulviminen ei yleensä aiheuta vakavia häiriöitä, kun taas sekaviemäröntijärjestelmässä tulvat ovat oleellisesti haitallisempia.

Mitoitussateen kesto aika Suomessa on yleensä 10 - 15 min. Sateen toistumisajalla tarkoitetaan sellaista ajanjaksoa, jonka kuluessa määräsuuruinen sade tilastojen perusteella todennäköisesti esiintyy keskimäärin kerran. Mitoitussateen toistuvuus valitaan paikallisten olosuhteiden ja viemäröntimenetelmän perusteella. Suomessa viemärit mitoitetaan yleensä 1 - 3 vuoden väliajoin toistuvien sateiden mukaan. Esimerkiksi pääkaupunkiseudulla mitoitetaan sekajärjestelmän viemärit kerran kolmessa vuodessa toistuvan sateen mukaan. Kerran kolmessa vuodessa esiintyvän mitoitussateen keston ollessa 10 - 15 min sateen rankkuudeksi saadaan pk-seudulla arviolta 130 - 150 l/s*ha eli noin 0,8 mm/min. Suomen kuntatekniikan julkaisemien ohjeiden mukaan erillisviemärit olisi mitoitettava paikasta riippumatta kerran kahdessa vuodessa toistuvan 10 minuutin rankkasateen mukaan, ja sekaviemäröntijärjestelmässä mitoitussateena tulisi käyttää kerran kolmessa vuodessa toistuvaa rankkasadetta. Esimerkiksi erillisviemäröinnin tapauksessa tämä tarkoittaisi määrää 125 l/s*ha eli noin 0,6 mm/min. [35, s. 11-12.]

Hulevesiviemärin virtausolosuhteiden mitoittamiseksi laskettiin virtaama hidastuskerroinmenetelmällä. Hidastuskerroinmenetelmää voidaan käyttää pienillä alueilla, joissa pisin virtausaika valuma-alueelta viemäriin on enintään 10 - 15 min. Hidastuskerroinmenetelmä on esitettyä kaavassa 1:

$$Q = i \times \varphi \times A$$

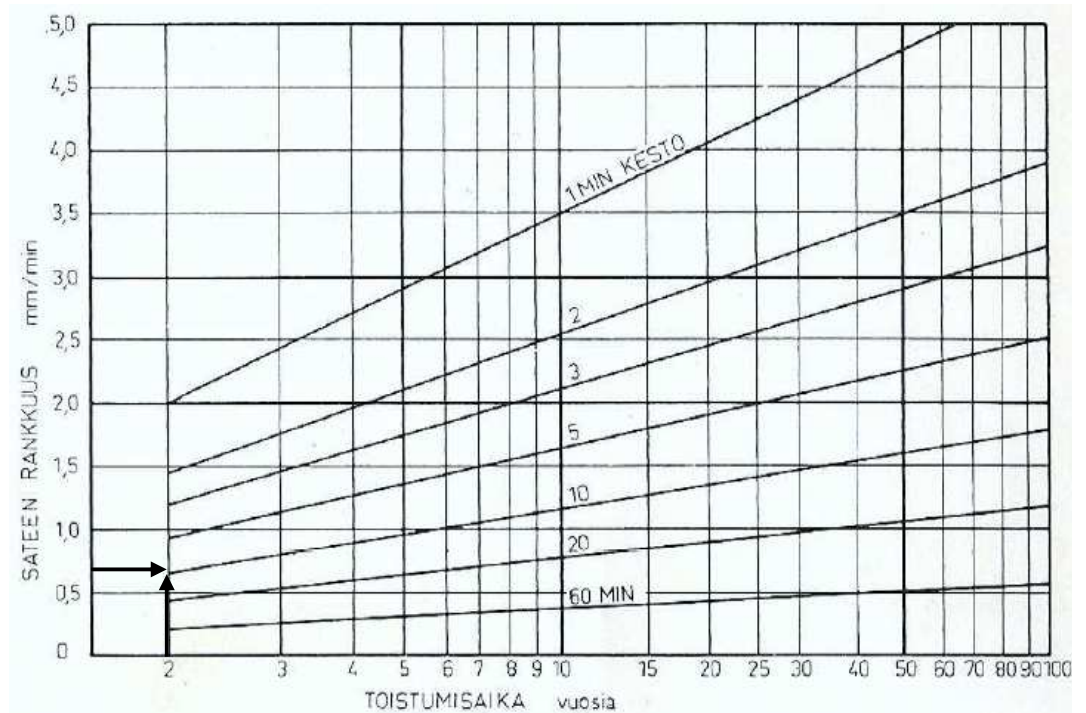
$$Q = \text{viemärin virtaama (l/s)} \tag{1}$$

$$i = \text{mitoitussade, l/s*ha}$$

$$\varphi = \text{valumiskerroin}$$

$$A = \text{valuma - alueen ala, ha} \tag{[36, s. 95.]}$$

Mitoitussateen arvo i saatiin kuvan 56 kuvaajasta. Mitoitussateen arvoksi valittiin kerran kahdessa vuodessa toistuva 10 minuutin rankkasade. Mitoitussateen arvoksi saatiin noin 0,6 mm/min, eli 125 l/s*ha. Arvo osoitettuna kuvassa nuolilla.



Kuva 56: Mitoitussateet Suomessa. [36, s. 91.]

Valumiskerroin ϕ valittiin taulukosta 5. Valumiskerroin laskettiin kolmen osa-alueen valumiskertoimen summana.

Taulukko 5: Valumiskertoimen arvoja. [36, s. 93.]

PINNAN LAATU	KERROIN n
Katto	0,90
Betoni- ja asfalttipinta	0,80
Tiivissaumainen kiveys	0,80
Kallio	0,70
Kiveys hiekkasaumoin	0,70
Hyväkuntoinen soratie	0,50
Kallioinen, puuton puistoalue	0,50
Paljas kallio	0,40
Sorakenttä	0,30
Puistomainen piha	0,20
Puisto, jossa runsaasti kasvillisuutta	0,15
Kallioinen metsä	0,15
Niitty, pelto, puutarha	0,10
Tasainen, tiheäkasvuinen metsä	0,05

Valuma-alueen pinta-alan A suuruus laskettiin kartasta. Valuma-alueen ilmakuva ja valuma-alue esitettynä kuvassa 57 (s. 84). Terästien molemmissa laidoissa kulkee avo-ojat, joihin hulevedet toistaiseksi kulkeutuvat. Valuma-alueen kokonaispinta-ala on 3,0 ha, johon kuuluu kattopinta-alaa 0,5 ha ja asfaltoituja pintoja 0,8 ha ja viheralueita 1,7 ha. Valuma-alueita mitattaessa otettiin huomioon, että suurin osa kiinteistön Terästie 13 pinta- ja kattovesistä on johdettu Ratatien hulevesiviemäriin. Lisäksi

itäpuolella kiinteistöä Terästie 15 olevan tyhjän tontin pintavedet kulkeutuvat tontin pintakaltevuuden avulla Sipoon rajalla kulkevaan, etelän suuntaan viettävään avo-joaan. Hulevesiviemärin virtaama laskettiin kaavan 1 avulla.

Ensin laskettiin kullekin tekijälle oma mitoitusvirtaama.

$$Q_{\text{katto}} = 125 \text{ l/s} * \overset{13}{\text{ha}} \times 0,9 \times 0,5 \text{ ha} = 56,25 \text{ l/s}$$

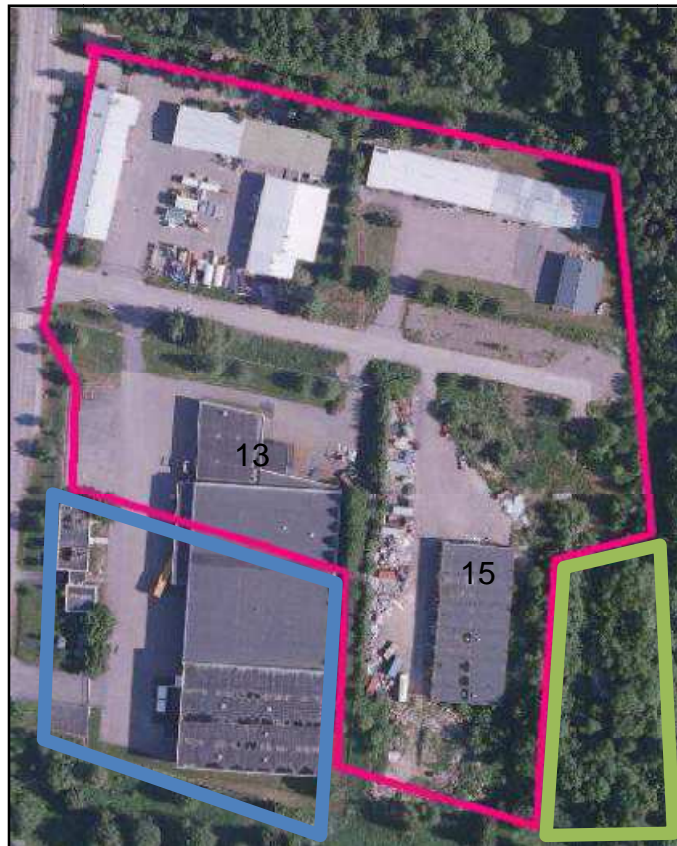
$$Q_{\text{asfaltti}} = 125 \text{ l/s} * \text{ha} \times 0,8 \times 0,8 \text{ ha} = 80 \text{ l/s}$$

$$Q_{\text{nurmi}} = 125 \text{ l/s} * \text{ha} \times 0,1 \times 1,7 \text{ ha} = 21,25 \text{ l/s}$$

Tämän jälkeen laskettiin kokonaisvalunta summaamalla eri tekijöiden valunnat yhteen:

$$Q = Q_{\text{katto}} + Q_{\text{asfaltti}} + Q_{\text{nurmi}} = 56,25 \text{ l/s} + 80 \text{ l/s} + 21,25 \text{ l/s} = 157,5 \text{ l/s}$$

Saatu tulosta päätettiin vielä tarkastella laskemalla valuma-alueelle keskimääräinen valumiskerroin ja verrata sitä kaavalla 1 saatuun mitoitusvirtaamaan. Keskimääräinen valumiskerroin pystyttiin ratkaisemaan kaavalla 2. Saatu keskimääräinen valumiskerroin sijoitettaisiin kaavaan 1.



Kuva 57: Terästien itäpään valuma-alue. Sinisellä ja vihreällä merkittyjen alueiden ei todettu kuuluvan valuma-alueeseen.

$$\varphi = \frac{\sum(A_n \times \varphi_n)}{A_k} \quad (2)$$

φ = keskimääräinen valumiskerroin

φ_n = osa – alueen valumiskerroin

A_k = koko alueen pinta – ala, ha

A_n = osa – alueen pinta – ala, ha

[37, s. 3.]

$$\varphi = \frac{(0,5 \text{ ha} \times 0,9) + (0,8 \text{ ha} \times 0,8) + (1,7 \text{ ha} \times 0,1)}{3,0 \text{ ha}} = 0,42$$

Keskimääräinen valumiskerroin sijoitettiin kaavaan 2:

$Q = 125 \text{ l/s} * \text{ha} \times 0,42 \times 3,0 \text{ ha} = 157,5 \text{ l/s}$. Saadut summat olivat identtiset, joten mitoitusvirtaamaksi hulevesiviemärielle voitiin todeta olevan noin 158 l/s.

Terästien itäpäähän hulevesiviemärielle laskettiin vielä mitoitusvesimäärä (m^3). Mitoitusvesimäärä laskettiin kaavalla 3.

$$V_{mit} = \frac{\varphi \times A \times i \times t}{1000} \quad (3)$$

φ = valumiskerroin

V_{mit} = mitoitusvesimäärä (m^3)

A = alueen pinta – ala, ha

i = mitoitussade, $\text{l/s} * \text{ha}$

t = sateen kesto, s

[37, s. 3.]

Sateen kesto t saatiin kuvasta 58 muuttamalla minuutit sekunneiksi eli 10 min=600 s. Mitoitusvesimääräksi saatiin:

$$V_{mit} = \frac{0,42 \times 3,0 \text{ ha} \times 125 \text{ l/s} * \text{ha} \times 600 \text{ s}}{1000} = 94,5 \text{ m}^3 .$$

Terästien itäpäähän hulevesiviemärin koon mitoituksessa määritettiin seuraavaksi johtolinjan kaltevuus. Samassa yhteydessä laadittiin suunnitelmakuvaksi asemapiirustus Terästien itäpäästä, johon merkittiin hulevesiviemärinkaivojen korkeusasemat. Tällä tavoin pystyttiin myös määrittämään johtolinjan kaltevuus. Johtolinjan kaltevuuden määrittämisessä huomioitiin Ratatien risteyksessä jo olemassa olevien hulevesikaivojen korot, joihin Terästien itäpäähän linja myös liitettäisiin. Terästien itäpäähän suunniteltiin rakennettavaksi neljä (4) runkokaivoa. Kaivojen väliset etäisyydet olisivat 40...50 metriä. Korkeuseroa kaivojen välille tulisi 25...30 senttimetriä, jolloin johtolinjan kaltevuudeksi tulisi noin 6...7,5 ‰.

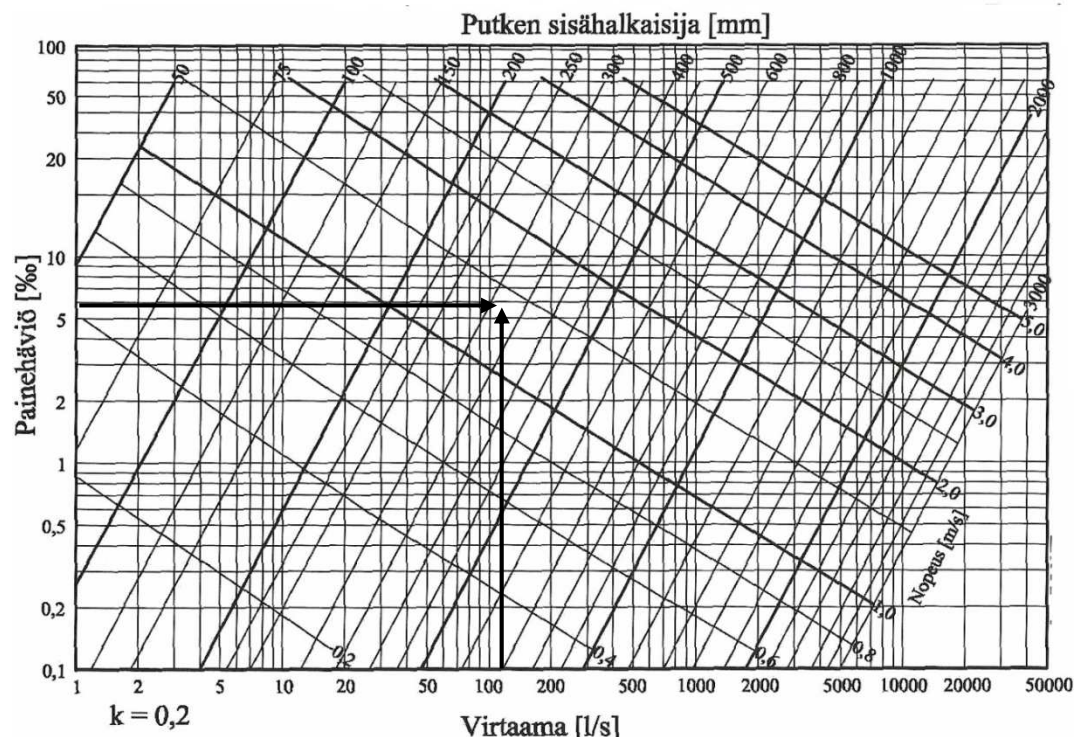
Seuraavaksi määritettiin mitoitusvirtaamaa ja johtolinjan kaltevuuden avulla Colebrookin nomogrammien avulla se johtokoko, jonka läpi mitoitusvirtaama voidaan johtaa otaksutulla johtolinjan kaltevuudella. Colebrookin nomogrammista johtokooksi saatiin 300...350 mm. Colebrookin nomogrammi kuvassa 58.

Hulevesiviemäreiden virtaaman voimakkaiden vaihteluiden takia niiden kaltevuuksien määrittäminen huuhtoutumisen perusteella ei ole yleensä perusteltua [36, s.112]. Hulevesiviemäreiden ohjeellisina pienimpien kaltevuuksien arvoina voidaan käyttää taulukon 6 mukaisia kaltevuuksia.

Taulukko 6: Viettoviemärin suositeltavia kaltevuuksia. [34, s. 50.]

Putken Ø mm	Pienin suositeltava kaltevuus	Minimikaltevuus	Huuhtoutumista vastaava virtaama minimikaltevuudelle
	‰	‰	l/s
150	8,0	5,0	1,9
200	7,0	4,5	2,5
300	6,0	3,0	6
400	5,0	2,5	9
500	4,0	2,0	14
600	3,0	1,6	25
800	2,0	1,3	35
>800	1,5	1,0	-

Hankausjännityksen laskemisen avulla huuhtoutumisen varmistamista ei katsottu tarpeelliseksi, koska taulukossa annettu huuhtoutumista vastaan annettu minimivirtaama 6 l/s on monin kerroin laskettua arvoa 157,5 l/s pienempi. Hulevesiviemärin katsottiin olevan itsepuhdistuva tällä mitoituksella.



Kuva 58: Colebrookin nomogrammi, muoviputkelle ($k=0,2$ mm). [34, s. 150.]

Colebrookin nomogrammista määritettiin mitoitusvirtaaman ja johtolinjan kaltevuu-
den avulla hulevesiviemärin johtokooksi 300...315 mm. Tällä putkikoolla virtausno-
peus olisi noin 1,5 m/s.

5.3.2 Jätevesivirtaaman laskeminen

Jätevesimäärät määritettiin julkaisun RIL 237-2-2010 "Vesihuoltoverkkojen suunnit-
telu - Mitoitus ja suunnittelu" avulla. Julkaisussa esitettyjen kaavojen avulla voitiin
laskea Terästien jätevesivirtaama sekä keskimääräinen talousveden vuorokausi-
käyttö. Jätevesivirtaaman laskemiseen tarvittiin myös lähtöarvoiksi tieto Keravan
keskimääräisestä veden käytöstä asukasta kohden vuorokaudessa (l/as/d), joka
vuonna 2009 oli 179 l/as/d. Seuraavaksi selvitettiin Terästien vesihuoltolinjaan liitet-
tyjen kiinteistöjen määrä ja asukasmäärät. Tutkimalla Keravan Vesihuollon tietoja
saatiin selville Terästien jätevesiviemäriin liittyneiden kiinteistöjen lukumäärä, joka oli
87 kiinteistöä. Tästä määrästä noin 50 % oli Koukkutien eli Terästien pohjoispuolella
olevia kiinteistöjä, 25 % Terästiellä ja Ketjutiellä olevia kiinteistöjä ja 25 % Terästien
eteläpuolella olevia kiinteistöjä. Asukkaita näissä kiinteistöissä oli yhteensä 151. Te-
rästien jätevesivirtaama pystyttäisiin laskemaan kaavalla 4:

$$Q_{jmit} = \frac{c_{d\max} \times c_{h\max} \times P \times Q_{ominasik}}{3600 \times 24} \quad (4)$$

Q_{jmit} = mitoituksen jätevesivirtaama (l / s)

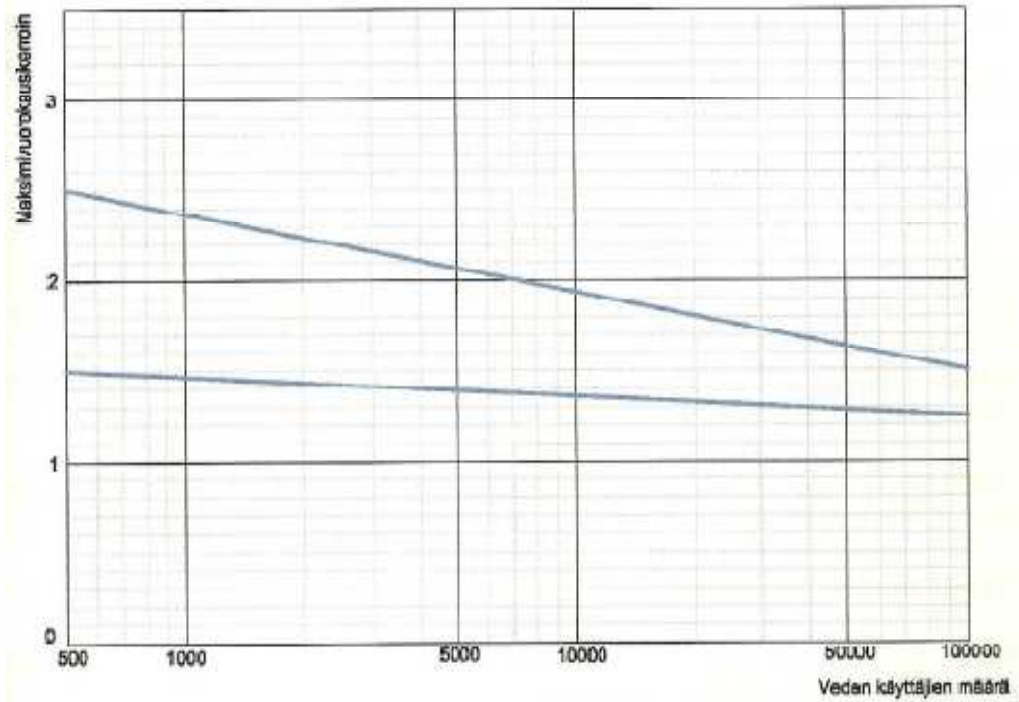
P = viemäröintialueen asukasmäärä

$Q_{ominasik}$ = ominasikäyttö (l / as / d)

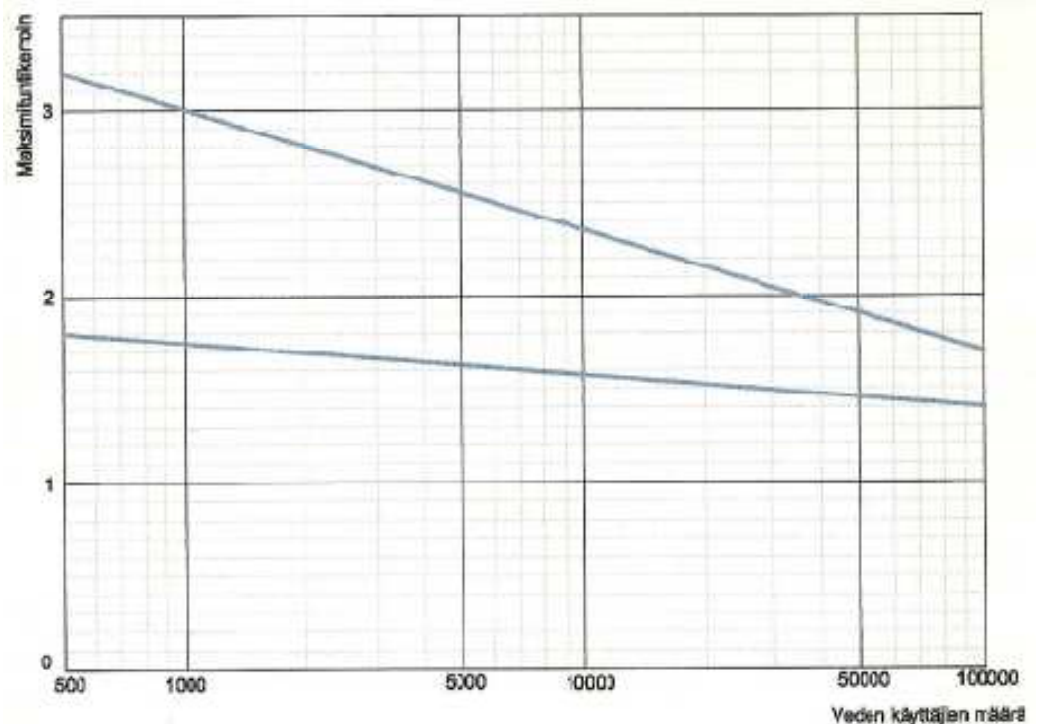
$c_{d\max}$ = suurin vuorokausikäyttökertoimen

$c_{h\max}$ = suurin tuntikäyttökertoimen [34, s. 46 – 47].

Terästien jätevesivirtaaman laskennassa suurimmat tunti- ja vuorokausikäyttökertoimet olisi laskettava mahdollista selvittää kuvien 59 ja 60 avulla. Koska suurimman vuorokausikäyttökertoimen ja suurimman tuntikäyttökertoimen keskinäistä riippuvuutta ei ole selvillä, tunnin jaksolle tasattuna huipputuntikäyttökertoimena voidaan käyttää laskennallisena arvona $c_{\max} = (0,8 \dots 1,0) \times c_{d\max} \times c_{h\max}$ [34, s. 24].



Kuva 59: Maksimivuorokausikerroin. [34, s. 23.]



Kuva 60: Maksimivuorokausikerroin. [34, s. 23.]

Kuvien mukaan suurin vuorokausikäyttökerroin olisi noin 1,6 ja suurin tuntikäyttökerroin olisi noin 1,9. Koska näiden kertoimien riippuvuutta ei ole kuitenkaan selvitetty, kertoimien tulon arvoa tulisi pienentää edellä mainitulla tavalla. Tällöin arvoksi tulisi $c_{\max} = 0,8 \times 1,6 \times 1,9 = 2,4$. Saatu arvo sijoitettaisiin muiden ohella kaavaan 1 Terästien jätevesivirtaaman selvittämiseksi.

$$Q_{\text{jmit}} = \frac{2,4 \times 151 \times 179 (l / as / d)}{3600 \times 24} = 0,75 l / s.$$

Seuraavaksi määritettiin Terästien jätevesiviemärin toimivuuden kannalta tärkeä viemärin huuhtoutumiseen vaikuttava viemärin minimikaltevuus. Ketjutien risteyksen jätevesikaivon 100 ja Ratatien risteyksen jätevesikaivon 107 korkeusero oli tehtyjen kaivokorttien perusteella noin 1,7 metriä, joka jaettuna niiden välisellä etäisyydellä eli 360 metrillä antoi jätevesiviemärin kaltevuudeksi noin 0,4 % eli 4 ‰.

Vuotovedet

Terästien jätevesiviemärin mitoitusarvoissa otettiin myös huomioon linjaan pääsevät vuotovedet. Vuotovesien määräksi arvioidaan joko tietynä prosenttilisänä jätevesimääriin tai viemäriputken perusteella. Viemärin vuotoveden määrä ilmoitetaan yleisesti l/s johtokilometriä kohti, ja suositusarvona voidaan pitää 0,3...0,6 l/s/johtokilometri. Tämä vastaa mitoitusarvoa 25...50 l/m/d. [34, s. 48.]

5.3.3 *Jätevesiviemärin mitoitusvirtaamat*

Jätevesi- ja hulevesiviemärit tulee mitoittaa 20...40 vuoden aikana esiintyvän suurimman tuntivirtaaman mukaan teknisen käyttöiän ollessa 50...100 vuotta. Jätevesiviemäri tulee mitoittaa johtamaan suurin tuntivirtaama sen teknisen käyttöiän aikana ja lisäksi viemärin tulee olla huuhtoutuva. Huomioitava on myös mitoituksessa mahdolliset vuotovedet jätevesiviemärissä. Terästien tapauksessa pitää ottaa huomioon vuotovesien osalta myös Terästien etelä- ja pohjoispuolella olevien kiinteistöjen jätevesiviemäripituudet vuotovesiä määritettäessä jätevesien mitoitusvirtaamaan. Terästien jätevesiviemäriin kadun etelä- ja pohjoispuolelta tulevien jätevesiviemärien pituus oli johtotietokartoista laskettuna noin 2,8 km. Mitoitusvirtaamaa laskettaessa otettiin myös huomioon Terästien itäpäästä tulevien kiinteistöjen (Terästie 13, 15, 24 ja 26) kuivatusvesimäärät ja samoilta kiinteistöiltä jätevesiviemäriin tulevat hulevedet.

Koska kuivatusvesimäärien määriä ei tunneta, voidaan ohjeellisena kuivatusvesimäärän keskiarvona käyttää 0,05 l/s/ha [35, s. 104].

Terästien jätevesiviemärin hydraulikasta kertova mitoitusvirtaama Q_{vmit} , kun kyseessä ei ole sekaviemäröinnissä oleva viemärilinja, kaavan 5 mukaan.

$$Q_{vmit} = Q_{jmit} + Q_{pmit} \quad (5)$$

Q_{jmit} = mitoittava jätevesimäärä (kaavasta 4)

Q_{pmit} = mitoittava vuotovesimäärä, kohdasta "Vuotovedet" [34, s. 48.]

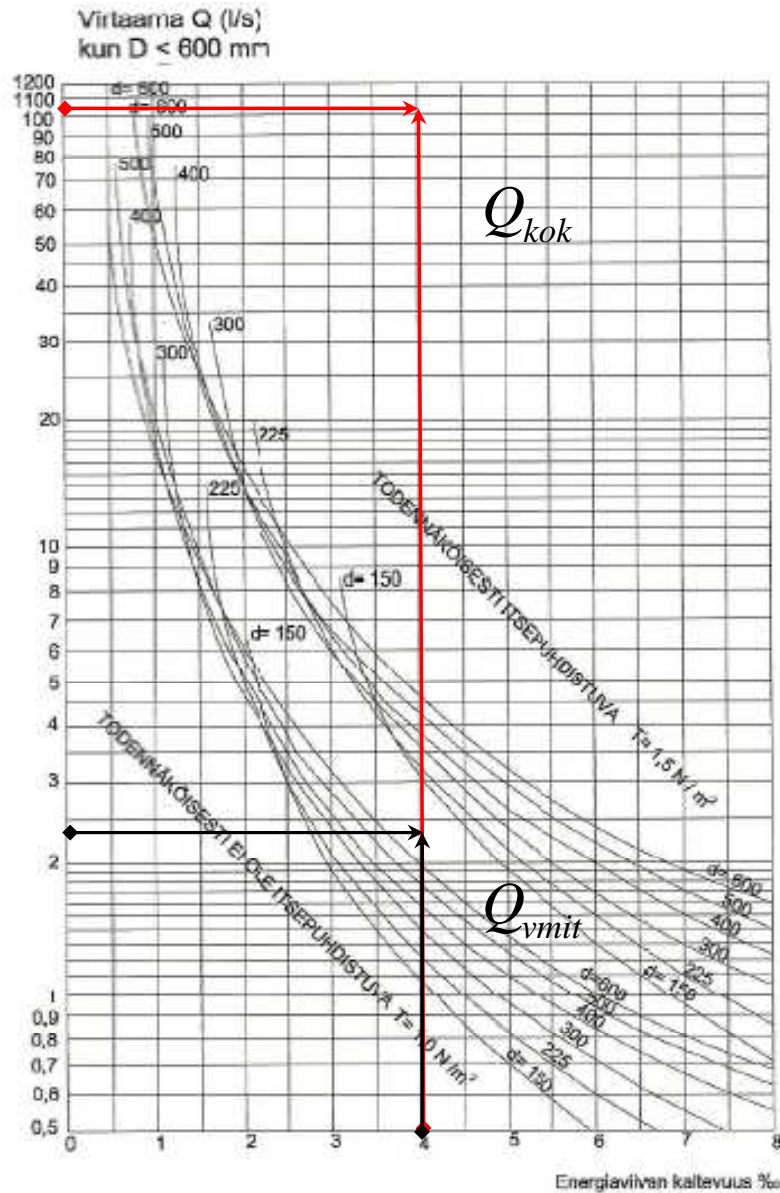
Jätevesiviemärin mitoitusvirtaamaksi saatiin sijoittamalla kaavan 5 vaaditut arvot

$$Q_{vmit} = 0,75 \text{ l/s} + (3 \times 0,6 \text{ l/s}) = 2,55 \text{ l/s}.$$

Tässä tapauksessa tulee kuitenkin huomioida Terästien itäpäästä linjaan pääsevät kiinteistöjen kuivatusvedet sekä hulevedet. Kuivatusvesien määräksi saadaan $3,0 \text{ ha} \times 0,05 \text{ l/s/ha} = 0,15 \text{ l/s}$. Hulevesien määrä ei ole kuitenkaan luvussa 5.3.1 lasketun 158 l/s suuruinen, koska Terästien itäpään ruohoalueiden pinta- ja sulamisvedet ohjataan kadun kallistuksilla kadun reunalla kulkeviin avo-ojiin. Avo-ojista pinta- ja sulamisvedet kulkeutuvat puolestaan Sipoon rajalla etelään viettävään avo-ojaan. Sen sijaan kiinteistöjen katoille ja pihoilta satavat vedet kulkeutuvat Terästien jätevesiviemäriin, joiden määrä on otettava mitoituksessa huomioon. Terästien jätevesiviemärin virtausolosuhteiden mitoitukseen on otettava huomioon virtaamat $Q_{katto} = 56,25 \text{ l/s}$ ja $Q_{asfaltti} = 80 \text{ l/s}$, jotka lasketaan yhteen. Näin ollen mitoitusvirtaaman arvoksi saadaan:

$$Q_{kok} = 2,55 \text{ l/s} + 0,15 \text{ l/s} + 136,25 \text{ l/s} = 138,95 \text{ l/s}.$$

Seuraavaksi katsottiin olevan tarpeellista tarkastella Terästien jätevesiviemärilinjaan betonisen putken huuhtoutuvuutta eli itsepuhdistuvuutta. Tarpeellista tämä oli siksi, että Terästien jätevesiviemärin suunniteltu alkuperäinen käyttötarkoitus oli toimia sekaviemärinä ja kerätä jätevesien lisäksi myös alueen sade- ja sulamisvedet samaan linjaan. Vuonna 1991 rakennetun hulevesiviemärin myötä Terästien jätevesiviemärin virtausolosuhteet ovat mitä todennäköisimmin muuttuneet hyvinkin radikaalisti. Erillisviemäröintiin siirtyminen mahdollisesti heikensi Terästien betonisen jätevesiviemärilinjaan huuhtoutumisolosuhteita. Huuhtoumista tarkasteltiin kuvassa 61 (s. 91) esitettyjen käyrästäjien mukaan, molemmilla mitoitusvirtaamilla.



Kuva 61: Jätevesiviemäriin huuhtoutuminen, $D=150\dots600$ mm ($k=1,0$). [34, s. 51.]
Käyrästöön piirretty tarkasteltavan viemäriin itsepuhdistuvuus.

Huuhtoutumisen tarkastaminen oli tärkeää siksi, että mikäli nykyisellä putkikoolla jätevesiviemäri olisi huuhtoutuva, ei putken kapasiteetin muuttamiselle olisi täten tarvetta.

Itsepuhdistuvuus pystyttiin toteamaan myös tarkastamalla putken hankausjännitys T kaavan 6 (s. 92) mukaan. Mikäli hankausjännityksen arvo olisi yli $1,5 \text{ N/m}^2$, jätevesiviemäri olisi itsepuhdistuva. Mikäli arvo olisi alle $1,0 \text{ N/m}^2$, tarkasteltava viemäri ei olisi todennäköisesti itsepuhdistuva.

$$T = \gamma \times g \times I \times R \quad (6)$$

$$T = \text{hankausjän nitys } N / m^2$$

$$\gamma = \text{veden tiheys, } 1\,000 \text{ kg} / m^3$$

$$g = 9,81 \text{ m} / s^2$$

$$I = \text{putken kaltevuus, } (m / m)$$

$$R = \text{hydraulinen säde (m), } \frac{A}{p} \text{ (m)}$$

$$A = \text{putken vesipoikki leikkauspienä ala, } m^2$$

$$p = \text{märkä piiri, } m$$

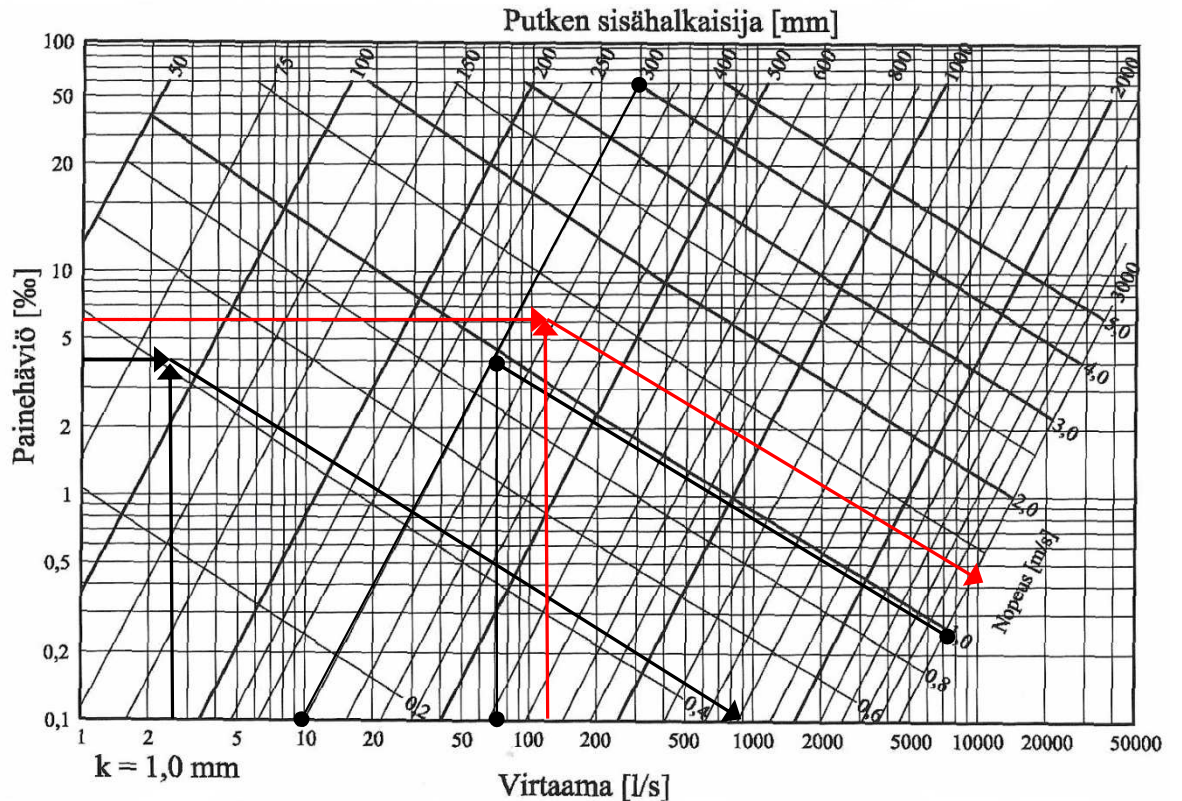
[34, s. 50].

Hydraulinen säde pystytään laskemaan suoraan suhteuttamalla viemäriputken toiminnallisen poikkileikkauksen pinta-ala viemäriputken poikkileikkauksesta tulevan ympyrän piirin pituuteen. Hydraulinen säde kertoo putkessa kulkevan jäteveden virtausvyöhykkeen. Periaatteessa virtausvyöhyke on $\frac{1}{4} \times D$ (putken halkaisija). Hydraulinen säde laskettiin sijoittamalla lukuarvot kaavaan:

$$R = \frac{A}{p} = \frac{\pi \times 0,15^2}{\pi \times 0,3} = 0,075 \text{ m.} \quad \text{Seuraavaksi laskettiin hankausjännitys.}$$

$T = 1000 \text{ kg} / m^3 \times 9,81 \text{ m} / s^2 \times 0,004 \times 0,075 = 2,943 \text{ N} / m^2$. Saatu arvo on yli $1,5 \text{ N} / m^2$, joten voidaan todeta jätevesiviemäriin olevan itsepuhdistuva.

Vanhan betonisen jätevesiviemäriin virtausolosuhteita pystyttiin tutkimaan lisää käyttämällä Colebrookin nomogrammeja (kuva 62). Nomogrammeista pystyttäisiin selvittämään vanhan jätevesiviemäriin virtausnopeus. Nomogrammeihin sijoitettiin sekä Q_{kok} - että Q_{vmit} -arvot.



Kuva 62: Colebrookin painehäviön nomogrammi pyöreässä putkessa, $k=1,0$. [34, s. 146]. Painehäviön pystyy tulkitsemaan myös kaltevuudeksi.

Colebrookin nomogrammeista pystyttiin toteamaan Terästien jätevesiviemärin virtausnopeus, kun tiedettiin virtaama (2,55 l/s) ja putken kaltevuus (4 ‰). Virtausnopeuden katsottiin olevan nomogrammin mukaan noin 0,45 m/s. Näiden tietojen avulla olisi mahdollista myös tarkastella 300 mm:sen ja 4 ‰:n kaltevuudella olevan täyden jätevesiviemärin maksimivirtaamaa ja virtausnopeutta. Maksimivirtaama täydessä putkessa olisi nomogrammin mukaan 70 l/s ja virtausnopeus 0,95 m/s. Nomogrammissa tarkasteltiin putken hydraulikkaa myös Q_{kok} -arvolla. Suurempi Q_{kok} -arvo antoi jätevesiviemäriputken koolle ja virtausnopeudelle hieman suuremmat arvot. Virtausolosuhteet Q_{kok} -arvoilla on nomogrammissa punaisilla nuolilla.

Terästien jätevesiviemärin nykyinen mitoituskoko olisi tehtyjen tarkastelujen pohjalta täysin riittävä alueen vesihuollon tarpeisiin eikä putken kapasiteetin nostotarvetta katsottu olevan. Saneeratulle jätevesiviemärille tehtäisiin uudet tarkastelut, mikäli putkikoko muuttuisi vanhasta.

5.4 Terästien vesihuoltolinjan saneerausvaihtoehtojen vertailu

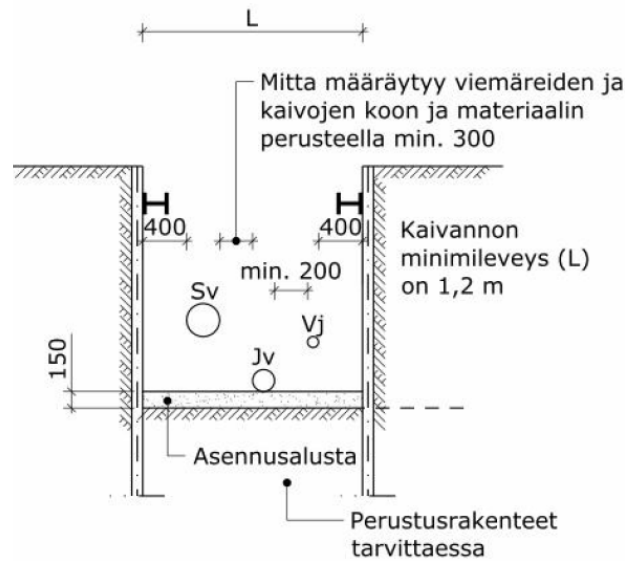
Saneerausmenetelmän valitsemiseksi suoritettiin seikkaperäinen saneerausvaihtoehtojen vertailu.

5.4.1 Vesihuoltolinjan saneerausvaihtoehto 1

Saneerausvaihtoehdossa 1 vesihuoltolinjan saneeraus tehtäisiin kokonaan aukikaivamalla. Terästien vesihuoltolinja kaivettaisiin esiin koko vesihuoltolinjan osalta Ketjutien risteyksestä aina Terästien itäpäähän asti eli miltei Sipoon rajalle asti. Vanhat putket poistettaisiin ja vaihdettaisiin uusiin putkiin.

Kaivannon syvyys vaihtelisi noin 4,5 metristä noin 3 metriin. Kaivannon syvyydestä ja tienrakennekerrosten alapuolisista heikosti kantavista maakerroksista johtuen jouduttaisiin kaivanto tukemaan teräspontein, kuten InfraRYL 2006 Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset Osa 1: "Väylät ja alueet" asettaa tehtäessä syviä kaivantoja tai tehtäessä kaivantoja, jotka toteutetaan heikosti kantavaan maaperään. Kaivantojen tuenta katsottiin olevan tarpeellista juuri maaperän huonon koossapysyvyyden vuoksi. Teräspontein tuetun kaivannon pohjan ja yläpään leveys pystytettäisiin pitämään 1,2...2 metrissä; kaivantojen luiskausta ei täten tarvittaisi ja teräsponttiseiniä lisätuennan tarve tarkistetaan tarvittaessa. Mittaa kaivettavalle osuudelle tulisi kaiken kaikkiaan noin 540 metriä. Kaivaminen toteutettaisiin kaivannoilla, joiden pituus olisi enintään kahdeksan (8) metriä. Terästien itäpäässä vaihdettaisiin koko kadun rakennekerrokset hulevesiviemäriin lisäyksen yhteydessä. Rakennekerrosten vaihto olisi mahdollista toteuttaa kadun leveyssuuntaan nähden kahdessa osassa, jolloin toinen ajokaistoista olisi koko saneeraustyön ajan käytössä liikenteelle. Kaivantojen pituus olisi sama kuin edellä mainittu maksimi pituus. Leveys vaihtelisi 1,5...2 metriin.

Vesijohtojen ja jätevesiviemäreiden tonttiliittymät uusittaisiin aukikaivamalla ja siitä syntyvät kaivannot tuettaisiin tarvittaessa myös teräspontein. Kuvassa 63 on esitetty tuetun kaivannon vähimmäismitat Suomen Kuntaliiton julkaisun "Kunnallisteknisten töiden yleinen työselsostus 02" mukaan.



Kuva 63: Tuetun maakaivannon vähimmäismitat. [31, s. 202.]

Saneerauksessa vaihdettaisiin vanha betoninen viemäriputki muhvolliseen, PP - muoviseen, SN8-paineluokan putkeen. Aukikaivamisen yhteydessä viemäriinjan vanhat betoniset jätevesikaivot vaihdettaisiin muovisiin 800 mm halkaisijaltaan oleviin kaivoihin. Saman aukikaivun yhteydessä uusittaisiin myös vanha valurautainen vesijohto vaihtamalla se PVC-muoviseen, SN10-paineluokan vesijohtoon. Terästien jätevesiviemäriinjan putkikokoa kasvatettaisiin 315 mm:iin koko linjan osalta. Vesijohtoon halkaisija olisi 160 mm. Terästien itäpään rakennettavan hulevesiviemäriin materiaali olisi PE-muovi. Jätevesiviemäriin putken halkaisija olisi 200 mm ja hulevesiviemäriin putken halkaisijaksi tulisi 315 mm. Hulevesiviemäriinjan kaivot olisivat halkaisijaltaan 800 mm ja reunakaivot 500 mm.

Saneerausvaihtoehdolla 1 toteutettavan urakan kustannusarvioksi tulisi noin 1 920 €/metri ja kokonaisarvioksi noin 1 018 000 €. Kustannuksia nostavat ennen kaikkea maankaivusta syntyvät kustannukset sekä kaivannon tuentatarpeesta aiheutuvat kustannukset. Poistettavia massoja saneerausvaihtoehdolla 1 olisi noin 3 500 m³ ktr. Teräspontituksen kustannukseksi tulisi noin 870 €/metri ja kokonaisarvioksi noin 452 000 €. Teräspontituksen kustannuksia korottavat Terästien sijainnin synnyttämät sekä auto- ja kevyenliikenteen aiheuttamat häiriöt ja haitat pontitustyön keskeyttämälle toteutukselle.

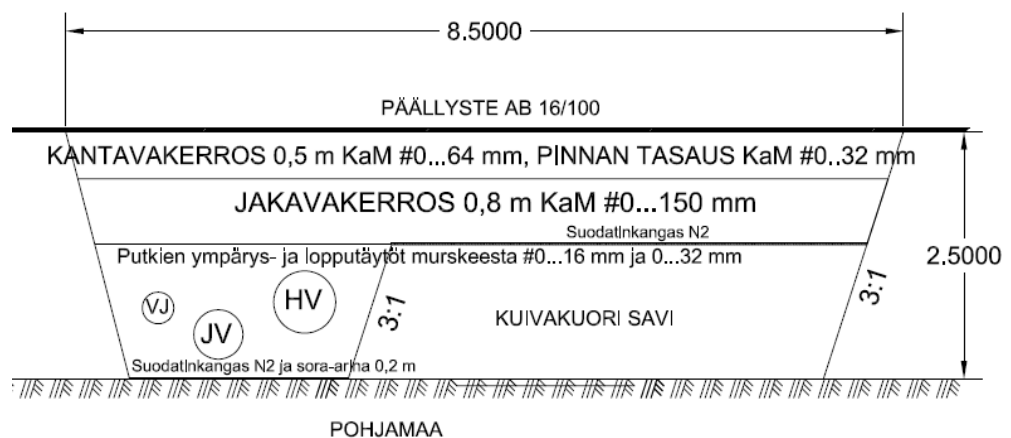
Vesihuoltolinjan saneeraaminen saneerausvaihtoehdolla 1 vaatisi väliaikaisen vedenjakelun järjestämistä Terästien kiinteistöille. Väliaikainen vedenjakelu toteutettaisiin mitä todennäköisimmin pintaletkutuksen, eli maanpinnalle asennetun PEH-muoviputken avulla. Tämä myös osaltaan kasvattaisi saneerausmenetelmän kustannuksia asennukseen käytettävien työtuntien ja materiaalien myötä. Kustannusarvio on liitteessä 8.

Saneerausvaihtoehdolla 1 toteutettavassa saneerauksessa kaivantojen leveys ei ylitä yhden ajokaistan leveyttä, jolloin saneeraustyön ajan Terästien kiinteistöille olisi ajoyhteys.

5.4.2 Vesihuoltolinjan saneerausvaihtoehto 2

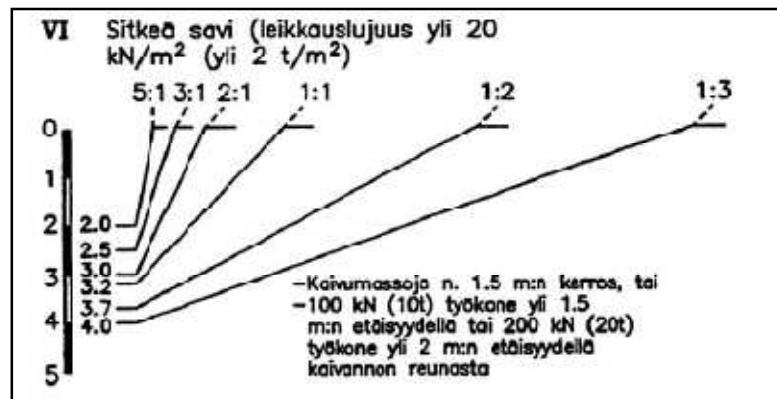
Vesihuoltolinjan saneerausvaihtoehdossa 2 saneerausmenetelmänä olisi myös aukikaivaminen. Terästien vesihuoltolinja rakennettaisiin uuteen korkoon koko vesihuoltolinjan osalta Ketjutien risteyksestä aina Terästien itäpäähän asti eli miltei Siipoon rajalle asti. Pituutta kaivettavalle osuudelle tulisi saneerausvaihtoehto 1 tavoin miltei 530 metriä.

Saneerauksessa vanha jätevesiviemäri ja vesijohto jäisivät paikalleen ja uudet putket ja tonttijohdot kaivettaisiin noin 2...2,5 metriin. Uusi vesihuoltolinja tulisi 1,5...1 metriä vanhoja putkia korkeammalle. Tällöin vesihuoltolinjalle olisi tarpeellista kaivaa syvemmät kaivannot ainoastaan Ratatien ja Ketjutien risteysalueille. Risteysalueilla sijaitsevat vesihuoltolinjan ristikot on kaivettava näkyviin, jotta liittyminen Ahjontien ja Ratatien vesihuoltolinjaan olisi mahdollista. Risteysalueiden kaivussyvyys olisi välillä 2,5...4,5 metriä. Nämä kaivannot olisivat käytännöllisintä tukea teräspontein, jotta kaivantojen pituus ja leveys pystyttäisiin pitämään minimissään. Liikenne Teräs-, Rata-, Ketju- ja Ahjontielle olisi mahdollista ohjata toista ajokaistaa pitkin, eikä liikenne olisi tällöin poikki työn missään vaiheessa. Ratatien risteuksen itäpuolinen osuus toteutettaisiin saneerausvaihtoehdon 1 tavoin. Ainoa muutos olisi kaivantojen leveydessä; luiskaamalla kaivantojen leveydestä tulisi suurempi, mutta silti liikenne pystyttäisiin ohjaamaan toista ajokaistaa pitkin koko saneeraustyön ajan, koska vesihuoltolinjan rakentaminen ja rakennekerrosten vaihto toteutettaisiin eriaikaisesti; ensin rakennettaisiin vesihuoltolinja paaluvälillä 368 - 540, jonka jälkeen vasta tehtäisiin rakennekerrosten vaihto. Terästien itäpäähän saneeraus toteutettaisiin periaatteellisesti kuvan 64 mukaan.



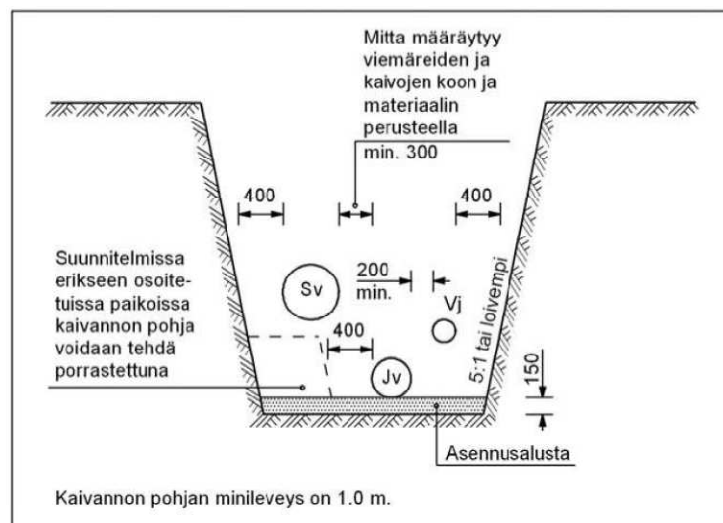
Kuva 64: Terästien itäpäähän suunnitellut putkikaivannot ja rakennekerrokset.

Saneerausvaihtoehdon 1 kokoluokan kaivantoja ei tarvitsisi kuitenkaan toteuttaa muilta osin saneerattavalle vesihuoltolinjalle ja tällä tavoin kustannuksetkaan eivät nousisi yhtä korkeiksi. Vesihuoltolinjan saneeraustyöstä syntyvien kaivantojen seinämät luiskattaisiin riittävään kaltevuuteen, jolloin ei lisätuentaa tarvita. Kaivantojen luiskauksessa noudatetaan Suomen Kuntaliiton julkaisun "Kunnallisteknisten töiden yleinen työselostus 02" mukaista ohjeistusta. Kuvassa 65 on esitettyä työsuojeluhallituksen ohje kapeille kaivannoille.



Kuva 65: Ohje kaivannon luiskauksesta savimaahan. [31, s. 238.]

Kaivantojen syvyyden mukaan tehtävä luiskaus (3:1, metrin vaakasuoralla matkalla tulee kolme metriä nousua) riittää ohjeen mukaan pitämään kaivannon seinämän koossa. Luiskauksella 3:1 kaivannon yläpään leveydeksi tulee noin 3,5 metriä. Kaivannon pohjan leveys määräytyisi putkikokojen mukaan siten, että minimi leveys on metrin. Tässä tapauksessa kaivannon pohjan leveys olisi noin 1,5 metriä. Kaivoja asennettaessa kaivantoa jouduttaisiin kenties hieman leventämään siltä kohdalta, johon kaivo tulee, jotta pystyttäisiin varmistamaan määräysten mukainen ympärystyttö kaivoille. Kuvassa 66 on esitettyä tukemattomalle maakaivannolle asetetut vähimmäismitat.



Kuva 66: Tukemattoman kaivannon vähimmäismitat. [31, s. 200.]

Uusitun vesijohto- ja viemäriinlinjan koko, luokka ja materiaali olisivat samat kuin saneerausvaihtoehdossa 1 käytetyt, eli jätevesiviemäri olisi 315 mm halkaisijaltaan oleva muhvollinen PP-muovinen SN8-paineluokan viemäriputki ja vesijohto olisi 160 mm halkaisijaltaan oleva PVC-muovinen SN10-paineluokan vesijohtoputki. Hulevesiviemäriin materiaali olisi PE-muovi ja koko 315 mm. Kaivot olisivat halkaisijaltaan 800 mm.

Saneerausvaihtoehdolla 2 toteutettavan saneerauksen kustannusarvioksi tulisi noin 811 €/metri ja kokonaisarvioksi noin 430 000 €. Kustannuksia nostavat maankaivusta sekä Ketjutien ja Ratatien risteysalueille kaivettavista syvemmistä kaivannoista syntyvät kustannukset. Poistettavia massoja tulisi noin 3 600 m³ktr. Teräsponsituk- sen kustannusarvio olisi noin 10 000 €. Tarkempi kustannusarvio on liitteessä 8.

Saneerausvaihtoehdolla 2 toteutettava saneeraus ei vaatisi väliaikaista vedenjake- lua Terästien kiinteistöille. Terästielle tulevat kaivannot pystyään pitämään niin pie- ninä, että saneeraustyön aikainen liikenne Terästiellä vain toista ajokaistaa käyttäen onnistuu.

5.4.3 Vesihuoltolinjan saneerausvaihtoehto 3

Vesihuoltolinjan saneerausvaihtoehdossa 3 saneeraus toteutettaisiin osittain kaiva- malla ja osittain kaivamattomin tehtävin menetelmin. Kaivamalla tehtävä saneeraus toteutettaisiin vesijohtolinjalle ja kaivamattomin menetelmin tehtävä saneeraus to- teutettaisiin jätevesiviemäriin. Terästien vesijohto vaihdettaisiin uuteen, PVC- muoviseen vesijohtoon. Vanha vesijohto jätettäisiin paikalleen ja uusi vesijohto kai- vettaisiin uuteen korkoon koko vesihuoltolinjan osalta Ketjutien risteyksestä aina Te- rästien itäpäähän asti eli miltei Sipoon rajalle asti. Pituutta kaivettavalle osuudelle tu- lisi kuten edellä mainittujen saneerausvaihtoehtojen tavoin miltei 530 metriä. Jäteve- siviemäriin saneeraus tehtäisiin Keski-Uudenmaan Hanke -sopimuksen tarjouskilpai- lun voittaneiden urakoitsijoiden tarjoamalla menetelmillä. Jätevesiviemäri saneerat- taisiin sujuuttamalla se kaivojen kautta joko pitkä- tai pätkäsujutuksella, jolloin kaivan- toja ei tarvittaisi. Jätevesiviemäriinlinjan kaivoja ei tarvitsisi saneerata, koska ne ovat verrattain hyväkuntoisia. Jätevesiviemäriä sujutettaisiin ainoastaan paalulle 396 asti, johon sujutus päätettäisiin. Paalulta 396, eli jätevesiviemärikaivolta 108, aloitettaisiin Terästien itäpään vesihuollon saneerauksen ja rakentamisen lisäksi edellisten sa- neerausvaihtoehtojen mukainen kadun rakennekerrosten vaihto. Kaivolta 108 asti jätevesiviemäriinlinja kaivoineen saneerattaisiin aukikaivamalla.

Uudet putket ja tonttijohdot kaivettaisiin 2...2,5 metriin. Uusi vesijohto tulisi 1,5...1 metriä vanhaa korkeammalle. Kaivannon pohjan leveydeksi tulisi maksimissaan 1 metri kuvassa 53 esitettyjen vähimmäismittojen mukaan. Saneeraustyössä olisi tar- peellista kaivaa syvemmät kaivannot ainoastaan Ratatien ja Ketjutien risteysalueille.

Risteysalueilla sijaitsevat vesijohtolinjan ristikot olisi kaivettava näkyviin, jotta liittyminen Ahjontien ja Ratatien vesijohtoihin olisi mahdollista. Risteysalueiden kaivannot toteutettaisiin saneerausvaihtoehdossa 2 esitetyllä tavalla, myös tuentoineen. Tällöin kulku ajoneuvoin Terästielle ja Terästien kautta olisi mahdollista saneeraustyön ajan eikä mittavia liikenteenjärjestelyitä tarvittaisi. Saneerausvaihtoehdon 1 kokuokan kaivantoja ei tälläkään saneerausvaihtoehdolla olisi tarpeen toteuttaa vesijohdon saneerauksessa ja jätevesiviemärin sujutustyössä kaivantoja ei lähtökohtaisesti tarvitsisi tehdä lainkaan. Ainoana poikkeuksena Terästien itäpään hulevesiviemärin rakentamisesta ja kadun rakennekerrosten vaihtamisesta syntyvät kaivannot. Kaivantoja jätevesiviemärin sujutuksen osalta tehtäisiin ainoastaan siinä tapauksessa, jos sujutustyössä tapahtuisi jotain odottamatonta, joka vaatisi sujutettavan viemärin esiin kaivamista. Kustannukset eivät kuitenkaan nousisi yhtä korkeiksi kuin edellisillä saneerausvaihtoehdoilla. Vesihuoltolinjan saneeraustyöstä syntyvien kaivantojen seinämät luiskattaisiin riittävään kaltevuuteen, jolloin ei lisätuenta tarvita. Kaivantojen luiskaukset toteutettaisiin saneerausvaihtoehdossa 2 sekä kuvissa 52 ja 53 esitettyjen ohjeiden mukaisesti.

Uusi vesijohto olisi mitoiltaan, kooltaan ja laadultaan edellisissä saneerausvaihtoehdoissa esitetyn kaltainen. Jätevesiviemärin sujutus tehtäisiin kaivamattomin menetelmin joko pitkäsujututtamalla tai pätkäsujuttamalla. Vanhaa putkikokoa olisi mahdollista pienentää 300 mm:stä 250 mm:iin Tielaitoksen julkaisun ”Kuivatusrakenteet ja putkistot (1996)” mitoitusvastaavuustaulukkoa käyttäen. Taulukko on johdettu julkaisusta kerätyistä tiedoista. Taulukossa 7 on esitettyä betoniputken ja sisältä sileän muoviputken mitoitusvastaavuustaulukko. Vastaavuustaulukon mitoitusarvoja olisi mahdollista käyttää vain pätkäsujutuksella toteutettavalla menetelmällä.

Taulukko 7: Betoniputken ja sisältä sileän muoviputken mitoitusvastaavuus. [33.]

BETONIPUTKEN SISÄHALKAISIJA d (mm)	MUOVIPUTKEN ULKOHALKAISUJA de (mm)
225	200
300	250
400	315
500	400
600	500

Saneerattavien putkien materiaalit ja luokitus olisivat samat kuin edellisilläkin saneerausvaihtoehdoilla. Hulevesiviemärit kaivoineen ja tonttiliittymineen rakennettaisiin myös samoilla luokituksilla, materiaaleilla ja halkaisijoilla kuten aikaisemmissa saneerausvaihtoehdoissa.

Saneerausvaihtoehdolla 3 toteutettavan saneerauksen kustannusarvioksi pelkän vesijohdon ja Terästien itäpään hulevesiviemäroinnin rakentamisen osalta tulisi noin 570 €/metri ja kokonaisarvioksi noin 302 000 €. Poškaivettavia massoja tulisi 3 000

m³ ktr. Huomioitavaa on myös se, että lopputuloksen kannalta olisi suotavampaa, että vesijohdon saneerauksen yhteydessä tulisi myös kadun rakennekerrokset vaihtaa koko kadulta routanousujen tasaamiseksi.

Jätevesiviemärin sujutuksen kustannuksiksi tulisi ilman tonttiliittymiä pelkän putken osalta Flexoren-pitkäsujutuksella 300 mm betoniputkelle (plv. 0 - 360) noin 39 €/metri ja kokonaisarvioksi noin 14 000 € (alv. 0 %), ja 225 mm betoniputkelle (plv. 360 - 396) noin 27 €/metri ja kokonaisarvioksi noin 1 000 €. Pitkäsujutuksella tehtävän saneerauksen tonttiliittymien kustannuksiksi tulisi 85 €/kpl. Kokonaiskustannusarvio olisi tonttiliittymien osalta 1 530 €. Koko sujutuksen kustannusarvio olisi 16 530 € eli noin 42 €/metri.

Vip-Liner-pätkäsujutuksella tehtävän saneerauksen vastaavat kustannukset olisivat 300 mm betoniputkelle (plv. 0 - 360) 16 900 € eli 47 €/metri ja 225 mm betoniputkelle (plv. 360 - 396) 1 330 € eli 37 €/metri. Tonttiliittymien kustannuksiksi tulisi putki-koosta riippumatta 20 €/liittymä eli 360 €. Koko sujutuksen kustannusarvio olisi 19 000 € eli noin 44 €/metri.

Kummallakin menetelmällä sujutettu putki on ankkuroitava vaahtobetonilla vanhaan putkeen. Flexoren-putken ohuemman seinämän vuoksi vanhan betoniputken ja sujutetun putken välitila on suurempi kuin VipLiner-pätkäsujutetun putken. Välitilan täytön kustannukset ovat 400 €/m³. Pitkäsujutuksella välitila olisi 300 mm osuudella noin 7,2 m³ ja 225 mm osuudella noin 0,55 m³. Pätkäsujutuksella välitilatäyttöä tulisi 6 m³ ja 0,2 m³. Pitkäsujutuksen välitilan täytön kustannuksiksi tulisi noin 3 100 € ja pätkäsujutuksella noin 2 500 €.

Jätevesiviemärin saneerausmenetelmäksi valittaisiin mitä todennäköisimmin pätkäsujutus, koska vanhassa linjassa olevat painumat ja joidenkin putkien siirtyminen eivät takaisi yhtä hyvää lopputulosta pitkäsujutukselle. Putkien painumat saattaisivat kasvattaa kustannuksia, jos viemärin painuneita kohtia jouduttaisiin kaivamaan auki. Pätkäsujutus onnistuisi linjan painumista huolimatta. Jätevesiviemärin tonttiliittymät pystyttäisiin sujuttamaan kaivojen kautta. Pätkäsujutuksella tehtävä saneeraus pienentäisi noin 35 mm jätevesiviemärin halkaisijaa, mutta sen ei todettu olevan haitaksi putken tekniselle toimivuudelle. Putken rengasjäykkyyttä pystyttäisiin myös suurentamaan, mikäli käytettäisiin seinämältään paksumpaa moduuliputkea; rengasjäykkyyden nostotarvetta ei kuitenkaan ole. Jäteveden ohipumppausta ei tarvitsisi järjestää saneeraustyön ajaksi. Haitat ympäristölle ja liikenteelle pätkäsujutuksessa olisivat vähäiset, koska lähtökohtaisesti pätkäsujutus ei vaatisi lainkaan kaivantoja.

Kustannusarvio on esitettyä liitteessä 8. Saneerausvaihtoehdosta 3 tehtiin kustannusarvio vain vesijohdon uusimisen osalta, koska jätevesiviemärin sujutuksen kus-

tannukset saatiin Keski-Uudenmaan Hanke -sopimuksesta. Sopimus on esitettyinä soveltuvien osin tämän opinnäytetyön liitteessä 9.

5.4.4 Vesihuoltolinjan saneerausvaihtoehto 4

Vesihuoltolinjan saneerausvaihtoehdolla 4 vesijohto- ja jätevesiviemärilinjan saneeraaminen toteutettaisiin kokonaan kaivamattomilla menetelmillä paaluvälillä 0 - 396. Ainoastaan tonttiliittymien, Ketjutien ja Ratatien risteyksiin tulevien ristikoiden asennukset sekä Terästien itäpäähän paaluvälillä 396 - 540 vesihuollon saneeraus ja rakentaminen kadun rakennekerrosten vaihtoiheen tehtäisiin aukikaivamalla. Jätevesiviemärin saneeraus olisi mahdollista suorittaa saneerausvaihtoehdossa 3 kuvatulla menetelmällä; pätksujuttamalla jätevesikaivojen kautta.

Vesijohdon saneeraus toteutettaisiin suuntaporaamalla uusi vesijohto noin 2...2,5 metrin syvyyteen. Vesijohdon suuntaporauksesta pyydettiin tarjoukset luvussa 5.2.5 aiemmin mainituille urakoitsijoille. Suuntaporaamalla toteutettava saneeraus ei vaatisi väliaikaisen vedenjakelun järjestämistä Terästien kiinteistöille. Suuntaporaus mahdollistaisi myös sen, että vesijohdon putkikokoa voitaisiin lisäksi sekä pienentää että suurentaa; sukkasujutuksella, pitkäsujutuksella, sementtilaastivuorauksella tai pinnoitusmenetelmillä ei pystyttäisi putkikokoa kasvattamaan. Suuntaporauksella tehtäessä myös saneerattavan vesijohdon kestävyyttä ja laskennallista käyttöikää voitaisiin pidentää.

Jätevesiviemärin saneeraaminen pätksujuttamalla pienentäisi putken halkaisijaa noin 50 mm. Putken halkaisijan pieneneminen vanhasta betoniputken halkaisijasta ei kuitenkaan katsottu olevan haitaksi uuden jätevesiviemärilinjan toimivuudelle; linja on ollut toiminnassa tähänkin asti, vaikka TV-kuvauksen raporttien mukaan jätevesiviemäri on pahimmista kohdista ollut melkein täynnä veden mukana kulkeutunutta maa-ainesta. Pätksujuttamalla putken rengasjäykkyyttä pystyttäisiin sekä kasvattamaan että pitämään samana.

Saneerausmenetelmästä riippumatta kiinteistöjen vesijohtojen tonttiliittymät tehtäisiin erillisenä kaivutyönä, samoin risteysalueiden ristikot. Kaivutyöt toteutettaisiin Keravan Kaupunkitekniikan Liikennejärjestelmän maarakennusurakoitsijan toimesta; erillistä tarjouskilpailua ei tarvitsisi tämän vuoksi siis järjestää. Lisäksi saneeraustyön tekemisen urakoitsijan mahdollisesti tarvitsemat kaivannot kaivaisi Liikennejärjestelmän maarakennusurakoitsija.

Terästien itäpäähän vesijohdon ja jätevesiviemärin saneeraus toteutettaisiin aukikaivamalla hulevesiviemärin rakentamisen yhteydessä. Samalla vaihdettaisiin kadun rakennekerrokset ja kadulle asennettaisiin maakaapeleiden suojaputket. Hulevesiviemärin koko, luokka ja materiaali olisi aiemmissa saneerausvaihtoehdoissa esitetyn mukainen. muovisia hulevesikaivoja tulisi kaiken kaikkiaan 9 kpl, joista neljä

olisi halkaisijaltaan 800 mm ja viisi kaivoa olisi ns. reunakaivoja, halkaisijaltaan 500 mm. Saneerausvaihtoehdon 4 kustannusarvio ilman jätevesiviemärin sujutusta ja vesijohdon suuntaporausta olisi noin 227 000 € eli noin 430 €/metri.

Jätevesiviemärin saneerauksen kustannusarvio pätkäsujutukselle olisi saneerausvaihtoehdossa 3 esitetyn suuruinen eli noin 28 000 € ja 52 €/metri. Mahdollisista häiriöistä aiheutuvat lisätyö- ja muutostyökustannukset olisivat työryhmältä ja kalustolta 155 €/tunti. Kaivojen saneeraus 400 mm halkaisijan muovikaivolla olisi puitesopimuksen mukaan 685 € / kaivo.

Vesijohdon saneerausmenetelmän tarjouskilpailuun vastasi määräaikaan mennessä kolme urakoitsijaa. Tarjouskilpailun voittaneen urakoitsijan suuntaporauksen hinnaksi tulisi työmaanperustamiskustannuksineen noin 22 400 € eli noin 49 €/metri. Hintaan sisältyisi ainoastaan uuden vesijohdon asentamisen suuntaporaamalla, putkimateriaalit sekä suuntaporauksessa tarvittavat aloitusreiät.

Saneerausvaihtoehdon 4 kokonaiskustannusarvio koko Terästien saneerauksesta oli noin 285 000 € eli noin 537 €/metri.

5.5 Saneerausmenetelmä Terästien vesihuoltolinjalle

Terästien vesihuoltolinjan saneerausmenetelmää päätettäessä valintaan vaikuttivat ensisijaisesti menetelmän lopputuloksen toimivuus, saneeraustyöstä aiheutuvat haitat ympäristölle, saneeraustyön toteutuksen soveltuvuus kohteeseen, käytetyn saneerausmenetelmän toimivuus mahdollisissa muissa vesihuollon saneerauskohteissa Keravalla sekä saneeraustyön taloudelliset aspektit. Saneerausmenetelmistä laadittiin vertailutaulukko vaihtoehdon valitsemisen helpottamiseksi. Vertailu on esitetty taulukossa 8. Taulukossa käytettiin asteikkoa 0 - 5, jossa 0 merkitsee hyvin vähäistä ja 5 hyvin suurta. Kustannukset ovat taulukossa esitettyinä tuhansina euroina (€). Saneerausvaihtoehdoksi valittaisiin vaihtoehto, jolla olisi vähiten pisteitä.

Taulukko 8: Saneerausvaihtoehtojen vertailutaulukko.

SANEERAUSVAIHTOEHTO	VE 1	VE 2	VE 3	VE 4	SELITE
TYÖN KESTO	5	4	3	2	Saneeraustyön kesto.
TYÖN KUORMITUS	5	4	3	2	Työolosuhteet, miehistön ja kaluston tarve, jne.
HÄIRIÖT TYÖSSÄ	2	2	4	5	Työn aikana syntyvät häiriöt esim. ylimääräisten kaivantojen tarve.
HÄIRIÖT YMPÄRISTÖLLE	5	5	3	1	Häiriöt liikenteelle, asukkaille jne.
KUSTANNUKSET	5 (1 018)	3 (430)	2 (322)	1 (280)	Kustannusarvio työlle (tuhatta €).
TULOS	22	18	15	11	

Terästien vesijohto- ja jätevesiviemärin saneerausmenetelmäksi valittiin saneerausvaihtoehto 4. Valintaan vaikutti vertailutaulukon pisteytys sekä kustannusarviot. Valittaessa saneerausvaihtoehtoa todettiin myös, että saneerattaessa vaihtoehdolla 4 olisi varauduttava työntoteutukseen kuulumattomien kaivantojen tekemiseen. Ylimääräisistä kaivannoista huolimatta saneerausvaihtoehdon 4 mukainen saneeraus olisi Terästien vesihuollon saneerausvaihtoehto.

Jätevesiviemärin sujuttaminen pätkäsujutuksella katsottiin olevan kustannuksiltaan ja toteutustapansa puolesta käytännöllisin ja toimivin vaihtoehto jätevesiviemärin saneeraamiseksi. Pätkäsujuttamalla toteutettava jätevesiviemärin saneeraus olisi jo pelkästään liikenteen sujuvuuden kannalta suositeltavin vaihtoehto. Pätkäsujuttamalla aukikaivamista aiheuttavien häiriöiden ilmenemisen todennäköisyys saneer-

raustyön aikana olisi huomattavasti pienempi kuin pitkäsujuuttamalla. Jätevesiviemärin tonttiliittymien sujutus olisi tällä menetelmällä nopeaa ja tulos olisi varmempi. Jätevesiviemäri sujutettaisiin pääosin 280 mm halkaisijan VipLiner -moduuliputkella. Uusi sujutettu putki ankkuroitaisiin paikalleen vaahtobetonilla. Jätevesiviemärin sujutustyö tehtiin elo-syyskuun 2010 aikana.

Vesijohdon asentaminen uuteen korkoon suuntaporaamalla katsottiin olevan kustannuksellisesti ja kohteen vaativuus huomioon ottaen teknisesti toimivin menetelmä. Uusi vesijohto suuntaporattaisiin urakoitsijan tarjoamalla kustannuksilla Terästien pohjoispuolen kiinteistöjen (eli Terästie 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 ja 16) sekä vanhan vesijohdon väliselle viheralueelle, suurin piirtein nykyisten avo-ojien kohdalle. Tonttiliittymät tekisi Liikennejärjestelmien maarakennusurakoitsija erillisenä työnä. Suuntaporatun putken halkaisija olisi 160 mm ja materiaali PE -muovi. Ketjutien ja Ratatien risteysiin tehtäisiin kaivannot, joista voitaisiin suorittaa uuden vesijohdon liittäminen Ratatien ja Ahjontien vesijohtolinjoihin. Liittyminen tapahtuisi rakentamalla risteysiin ristikot T-haaroista ja sulkuventtiileistä. Risteysalueiden kaivutyön suorittaisiin ikään Liikennejärjestelmän maarakennusurakoitsija. Suuntaporaus ja uuden vesijohdon liitostyöt Terästien kiinteistöihin toteutettiin loppusyksystä 2010.

Terästien itäpään saneeraus toteutettaisiin saneerausvaihtoehdon 4 esittämällä tavalla. Vesihuoltolinjan saneerauksen loppuosuus Terästiellä, eli paaluväli 396 - 540 Ratatien itäpuolella, tehtäisiin aukikaivamalla. Rakentamalla Terästien itäpään huulevesiviemärit, päästäisiin Terästien itäpään sekaviemäröinnistä eroon. Samalla vaihdettaisiin kadun rakennekerrokset. Myös itäpään kadun laidassa vielä pystyssä olevat kreosiitilla kyllästetyt puiset puhelin- ja sähköpylväät on vaihdettava teräspylväisiin; ilmassa kulkeville puhelin- ja sähkökaapeleille olisi kaivettava maahan erilliset suojaputket. Samalla vaihdettaisiin kadun rakennekerrokset. Suunnitelmakuvat saneerausvaihtoehdosta on liitteessä 10.

Terästien itäpään saneeraaminen aukikaivamalla nostaa kustannuksiksi ilman sujutuksia 218 000 € eli noin 411 €/metri. Terästien sujutuksen kustannusarvio on ilman kaivojen saneerausta 25 000 €. Kustannusarvio koko saneeraukselle olisi 243 000 € eli noin 474 €/metri.

5.5.1 Jätevesiviemärin saneerausmenetelmä

Terästien jätevesiviemärit saneerattaisiin pätkäsujuuttamalla Ketjutien ja Ratatien välinen osuus ulkohalkaisijaltaan 250 ja 280 mm moduuliputkilla paaluvälillä 0-360. Pätkäsujuutus 280 mm putkella toteutettaisiin kaivojen 107 - 102 välisellä osuudella ja kaivojen 102 - 100 välinen jätevesiviemäri sujutettaisiin 250 mm:llä moduuliputkella. Putkikokoa pienennettiin, koska kaivovälillä 102 - 100 viemärilinjassa katsottiin olevan koko matkalla betoniputken painumisesta johtuvia korkeuseroja yksittäisten put-

kien liitossaumoissa. Suuremmalla putkikoolla olisi hyvinkin mahdollista, että moduuliputki jäisi kiinni siirtyneeseen linjan kohtaan. Sujuttaminen tapahtuisi kaivonväli kerrallaan. Kaivosta 107 sujutettaisiin myös 200 mm moduuliputkella yhden kaivonvälin verran aina kaivolle 108 eli paaluväli 360 - 396, jonne Terästien jätevesiviemäriinlinjan sujutus lopetettaisiin. Lisäksi kaivosta 107 käsin sujutettaisiin Ratatien jätevesiviemäriinlinjaa yhden kaivonvälin verran sekä etelään että pohjoiseen vievää Ratatien jätevesiviemäriinlinjaa. Ratatietä sujutettaisiin kaiken kaikkiaan pätkäsujuttamalla noin 50 metriä (33 metriä pohjoiseen ja 17 metriä etelään). Ratatietä sujutettaisiin mahdollista Ratatien vesihuoltolinjan saneerausta ajatellen; tällä tavoin kumpaankin suuntaan olisi jo valmiit lähdot vanhassa betonisessa jätevesiviemärissä.

Jätevesiviemäriinlinjan sujutuksen jälkeen saneerattaisiin Terästien kiinteistöjen tonttiliittymät. Tonttiliittymien sujutus suoritettaisiin kaivoista käsin. Moduuliputket ulotettaisiin aina kiinteistön tonttikaivolle asti.

Kaivojen kuntokartoituksessa havaitut huonokuntoiset kaivot saneerattaisiin vanhan kaivon sisäpuolelle asennettavalla 400 mm halkaisijaltaan olevalla muovikaivolla.

Terästien itäpään eli paaluväli 396 - 540 jätevesiviemärin saneeraus toteutettaisiin aukikaivamalla kolmesta syystä:

- Terästien tältä osalta puuttuu hulevesiviemäröinti.
- Tienrakennekerrokset eivät ole riittävät ja kadussa on havaittavissa huomattavia routavaurioita; rakennekerrosten vaihto olisi suositeltavaa.
- Paaluvälin 396 - 540 vesijohto- ja viemäriinlinja ei kulje katuun nähden suorassa linjassa ja tekee etenkin viemärin toimivuuden kannalta tarpeettoman mutkan paalun 490 kohdalla.

Terästien itäpään vesihuollon saneeraustyö olisi mahdollista suorittaa joko Liikennejärjestelmän ja maarakennusurakoitsijan yhteisenä tuntityönä tai kokonaan maarakennusurakoitsijan tuntityönä. Vesihuolto tekisi molemmissa tapauksissa vesijohtojen liitostyöt.

Sujutustyössä mahdollisten kaivutöitä vaativien häiriöiden sattuessa käytettäisiin Liikennejärjestelmän maarakennusurakoitsijaa, jonka kaivinkone pystyttäisiin siirtämään toiselta työmaalta Terästielle.

5.5.2 Vesijohdon saneerausmenetelmä

Terästien vesijohdon saneeraus toteutettaisiin sekä suuntaporaamalla että aukikaivamalla. Vesijohtoa suuntaporattaisiin paaluvälille 0 - 396 ja paaluvälillä 396 - 540 saneeraus toteutettaisiin aukikaivamalla hulevesiviemärin rakentamisen ja kadun rakennekerrosten vaihdon yhteydessä. Vesijohdon tonttiliittymät kiinteistöille se-

kä Ratatien ja Ketjutien risteyksien ristikot tehtäisiin aukikaivamalla. Vesijohdon kapasiteettia kasvatettaisiin 150 mm:stä 160 mm:iin. Koska vesijohdon kokoa kasvatettaisiin vanhasta, ei olisi aiheellista tehdä erillisiä mitoituksia vesijohdon kapasiteettiin liittyen. Vesijohdon sijaintia siirrettäisiin nykyiseltä paikaltaan. Uusi linja tulisi kulkemaan Terästien pohjoisreunaan koko kadun matkalta. Vesijohto tulisi kulkemaan vanhaa vesijohtoa korkeammalla, noin 2...2,5 metrissä. Saneerauksessa uusittaisiin myös vesijohtolinjan laitteistot eli runkoventtiilit sekä palopostit. Uusia paloposteja tulisi vanhojen lisäksi uusittavan vesihuoltolinjan kumpaankin päähän eli paaluille 0 ja 530.

Vesijohdon suuntaporaaminen aloitettaisiin paalulta 0. Suuntaporaus voitaisiin toteuttaa joko yhdellä kertaa tai neljällä lyhyemmällä vedolla. Neljällä vedolla toteutettava poraus tehtäisiin paaluvälein 0 - 103, 103 - 211, 211 - 362 ja 362 - 396. Paaluvälin 362 - 396 suuntaporaus tehtäisiin siksi, että risteysalue pystyittäisiin pitämään koko saneeraustyön ajan auki liikenteelle. Myöhemmin toteutettavan Terästien itäpään saneeraustyön yhteydessä ei täten olisi tarpeen myöskään kaivaa risteysaluetta auki. Uusi vesijohto porattaisiin paikalleen, jonka jälkeen rakennettaisiin aukikaivamalla vesijohtolinjan laitteet eli ristikot, palopostit, venttiilit sekä kiinteistökohtaiset tonttiliittymät. Suuntaporaus ei myöskään vaatisi väliaikaisen vedenjakelun järjestämistä Terästien kiinteistöille, ja vesijohtolinjan rakentaminen laitteistoiheen sekä tonttiliittymineen olisi mahdollista rakentaa ja ottaa käyttöön siten, ettei kiinteistöille aiheutuisi juuri haittaa saneeraustyöstä.

Vesijohdon suuntaporaus olisi mahdollista toteuttaa eriaikaisesti aukikaivamalla tehtävien saneeraustöiden kanssa. Terästien itäpään vesijohtolinjan rakentaminen voitaisiin toteuttaa muun vesihuollon ja kadun saneerauksen yhteydessä.

5.5.3 *Hulevesiviemärin rakentaminen*

Terästien itäpään paaluvälille 396 - 540 rakennettaisiin hulevesiviemärintä muun vesihuollon yhteydessä. Lisäksi kadun reunassa kulkevat avo-ojat poistettaisiin käytöstä. Kadun linjausta muutettaisiin vastaamaan Ketjutien ja Ratatien välisen osan linjausta. Avo-ojiin rakennettaisiin salaojat sekä reunakaivot, joilla ennen ojiin valuneet pintavedet ohjattaisiin uutteen hulevesiviemäriin. Avo-ojien paikalle rakennettaisiin kevyenliikenteen väylä. Samalla vaihdettaisiin kadun rakennekerrokset sekä kadun laidassa olevat puiset sähköpylväät vaihdettaisiin teräksisiin valopylväisiin. Kadun rakennekerrosten saneerauksen yhteydessä kadulle asennettaisiin maakaapeleiden suojaputket.

Hulevesiviemärien ja kaivojen korkeusasemat määräytyisivät vesijohdon ja jätevesiviemärien korkeusasemien mukaan. Hulevesiviemäri kaivoineen tulisi kulkemaan hieman muuta vesihuoltoa korkeammalla, noin kahdessa metrissä.

Hulevesiviemärin rakennusmateriaali olisi muhwillinen PE -muoviputki ja halkaisija 315 mm. Viemäriin tulevien tarkastuskaivojen halkaisija olisi 800 mm tai suurempi. Tien reunoille tulevien kaivojen halkaisija olisi 500 mm, ja reunakaivot liitettäisiin tarkastuskaivoihin 315 mm:llä muhwillisella PE-muoviputkella. Kaivojen valmistusmateriaali olisi muovi. Ainoastaan Ratatien risteykseen tuleva runkokaivo olisi sorapesäinen. Sorapesän tilavuus tulisi olla vähintään 300 l. Muut runkokaivot olisivat läpivirtauskaivoja. Terästien itäpäähän asennettavien reunakaivojen olisivat kaikki sorapesäisiä. Sorapesän tilavuus olisi 100 l. Terästien itäpään suunnitelma on esitetty liitteessä 10 ja koko kadun saneeraussuunnitelman asemapiirustus liitteessä 2.

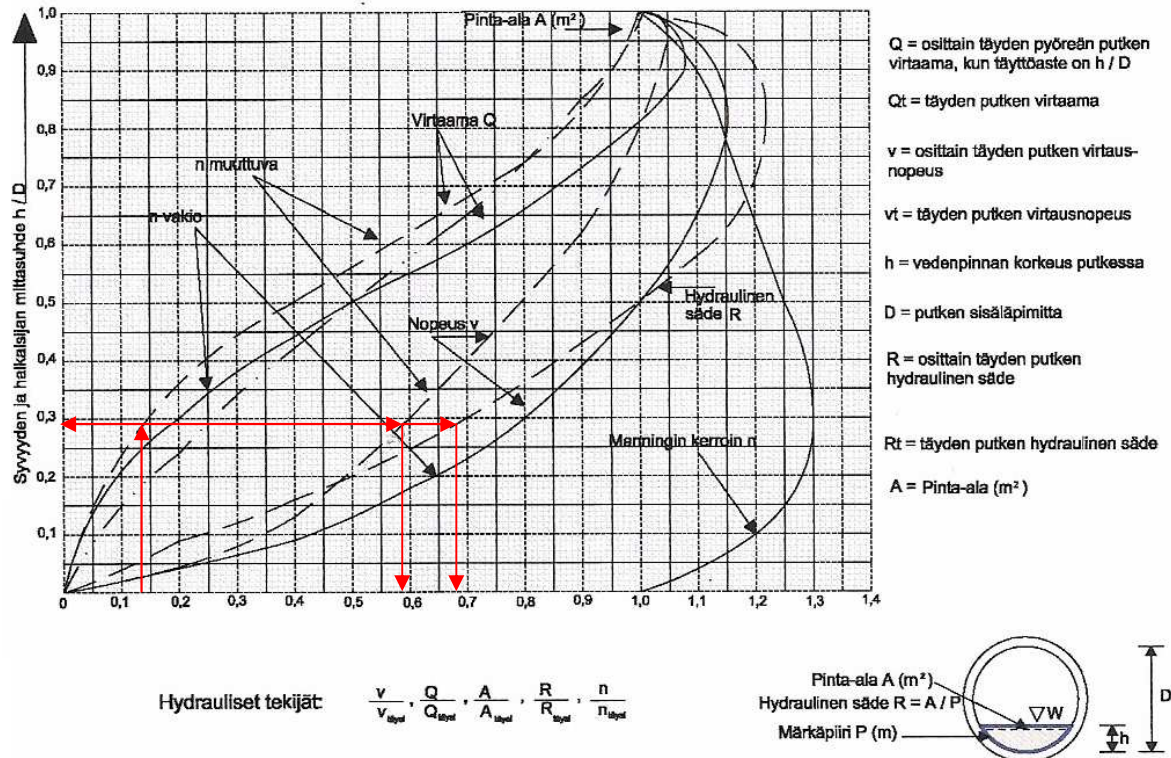
5.6 Terästien vesihuoltolinjan mitoitusarvot

Terästien jätevesiviemärin putkilinjan halkaisija tulisi hieman muuttumaan pätkäsujuituksen seurauksena. Tästä syystä oli tarpeen tehdä tarkastelu uuden koon virtausolosuhteista, lähinnä putken itsepuhdistuvuuteen liittyen.

Pätkäsujutettaessa 300 mm:n jätevesiviemäri 280 mm:llä moduuliputkella, jonka seinämän vahvuus on 15 mm, pienenee putken halkaisija 250 mm:iin. Johtolinjan kaltevuus pysyy samana, eli se on sujuituksen jälkeenkin 4 ‰. Koska Terästien saneerauksen yhteydessä kadun itäpäähän rakennetaan kokonaan uusi hulevesiviemäröinti, saneerattuun jätevesiviemäriin ei lähtökohtaisesti tule pääsemään hulevesiä kadun itäpään kiinteistöiltä. Tällöin mitoitusvirtaama saneeratulle jätevesiviemärielle on luvussa 5.3 esitetyn 2,55 l/s suuruisen.

Saneerattu jätevesiviemärin hydraulikka voidaan tarkastaa kuvassa 67 (s. 108) olevan osittain täynnä olevan putken diagrammilla ja Colebrookin nomogrammia käyttäen (luku 5.3.1, s. 94, kuva 60). Näistä saatujen arvojen perusteella pystytään todentamaan onko saneerattu jätevesiviemäri hydraulikaltaan toimiva. Oleellisinta olisi, että putki olisi itsepuhdistuva. Itsepuhdistuvuus pystyttäisiin todentamaan laskeamalla putken hankausjännitys käyttämällä hankausjännityksen kaavaa (luku 5.3.3, s. 92, kaava 6).

Saneeratun putken hydraulikan tarkistaminen aloitettiin seuraavilla lähtöasetuksilla: putken koko 250 mm, johtolinjan kaltevuus 4 ‰, karkeuskerroin, $k=0,2$ mm.



Kuva 67: Osittain täynnä olevan putken vedenjohtokyky ja termien selitys. [34, s. 53.]

Nomogrammista katsottiin sisähalkaisijaltaan 250 mm täyden putken virtaaman koko kapasiteetiksi noin 50 l/s ja virtausnopeudeksi noin 0,9 m/s. Jos minimivirtaama on Colebrookin nomogrammin mukaan 7 l/s, on virtaamien suhdeluku

$$\frac{Q}{Q_{täysi}} = \frac{7 \text{ l/s}}{50 \text{ l/s}} = 0,14. \text{ Tällöin osittain täynnä olevan putken diagrammista saa}$$

daan syvyyden ja halkaisijan mittaussuhteeksi $\frac{h}{D_{sisä}} = 0,29$. Suhteellisen nopeu-

den arvo samasta diagrammista oli $\frac{v}{v_{täysi}} = 0,59$ ja hydraulisten säteiden suhde

$$\frac{R}{R_{täysi}} = 0,68.$$

Täyden putken virtausnopeus oli Colebrookin nomogrammin mukaan 1,0 m/s, jolloin osittain täynnä olevan putken virtausnopeus on $v = 0,59 \times 0,9 \text{ m/s} = 0,53 \text{ m/s}$.

Vedenpinnan korkeus putkessa on $h = 0,29 \times 250 \text{ mm} = 72,5 \text{ mm}$. Hydraulinen

$$\text{säde, } A/p, \text{ on } R = 0,68 \times \frac{\pi(125 \text{ mm})^2}{\pi \times 250 \text{ mm}} = 42,5 \text{ mm}.$$

Putken itsepuhdistuvuus saatiin laskettua hankausjännityksen kaavasta (kaava 6, s. 100) $T = 1000 \text{ kg} / \text{m}^3 \times 9,81 \text{ m} / \text{s}^2 \times 0,004 \times 0,0425 = 1,67 \text{ N} / \text{m}^2$. Mitoitettava putki on itsepuhdistuva, jos hankausjännityksen arvo ylittää $1,5 \text{ N} / \text{m}^2$. Voitiin siis todeta pätksujutetun jätevesiviemäriin olevan itsepuhdistuva ja täten siis myös toimiva saneerauksen jälkeenkin.

Terästien itäpään jätevesiviemäri

Terästien itäpään hulevesiviemäröinnin rakentamisen yhteydessä rakennettava jätevesiviemäri voidaan mitoittaa virtausolosuhteiltaan samansuuruiseksi kuin pätksujutettu jätevesiviemäri. Jätevesiviemäriin putkikoko kadun itäpäässä on ollut tähän asti 225 mm, joten jätevesiviemäriin putkikoon pienentäminen 200 mm:iin ei heikennä sen toimivuutta. Hankausjännitys voidaan laskea samalla kaavalla kuten edellä, mutta lopputulos olisi sama, sillä kadun itäpään jätevesiviemäriin johtolinjan kaltevuus tulee olemaan sama kuin sujuttamalla saneeratun jätevesiviemäriin.

6 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli määrittää Keravalla sijaitsevaan vesihuollon saneerauskohteen vanhalle vesijohdolle ja jätevesiviemärille saneerausmenetelmä tutkimalla ja vertailemalla eri korjaus- ja saneerausmenetelmiä. Tutkimuksien kautta tavoitteina oli selvittää sekä kustannuksellisesti että toteutuksellisesti käytännöllisin toteutusmenetelmä kyseiselle saneerauskohteelle. Opinnäytetyön tutkimusaineiston ja sen pohjalta toteutetun saneeraustyön on tarkoitus toimia referenssinä Keravalla tulevaisuudessa kaivamattomin menetelmin toteutettaville vesijohtojen saneerauksille.

Opinnäytetyössä tehtyjen tutkimuksien sekä niistä saatujen tulosten ja laadittujen suunnitelmien perusteella pystyttiin määrittämään ja toteuttamaan saneerauskohteen vesijohtojen ja jätevesiviemäreiden saneeraus kaivamattomin menetelmin. Saneerauskohteessa käytettiin myös mm. maalajien määrittämisen menetelmänä maatutkaluotausta, jota ei ole ennen Keravalla käytetty. Maatutkaluotauksella saadut tulokset johtivat siihen, että saneerattavan vesijohdolle pystyttiin määrittämään sille otollisin sijainti, kun tiedettiin maakerrosten rajapinnat, sekä mahdolliset esteet valitun saneerausmenetelmän toteutukselle. Maatutkaluotausta tultaneen käyttämään Keravan vesihuollon saneeraus- ja rakennuskohteissa tulevaisuudessakin. Lisäksi kustannusarvioiden avulla pystyttiin osoittamaan, että kaivamattomalla menetelmällä toteutettava saneeraus on kustannuksiltaan pienempi kuin aukikaivamalla toteutettava saneeraus.

Opinnäytetyön pohjalta suoritettiin tutkimuskohteen vesihuollon saneeraus sekä kaivamattomin menetelmin että aukikaivamalla. Tutkimuskohteen jätevesiviemäri saneerattiin pätkäsujuttamalla ja vesijohto uusittiin suuntaporaamalla maahan uusi vesijohto paaluvälillä 0 - 396. Tällä osuudella toteutettu kaivamattomin menetelmin tehdyn saneerauksen haitat ympäristölle ja olemassa oleville rakenteille todettiin olevan huomattavasti vähäisemmät kuin aukikaivamalla toteutettavilla menetelmillä. Haitat olivat vähäiset, koska kaivamattomin menetelmin tehtävä saneeraus ei vaatinut mittavia maakaivutöitä. Jätevesiviemärin saneeraustyö kesti noin 10 % siitä, mitä aukikaivamalla tehtävä saneeraustyö olisi kestänyt.

Tutkimuskohteessa sujutus- ja suuntaporaustyöstä aiheutuvien maakaivantojen määrä suhteessa saneerattavaan metrimäärään oli vähäinen. Kaivannot tehtiin valitun saneerausvaihtoehdon mukaisesti paikkoihin ja sujutustyössä aiheutuneesta häiriöstä tutkimuskohteen katua jouduttiin kaivamaan vain yhdestä kohden. Paaluvälillä 396 - 540 toteutetut saneerauksen haitat ympäristölle eivät aukikaivamisesta huolimatta olleet kovinkaan suuret tutkimuskohteena olleen kadun itäpään vähäisistä liikennemääristä johtuen.

Keravalla saneerauksen tarpeessa olevia vanhoja vesijohtoja on useita kilometrejä, joista suuri osa sijaitsee nykyisin vilkkaasti liikennöityjen teiden ja katujen alla. Näissä kohteissa aukikaivamalla toteutettavat saneeraukset vaatisivat mittavia kaivutöitä ja liikenteenjärjestelyjä. Tämän opinnäytetyön avulla saavutetut tutkimustulokset ovat avuksi tulevaisuudessa Keravalla tehtäviin kaivamattomin menetelmin tehtävissä saneerauksissa. Ennen kaikkea saneeraustyön perinpohjaisen suunnittelun ja tutkimustyön merkitys Keravalla tulevaisuudessa tehtäviin vastaaviin töihin korostuu tämän opinnäytetyön kautta; kattavalla suunnittelulla pystytään pienentämään toteutettavien saneerausten kustannuksia sekä etsimään vaihtoehtoisia, kustannustehokkaampia, toteutusmuotoja saneerauksille.

VIITELUETTELO

- [1] FCG Planeko Oy/Maa- ja metsätalousministeriö, Vesihuoltoverkostojen nykytila ja saneeraustarve, YVES-tutkimus 2008, www.mmm.fi (1.6.2010)
- [2] Heikkinen Matti, Erityistilanteisiin varautuminen –Vesihuoltoverkostojen saneeraus osana erityistilanteisiin varautumista, Vesitalous 5/2008
- [3] Keravan kaupungin www-sivut, Keravan Vesihuollon esittely, www.kerava.fi/vesihuolto (15.5.2010)
- [4] Suunnittelukeskus Oy, Keravan vesihuollon kehittämissuunnitelma, Kerava 2004
- [5] Niemi Tiina, Pitkän tähtäimen saneerausohjelma laatiminen Keravan vedenjakelujärjestelmää ja jäteveden viemärintijärjestelmää varten, Kerava 2007
- [6] Forss Annukka (toim.), Vesihuollon Verkoston ylläpidon perusteet, VVY, Helsinki 2005
- [7] Isakow Mikko, Pakkosujutuksen käyttö kehittyä, Kunnossapito 5/2005
- [8] Pakkanen Olli, Staattinen pakkosujutus –uusi vaihtoehto putkistojen saneeraukseen, Vesitalous 6/2003, www.mvtt.fi/Vesitalous (4.5.2010)
- [9] KTVVS-tutkimus, Kiinteistöjen tonttivesijohtojen ja –viemäreiden saneeraus, Helsinki 2002
- [10] RIL 142-2 Vesihuolto 2, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto ry, RIL 2004
- [11] Falk Tapio, Kokonaistaloudellisia putkistosaneerauksia kaivamattomilla menetelmillä, Kunnossapito 3/2007
- [12] Ojala Matti, Vesijohto- ja viemäriverkostojen kunnossapito ja saneeraus, SKOY 2005
- [13] VVY, Viemäreiden ja vesijohtojen TV-kuvauksen teettämishjeet, Helsinki 1998
- [14] Suomen Kaivamattoman tekniikan yhdistys, <http://www.fistt.net/savukoe.htm> (2.5.2010)
- [15] Karttunen Erkki, Vesihuoltotekniikan perusteet, Hakapaino Oy, Helsinki 1999
- [16] VVY, Vesijohtojen ja viemäreiden saneeraustöiden rakennuttamisasiakirjat 2000, Helsinki 2001
- [17] VVY, Vesijohtojen ja viemäreiden saneerausmenetelmät, Ympäristöministeriö ja VVY, Helsinki 1995
- [18] VVY, Vesijohtojen ja viemäreiden saneeraus, Helsinki 2005
- [19] Wikipedia, www.wikipedia.org/wiki/Kerava (7.5.2010)
- [20] Lining -myyntikuvasto, www.lining.fi (2.6.2010)
- [21] Talokaivo tuotteet, www.talokaivo.fi (1.6.2010)

- [22] Geologian tutkimuskeskus, www.gtk.fi/geotieto/kartat (27.5.2010)
- [23] Ojala Matti, Tolvanen Tapio, Vesijohtojen- ja viemäriverkostojen kunnossapito ja saneeraus, SKOY 2008
- [24] KWH Pipe, Putkistojen ja kaivojen saneerausjärjestelmät –esite (pdf-tiedosto), www.kwhpipe.fi (2.6.2010)
- [25] Aarsleff Pipe Technologies, Kuristussujutus –esite, www.kaupunginosat.net/oulunkyla/palvelut/rem/Kuristussuj.pdf (19.5.2010)
- [26] Nordig Renovation Group, No Dig –järjestelmät tuotekuvauskansio, www.nrgroup.fi (7.6.2010.)
- [27] Aarsleff Oy, Putkistojen saneerausmenetelmät, www.aarsleff.com (15.6.2010)
- [28] RIL 165-2 Liikenne ja väylät 2, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto ry, RIL 2006
- [29] Geo-Work Oy, Maatutka, www.geo-work.com (19.6.2010)
- [30] Tiehallinnon verkkojulkaisu, Rakenteen parantamissuunnittelua edeltävät maatutkatutkimukset ja tulosten esitystapa - menetelmäkuvaus, Helsinki 2004, www.tiehallinto.fi/julkaisut (19.6.2010)
- [31] Tiehallinnon verkkojulkaisu, Geotekniikan informaatiojulkaisuja: Tieleikkausten pohjatutkimukset, Helsinki 1995, www.tiehallinto.fi/julkaisut (16.7.2010)
- [32] Suomen Kuntaliitto, Kunnallisteknisten töiden yleinen työselostus 02, Helsinki 2001
- [33] TYLT 6800: Kuivatusrakenteet ja putkistot TIEL 22124757-96, Helsinki 1996
- [34] RIL 237-2-2010 Vesihuoltoverkkojen suunnittelu -mitoitus ja suunnittelu, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto ry, RIL 2010
- [35] Aaltonen Juha, Hohti Harri, ym., Suomen ympäristö 31/2008: Rankkasateet ja taa-jamatulvat (RATU), SYKE, Vammala 2008 ja sähköisenä www.ymparistokeskus.fi (22.9.2010)
- [36] Kaupunkiliiton julkaisu B 63, Vesijohtojen ja viemäreiden suunnittelu, Helsinki 1979
- [37] Suunnittelukeskus Oy, Kuopion kaupunki: Hulevesien luonnonmukaisen hallinnan menetelmät – Suunnitteluohje, Kuopio 2007, www.kuopio.fi (1.9.2010)

LIITELUETTELO

- LIITE 1: Terästien asemapiirustus (ei mittakaavassa)
- LIITE 2: Terästien saneeraussuunnitelma (ei mittakaavassa)
- LIITE 3: Terästien vanhat maaperätulkinnat
- LIITE 4: Viemäriinjojen virhetyyppitaulukko
- LIITE 5: Viemäreiden TV-kuvauksen tulokset ja raportti sekä Terästien jätevesiviemärin kaivokortit
- LIITE 6: Terästien pohjatutkimuspiirustus (Plv. 0 - 360)
- LIITE 7: Terästien maatulkuotuksen raportti
- LIITE 8: Kustannusarviot Terästien saneerausvaihtoehdoille
- LIITE 9: Keski-Uudenmaan hanke Oy:n puitesopimus
- LIITE 10: Terästien itäpään saneerauksen suunnitelma (ei mittakaavassa)



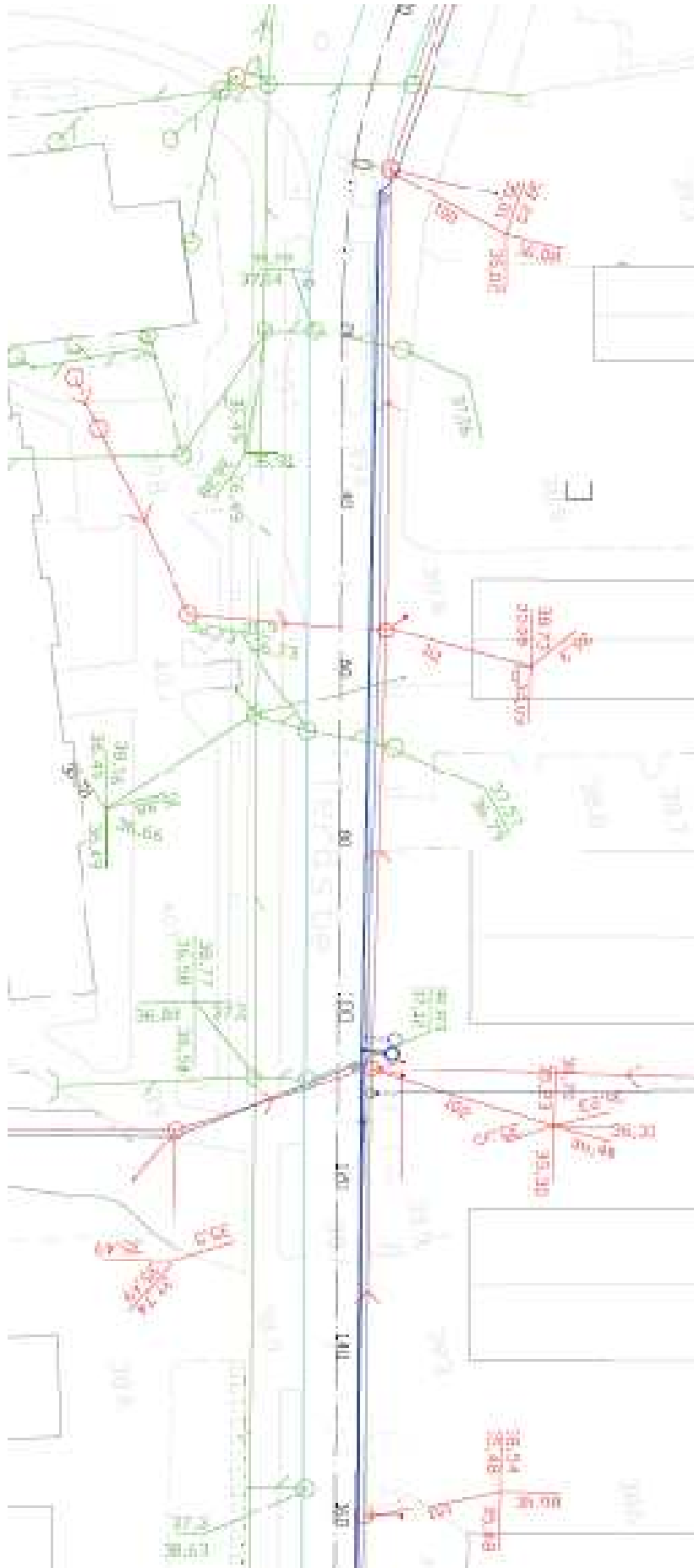
NRO	PVM.	KÄSITTELY	SELITYS	PIIRIT.	PVM.	JAKAJA
				SUUNN.	14.12.2010	JAAKKO TERÄSKI
				HYV.		
				HYV.		
				VAHV.		
				MITTAKAAVA		PIIRINRO
				1:500		
				TEKIJÄ		

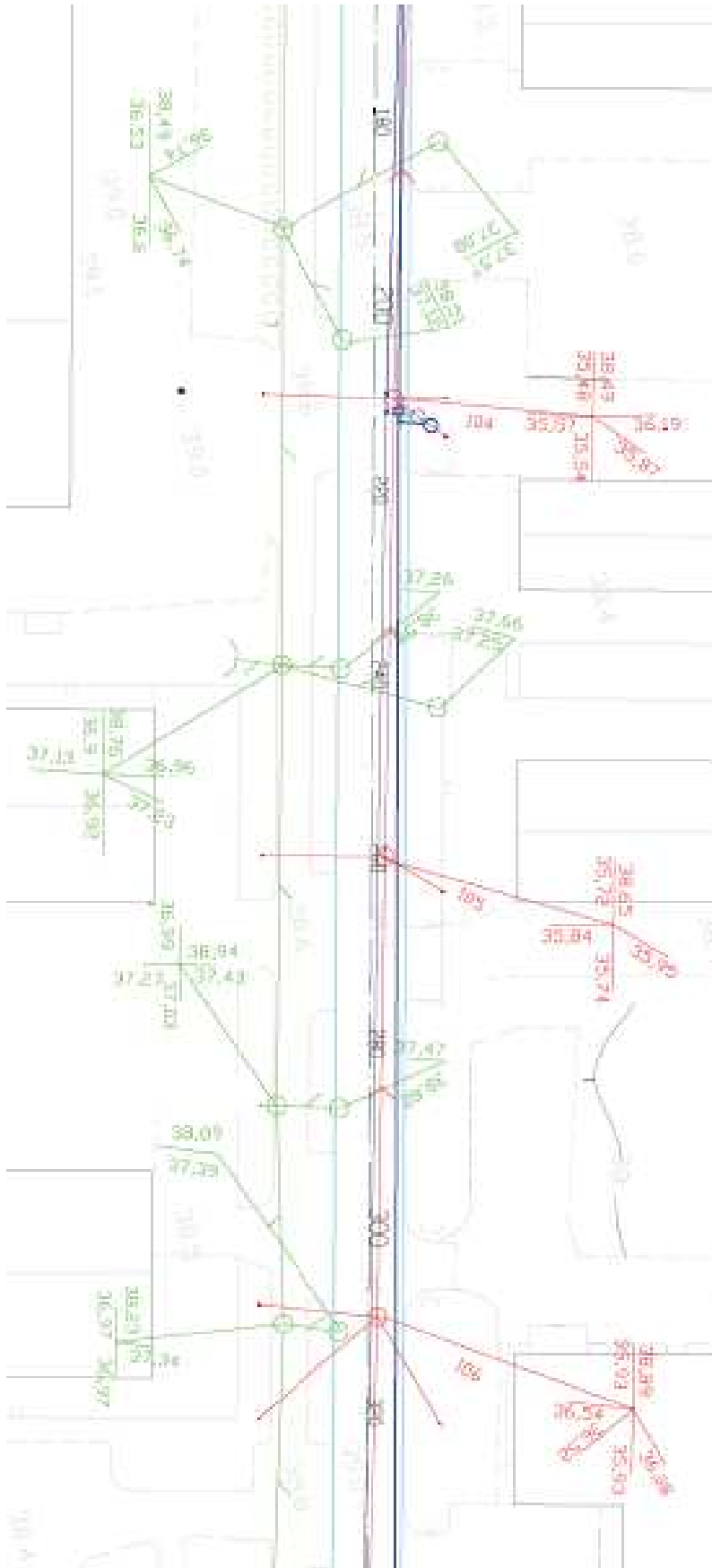
KERAVAN KAUPUNKITEKNIikka
 Liikennejärjestelmä

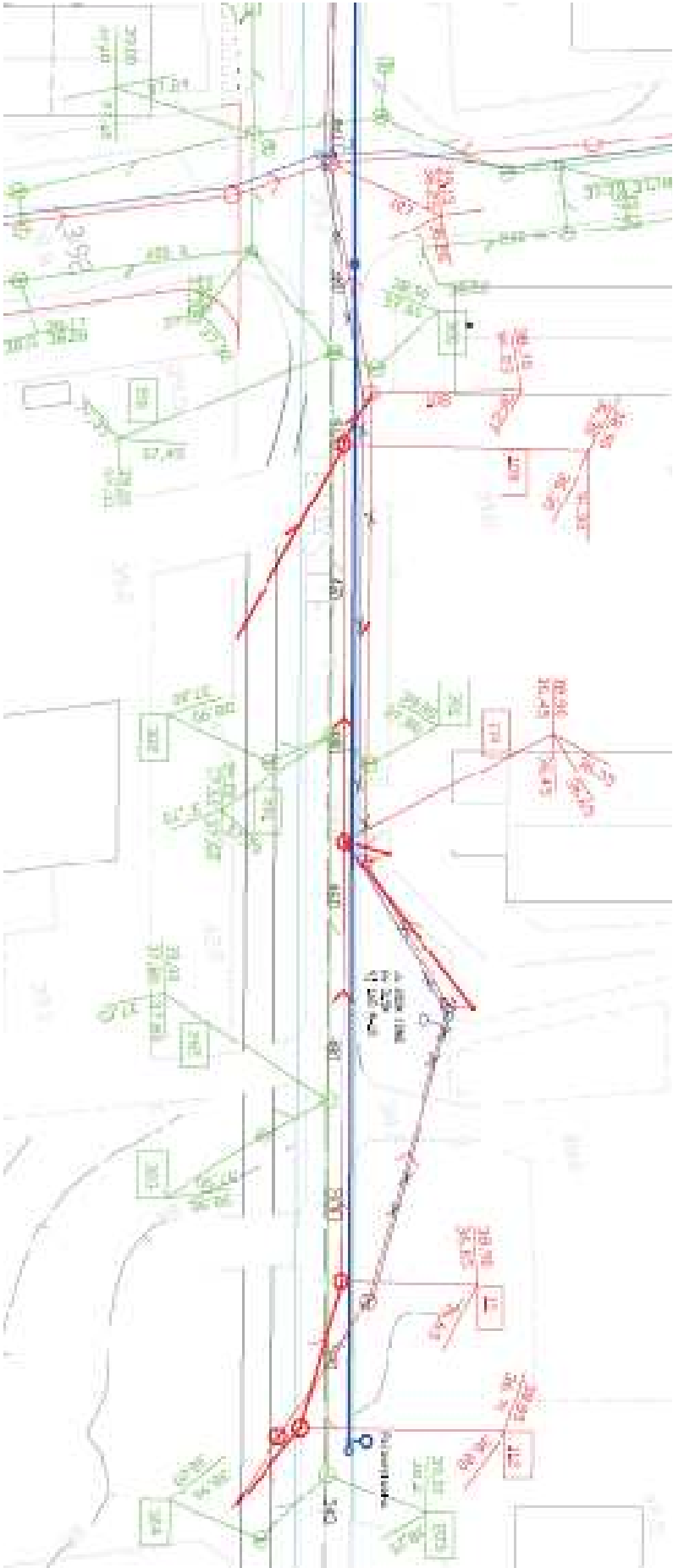
TERÄSTE

vesihuolien saneeraus

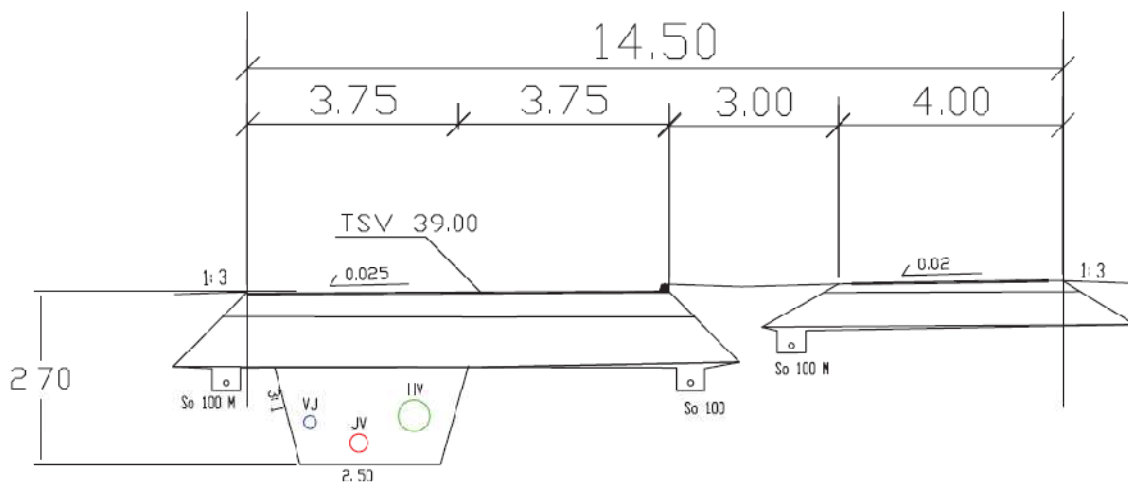
ASPAPIRUSTUS







Tyyppi-poikkileikkaus plv 390-540



Ajoradalla liimattava betoninen reunatuki $h = 80$ mm,
 tonttiliittymissä yliajokivi $h = 60$ mm.

AJORATA:

Päällyste: AB 16-III/125 50 mm

Kantava: #0-32 150 mm

Jakava: #0-100 1200 mm

Suodatinkangas: N2

RAITTI:

Päällyste: AB 11/100 40 mm

Kantava: #0-32 150 mm

Jakava: #0-100 850 mm

Suodatinkangas: N2

NRO	PVM.	KÄSITTELIJÄ	SEUTYKS	PIIRT.	PVM.	
				SUUNN.	11.9.2010	JAAKKO RESKIVÄLI
				HYV.		
				HYV.		
				VAHV.		
				MITTAKAAVA		PIIR.NRO
				1:500		e 110 15
				TERÄS		

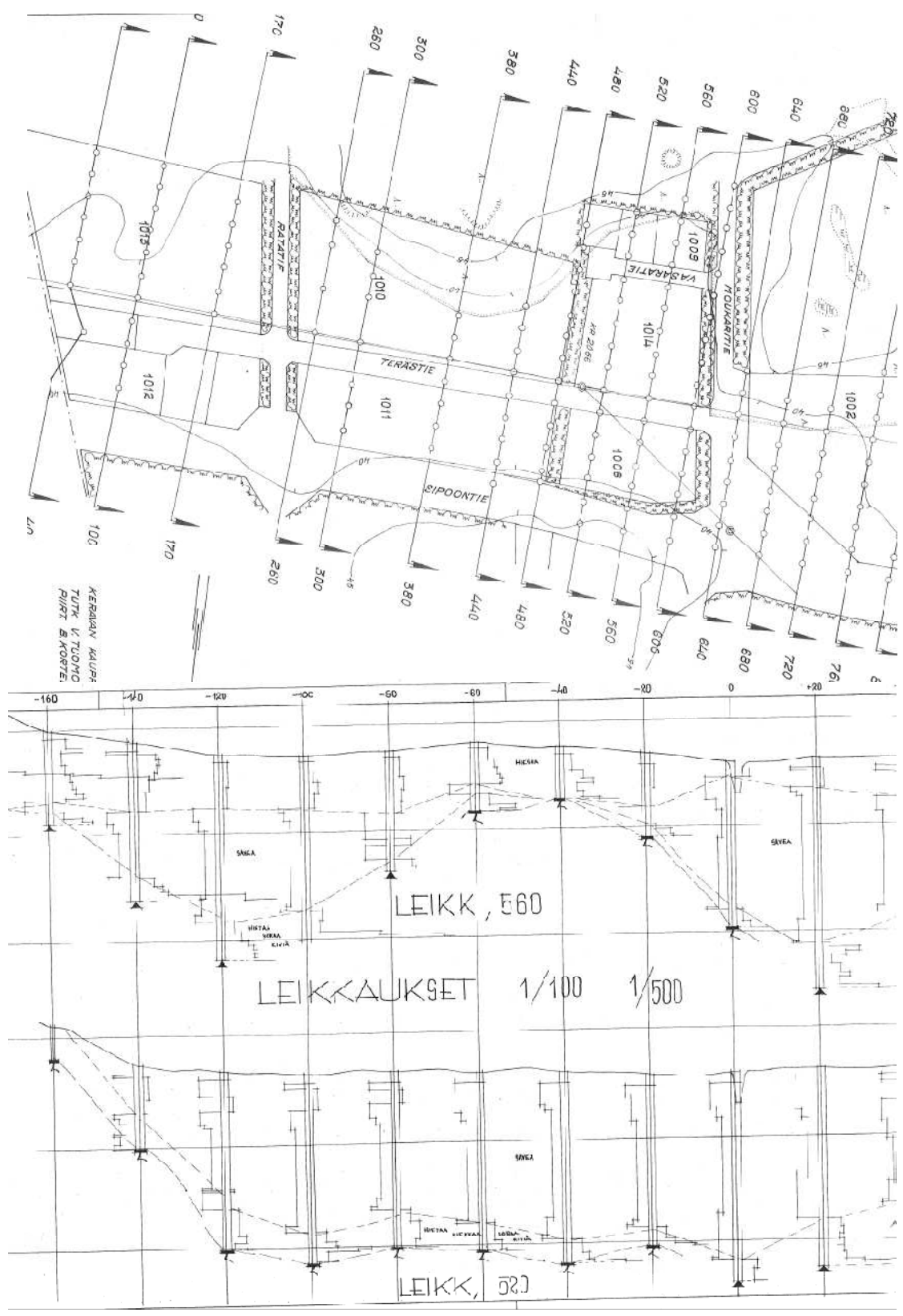


KERAVAN KAUPUNKITEKNIikka
 Liikennejärjestelmä

TERÄSTIE

Vesihuollon saneeraus

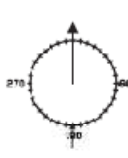
ASEMAPIRUSTUS



Keravan Kaupunki / Terästie

		<i>Lassila & Tikanoja OyJ</i> Valimotie 33 Vantaa Tel: 010 636 5155, Fax:	
Virhetyypit SFS-EN 13508-2 mukaisesti			
Projektin nimi: Terästie	Projektin numero:	Yhteystiedot: Keravan Kaupunki / Jaakko Keskiäli	PVM: 16.06.2010
0:			
EI HAVAINTOJA			
1:			
X < 5% KAIKKIA VIRHEITÄ KOSKEVA ARVO.			
2:			
5 - 15% KAIKKIA VIRHEITÄ KOSKEVA ARVO.			
3:			
15 - 30% KAIKKIA VIRHEITÄ KOSKEVA ARVO. VAATII KORJAUSTA LÄHITULEVAISUUDESSA			
4:			
X > 30% KAIKKIA VIRHEITÄ KOSKEVA ARVO. VAATII KORJAUSTA PIKAISESTI			

KOHDE: TFRKSTIF	SIJAINTI:					
NO: Jvk100	KORKEUS: 4.4					
MALLI: 1000 B		LIITTYMÄT				
		Laatu	Koko mm	Korkeus m	Sugma	Kaato
POISTO		315M (SN8)	315	0	0	
TULO 1		300 B	300	0.00	.80	0.0041
TULO 2		160N	160		90	
TULO 3						
TULO 4						
TULO 5						
TULO 6						
TULO 7						

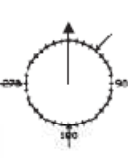


TELESKOOPPI: X
 UMPIKANSI: X
 JÄÄTYMISSUOJA: X
 LISÄTIEDOT:
 LISÄTIEDOT:
 LISÄTIEDOT:
 RITILÄKANSI:
 SÄÄTÖPUTKI DES 315 mm:

VESILUKKO:
 SORAPESÄN SYVYYS:
 HATTU:
 LISÄTIEDOT:
 LISÄTIEDOT:
 LISÄTIEDOT:
 RITILÄKANSI: X
 SÄÄTÖPUTKI DES 315 mm:

DES 500 mm: DES 560 mm:

KOHDE: TFRKSTIF	SIJAINTI:					
NO: Jvk101	KORKEUS: 3.89					
MALLI: 1000 B		LIITTYMÄT				
		Laatu	Koko mm	Korkeus m	Sugma	Kaato
POISTO		300 B	300	0	0	0.0492
TULO 1		300 B	300	0.00	180	0.004
TULO 2						
TULO 3		225 B	225		270	
TULO 4		110 M	110		45	
TULO 5						
TULO 6						
TULO 7						

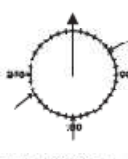


TELESKOOPPI: X
 UMPIKANSI: X
 JÄÄTYMISSUOJA: X
 LISÄTIEDOT:
 LISÄTIEDOT:
 LISÄTIEDOT:
 RITILÄKANSI: X
 SÄÄTÖPUTKI DES 315 mm:

VESILUKKO:
 SORAPESÄN SYVYYS:
 HATTU:
 LISÄTIEDOT:
 LISÄTIEDOT:
 LISÄTIEDOT:
 RITILÄKANSI: X
 SÄÄTÖPUTKI DES 315 mm:

DES 500 mm: DES 560 mm:

KOHDE: TFRKSTIF	SIJAINTI:					
NO: Jvk102	KORKEUS: 3.47					
MALLI: 1000 B		LIITTYMÄT				
		Laatu	Koko mm	Korkeus m	Sugma	Kaato
POISTO		300B	300	0	0	0.0051
TULO 1		300B	300	0.00	.80	0.0492
TULO 2		315M (SN8)	315	0.00	270	
TULO 3		225B	225		260	
TULO 4		160N	160		80	
TULO 5						
TULO 6						
TULO 7						

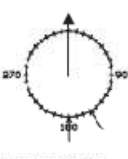


TELESKOOPPI: X
 UMPIKANSI: X
 JÄÄTYMISSUOJA: X
 LISÄTIEDOT:
 LISÄTIEDOT:
 LISÄTIEDOT:
 RITILÄKANSI:
 SÄÄTÖPUTKI DES 315 mm:

VESILUKKO:
 SORAPESÄN SYVYYS:
 HATTU:
 LISÄTIEDOT:
 LISÄTIEDOT:
 LISÄTIEDOT:
 RITILÄKANSI: X
 SÄÄTÖPUTKI DES 315 mm:

DES 500 mm: DES 560 mm:

KOHDE: TFRKSTIF	SIJAINTI:					
NO: Jvk103	KORKEUS: 3.13					
MALLI: 1000 B		LIITTYMÄT				
		Laatu	Koko mm	Korkeus m	Sugma	Kaato
POISTO		300B	300	0	0	0.0775
TULO 1		300B	300		180	
TULO 2		160N	160		150	
TULO 3						
TULO 4						
TULO 5						
TULO 6						
TULO 7						

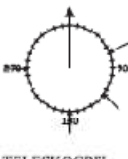


TELESKOOPPI: X
 UMPIKANSI: X
 JÄÄTYMISSUOJA: X
 LISÄTIEDOT:
 LISÄTIEDOT:
 LISÄTIEDOT:
 RITILÄKANSI:
 SÄÄTÖPUTKI DES 315 mm:

VESILUKKO:
 SORAPESÄN SYVYYS:
 HATTU:
 LISÄTIEDOT:
 LISÄTIEDOT:
 LISÄTIEDOT:
 RITILÄKANSI: X
 SÄÄTÖPUTKI DES 315 mm:

DES 500 mm: DES 560 mm:

KOHDE: TFRKSTIF	SIJAINTI:					
NO: Jvk104	KORKEUS: 3.1					
MALLI: 1000 B		LIITTYMÄT				
		Laatu	Koko mm	Korkeus m	Sugma	Kaato
POISTO		300B	300	0	0	0.0051
TULO 1		300B	300	0.00	180	0.0492
TULO 2		150 3	150		270	
TULO 3		110 PCH	110		120	
TULO 4		150 3	150		80	
TULO 5						
TULO 6						
TULO 7						

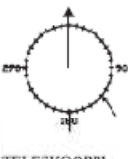


TELESKOOPPI: X
 UMPIKANSI: X
 JÄÄTYMISSUOJA: X
 LISÄTIEDOT:
 LISÄTIEDOT:
 LISÄTIEDOT:
 RITILÄKANSI:
 SÄÄTÖPUTKI DES 315 mm:

VESILUKKO:
 SORAPESÄN SYVYYS:
 HATTU:
 LISÄTIEDOT:
 LISÄTIEDOT:
 LISÄTIEDOT:
 RITILÄKANSI: X
 SÄÄTÖPUTKI DES 315 mm:

DES 500 mm: DES 560 mm:

KOHDE: TFRKSTIF	SIJAINTI:					
NO: Jvk105	KORKEUS: 2.95					
MALLI: 1000 B		LIITTYMÄT				
		Laatu	Koko mm	Korkeus m	Sugma	Kaato
POISTO		300 B	300	0	0	0.0051
TULO 1		300B	300	0.00	180	0.0492
TULO 2		150 B	150		270	
TULO 3		150 B	150		125	
TULO 4						
TULO 5						
TULO 6						
TULO 7						



TELESKOOPPI: X
 UMPIKANSI: X
 JÄÄTYMISSUOJA: X
 LISÄTIEDOT:
 LISÄTIEDOT:
 LISÄTIEDOT:
 RITILÄKANSI:
 SÄÄTÖPUTKI DES 315 mm:

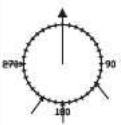
VESILUKKO:
 SORAPESÄN SYVYYS:
 HATTU:
 LISÄTIEDOT:
 LISÄTIEDOT:
 LISÄTIEDOT:
 RITILÄKANSI: X
 SÄÄTÖPUTKI DES 315 mm:

DES 500 mm: DES 560 mm:

KOHDE: TERÄSTIE
NO: jvk106
MALLI: 1000 B

SIJAINNI:
KORKEUS: 2.95

	Laatu	LIITTYMÄT		Sugnta	Kaato
		Koko mm	Korkeus m		
POISTO	300B	300	0	0	0.0051
TULO 1	300B	300	0.00	180	0.0492
TULO 2	150B	150		270	
TULO 3	150B	150		210	
TULO 4	150B	150		120	
TULO 5					
TULO 6					
TULO 7					



TELESKOOPPI:
UMPIKANSI: X
JÄÄTYMISSUOJA:
LISÄTIEDOT:
LISÄTIEDOT:
LISÄTIEDOT:
RITILÄKANSI:
SÄÄTÖPUTKI DES 315 mm:

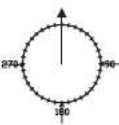
VESILUKKO:
SORAPESÄN SYVYYS:
HATTU:
SÄÄTÖPUTKI:
KANSI 25 m:
KANSI 40 m: X

DES 500 mm: DES 560 mm:

KOHDE: TERÄSTIE
NO: jvk107
MALLI: 1000 B

SIJAINNI:
KORKEUS: 3.0

	Laatu	LIITTYMÄT		Sugnta	Kaato
		Koko mm	Korkeus m		
POISTO	300B	300	0	0	0.0051
TULO 1	225B	225	0.00	180	0.0492
TULO 2	300B	300		270	
TULO 3	300B	300		90	
TULO 4					
TULO 5					
TULO 6					
TULO 7					



TELESKOOPPI:
UMPIKANSI: X
JÄÄTYMISSUOJA:
LISÄTIEDOT:
LISÄTIEDOT:
LISÄTIEDOT:
RITILÄKANSI:
SÄÄTÖPUTKI DES 315 mm:

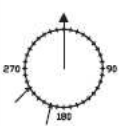
VESILUKKO:
SORAPESÄN SYVYYS:
HATTU:
SÄÄTÖPUTKI:
KANSI 25 m:
KANSI 40 m: X

DES 500 mm: DES 560 mm:

KOHDE: TERÄSTIE
NO: jvk108
MALLI: 600 B

SIJAINNI:
KORKEUS: 2.44

	Laatu	LIITTYMÄT		Sugnta	Kaato
		Koko mm	Korkeus m		
POISTO	225 B	200	0	0	0.0051
TULO 1	225B	225	0.00	200	0.0492
TULO 2	160M	160		240	
TULO 3					
TULO 4					
TULO 5					
TULO 6					
TULO 7					



TELESKOOPPI:
UMPIKANSI: X
JÄÄTYMISSUOJA:
LISÄTIEDOT:
LISÄTIEDOT:
LISÄTIEDOT:
RITILÄKANSI:
SÄÄTÖPUTKI DES 315 mm:


VESILUKKO:
SORAPESÄN SYVYYS:
HATTU:
SÄÄTÖPUTKI:
KANSI 25 m:
KANSI 40 m: X

DES 500 mm: DES 560 mm:

KOHDE: TERÄSTIE
NO: jvk109
MALLI: 1000 B

SIJAINNI:
KORKEUS: 2.3

	Laatu	LIITTYMÄT		Sugnta	Kaato
		Koko mm	Korkeus m		
POISTO	225B	225	0	0	0.0051
TULO 1	225B	225	0.00	150	0.0492
TULO 2	150B	150		70	
TULO 3					
TULO 4					
TULO 5					
TULO 6					
TULO 7					



TELESKOOPPI:
UMPIKANSI: X
JÄÄTYMISSUOJA:
LISÄTIEDOT:
LISÄTIEDOT:
LISÄTIEDOT:
RITILÄKANSI:
SÄÄTÖPUTKI DES 315 mm:

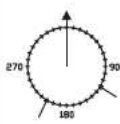
VESILUKKO:
SORAPESÄN SYVYYS:
HATTU:
SÄÄTÖPUTKI:
KANSI 25 m:
KANSI 40 m: X

DES 500 mm: DES 560 mm:

KOHDE: TERÄSTIE
NO: jvk110
MALLI: 560/500 M

SIJAINNI:
KORKEUS: 2.1

	Laatu	LIITTYMÄT		Sugnta	Kaato
		Koko mm	Korkeus m		
POISTO	225B	225	0	0	0.0051
TULO 1	225B	225	0.00	210	0.0492
TULO 2	110M	110		120	
TULO 3					
TULO 4					
TULO 5					
TULO 6					
TULO 7					



TELESKOOPPI:
UMPIKANSI: X
JÄÄTYMISSUOJA:
LISÄTIEDOT:
LISÄTIEDOT:
LISÄTIEDOT:
RITILÄKANSI:
SÄÄTÖPUTKI DES 315 mm:

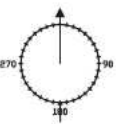
VESILUKKO:
SORAPESÄN SYVYYS:
HATTU:
SÄÄTÖPUTKI:
KANSI 25 m:
KANSI 40 m: X

DES 500 mm: DES 560 mm:

KOHDE: TERÄSTIE
NO: jvk111
MALLI: 1000 B

SIJAINNI:
KORKEUS: 1.6

	Laatu	LIITTYMÄT		Sugnta	Kaato
		Koko mm	Korkeus m		
POISTO	225B	225	0	0	0.0051
TULO 1	225B	225	0.00	180	0.0492
TULO 2					
TULO 3					
TULO 4					
TULO 5					
TULO 6					
TULO 7					



TELESKOOPPI:
UMPIKANSI: X
JÄÄTYMISSUOJA:
LISÄTIEDOT:
LISÄTIEDOT:
LISÄTIEDOT:
RITILÄKANSI:
SÄÄTÖPUTKI DES 315 mm:

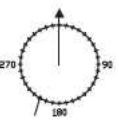
VESILUKKO:
SORAPESÄN SYVYYS:
HATTU:
SÄÄTÖPUTKI:
KANSI 25 m:
KANSI 40 m: X

DES 500 mm: DES 560 mm:

KOHDE: TERÄSTIE
NO: jvk112
MALLI: 1000 B

SIJAINNI:
KORKEUS: 1.44

	Laatu	LIITTYMÄT		Sugnta	Kaato
		Koko mm	Korkeus m		
POISTO	225B	225	0	0	0.0051
TULO 1	150B	150	0.00	210	0.0492
TULO 2					
TULO 3					
TULO 4					
TULO 5					
TULO 6					
TULO 7					



TELESKOOPPI:
UMPIKANSI: X
JÄÄTYMISSUOJA:
LISÄTIEDOT:
LISÄTIEDOT:
LISÄTIEDOT:
RITILÄKANSI:
SÄÄTÖPUTKI DES 315 mm:

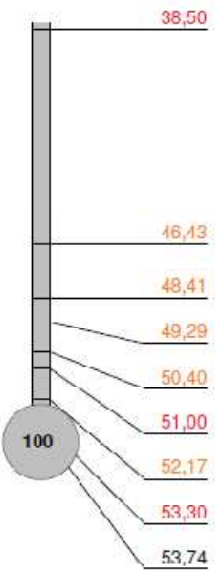
VESILUKKO:
SORAPESÄN SYVYYS:
HATTU:
SÄÄTÖPUTKI:
KANSI 25 m:
KANSI 40 m: X

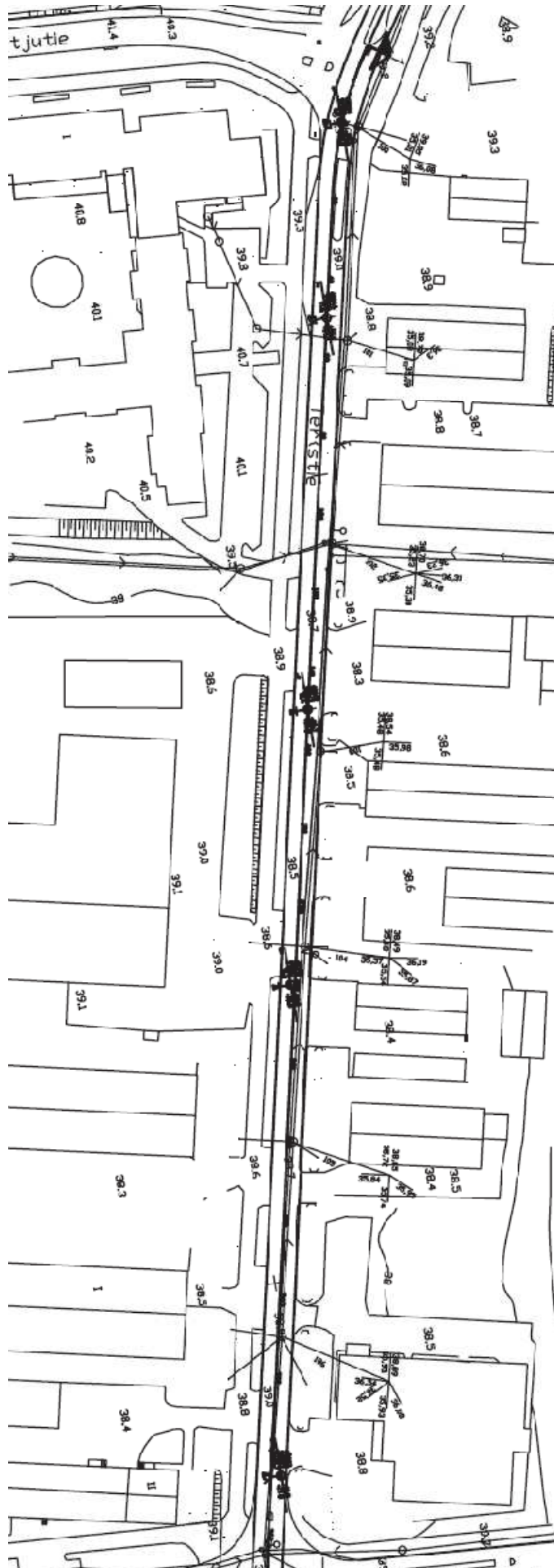
DES 500 mm: DES 560 mm:

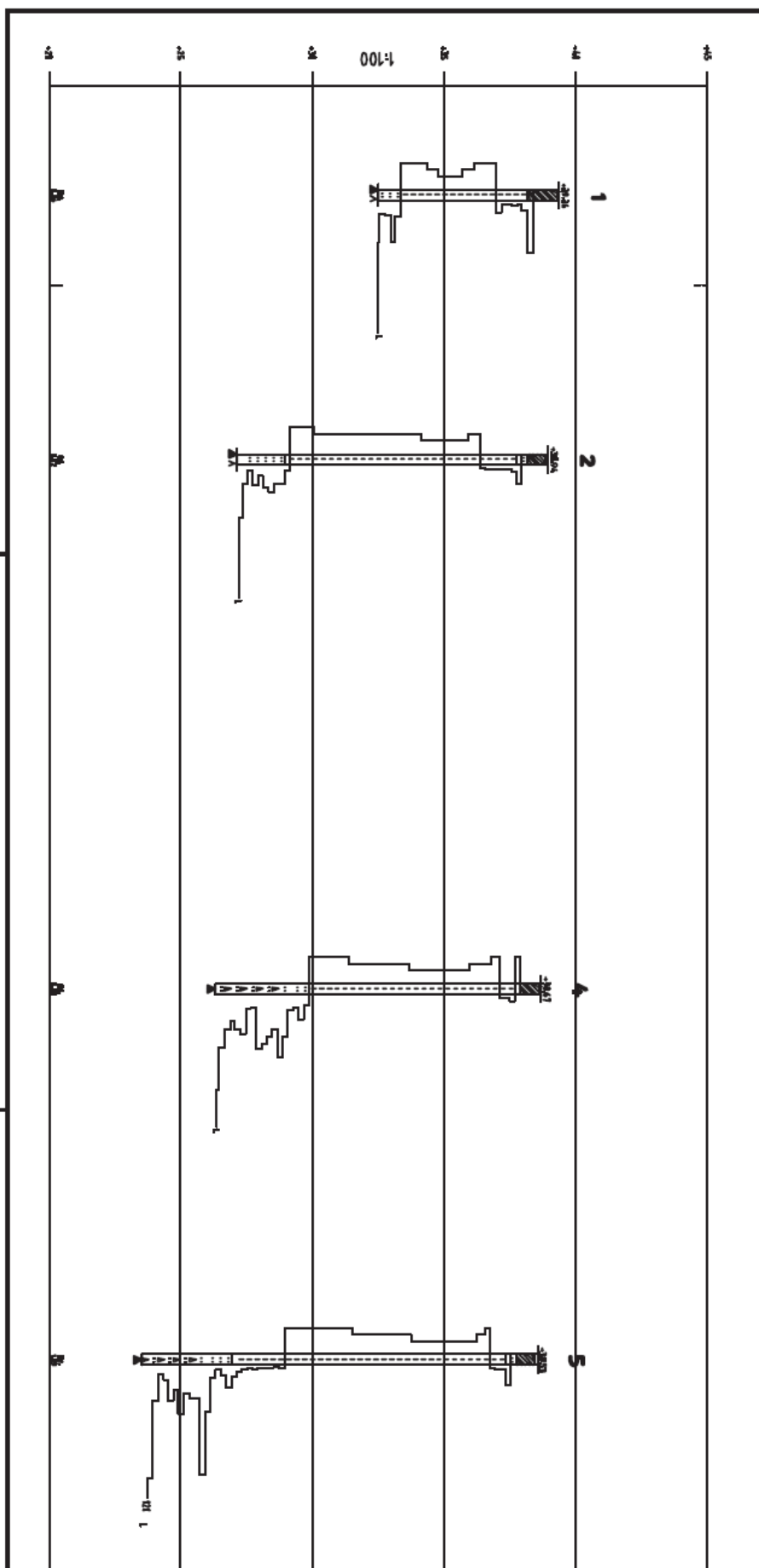
Kohteen sijainti: Terästie	RAK. KUNTO: 3	Aloituskäivo: 101
Paikkakunta: Kerava	TOIM. KUNTO: 4	Lopetuskaivo: 100
Kohteen tyyppi: KATUALUE	UUOTAVUUS: 2	Putken pituus: 53,74 m
Tutkimuksen tarkoitus: YLEISKUNTO	Koko/muoto: mitattu:	300 mm
Viemärin laji: JÄTEVESI	Materiaali:	BETONI Tutkimus suunta: MYÖTÄVIRTAAN
Karttaliitteen Nr.:	Video/CD/DVD Nr.:	
Huomautus:	Ilaja:	Keravan Kaupunki

1:279	SIJAINTI	Täyttö %	HAVAINTO	MPEG	KUVA	ARVO
	101	0,00	0% Kuvauksen alitus	00:00:08		
		0,00	0% Pintavaurio, 2 Betoniputkessa kiviaines on näkyvissä mistä Klo. 07 mihin Klo. 06, koko putkon matkalla.			3
		0,00	0% Siirtymä mistä Klo. 12 mihin Klo. 12, kynnyksiä saumoissa koko putkon matkalla.			2
		0,50	70% Painuma alkaa.			4
		2,65	70% C Verkkohalkeama mistä Klo.04 mihin Klo.05			2
		4,45	70% Pintavaurio, 4 Putkeen on syntynyt reikä Klo.03			3
		6,06	70% Pintavaurio, 4 Putkeen on syntynyt reikä Klo.12			3
		10,96	70% B Poikkihalkeama mistä Klo. 12 mihin Klo. 12			2
		12,08	70% B Poikkihalkeama mistä Klo. 12 mihin Klo. 12			2
		15,99	70% B Poikkihalkeama mistä Klo. 12 mihin Klo. 12			2
		18,02	70% Juuret mistä Klo.09 mihin Klo.03, C Juurimatto		15_11a, b	3
		21,47	70% C Verkkohalkeama mistä Klo. 12 mihin Klo. 12			2
		24,63	70% B Poikkihalkeama mistä Klo. 12 mihin Klo. 12			2
		25,70	70% B Poikkihalkeama mistä Klo. 12 mihin Klo. 12			2
		26,84	70% B Poikkihalkeama mistä Klo. 12 mihin Klo. 12			2
		27,92	70% B Poikkihalkeama mistä Klo. 12 mihin Klo. 12			2
		28,85	70% B Poikkihalkeama mistä Klo. 12 mihin Klo. 12			2
		29,71	70% B Poikkihalkeama mistä Klo. 12 mihin Klo. 12			2
		31,77	70% B Poikkihalkeama mistä Klo. 12 mihin Klo. 12			2

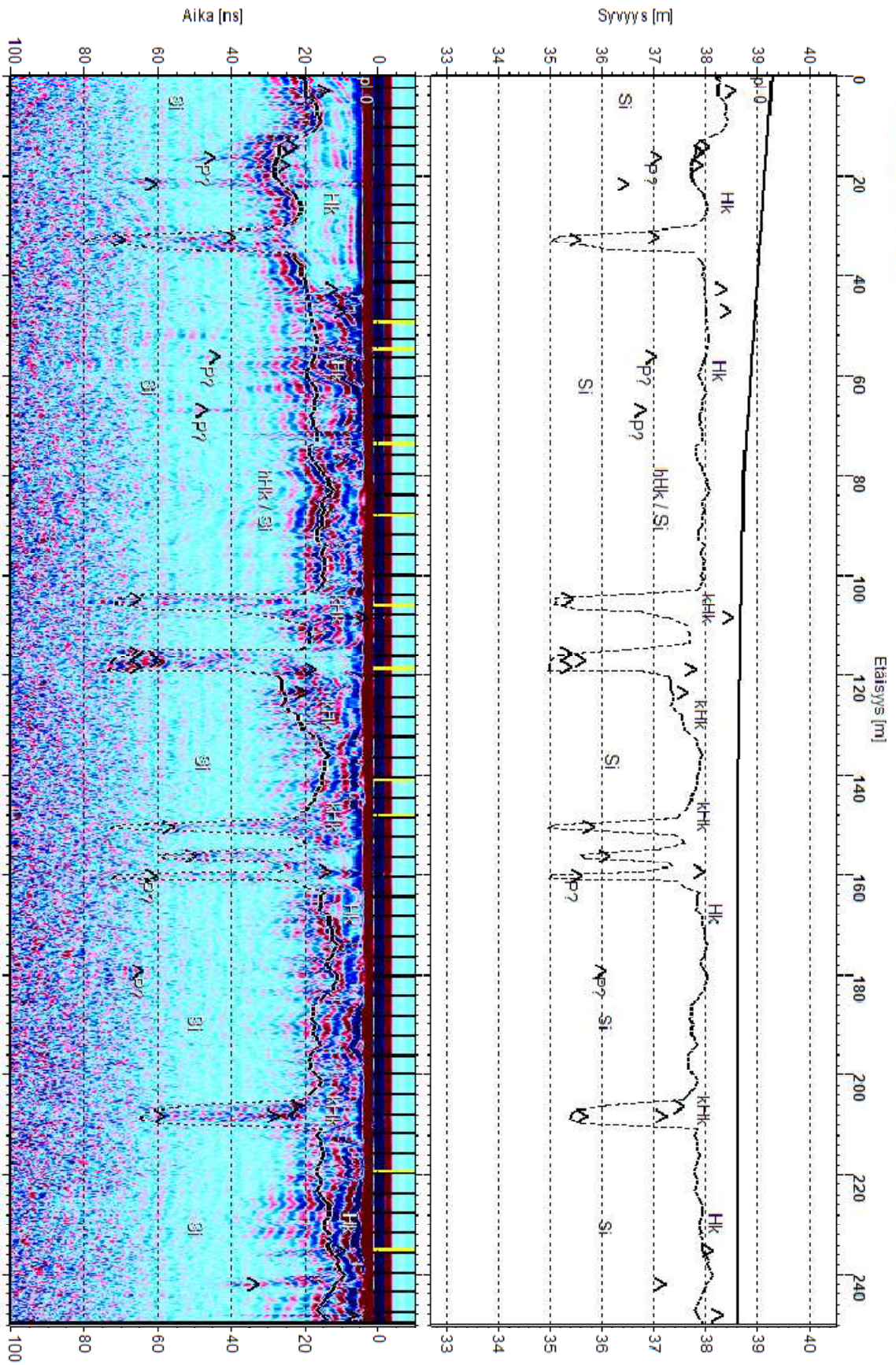
1:279	SIJAINTI	Täyttö %	HAVAINTO	MPEG	KUVA	ARVO
	38,50	70%	Painuma loppu.			4
	46,43	0%	B Poikkihalkaama mistä Klo. 12 mihin Klo. 12			2
	48,41	0%	B Poikkihalkaama mistä Klo. 12 mihin Klo. 12			2
	49,29	0%	B Poikkihalkaama mistä Klo. 12 mihin Klo. 12			2
	50,40	0%	B Poikkihalkaama mistä Klo. 12 mihin Klo. 12			2
	51,00	40%	Painuma alkaa.			4
	52,17	40%	B Poikkihalkaama mistä Klo. 12 mihin Klo. 12			2
	53,30	40%	Painuma loppu			4
	53,74	0%	Kuvauksen loppu	00:06:26		





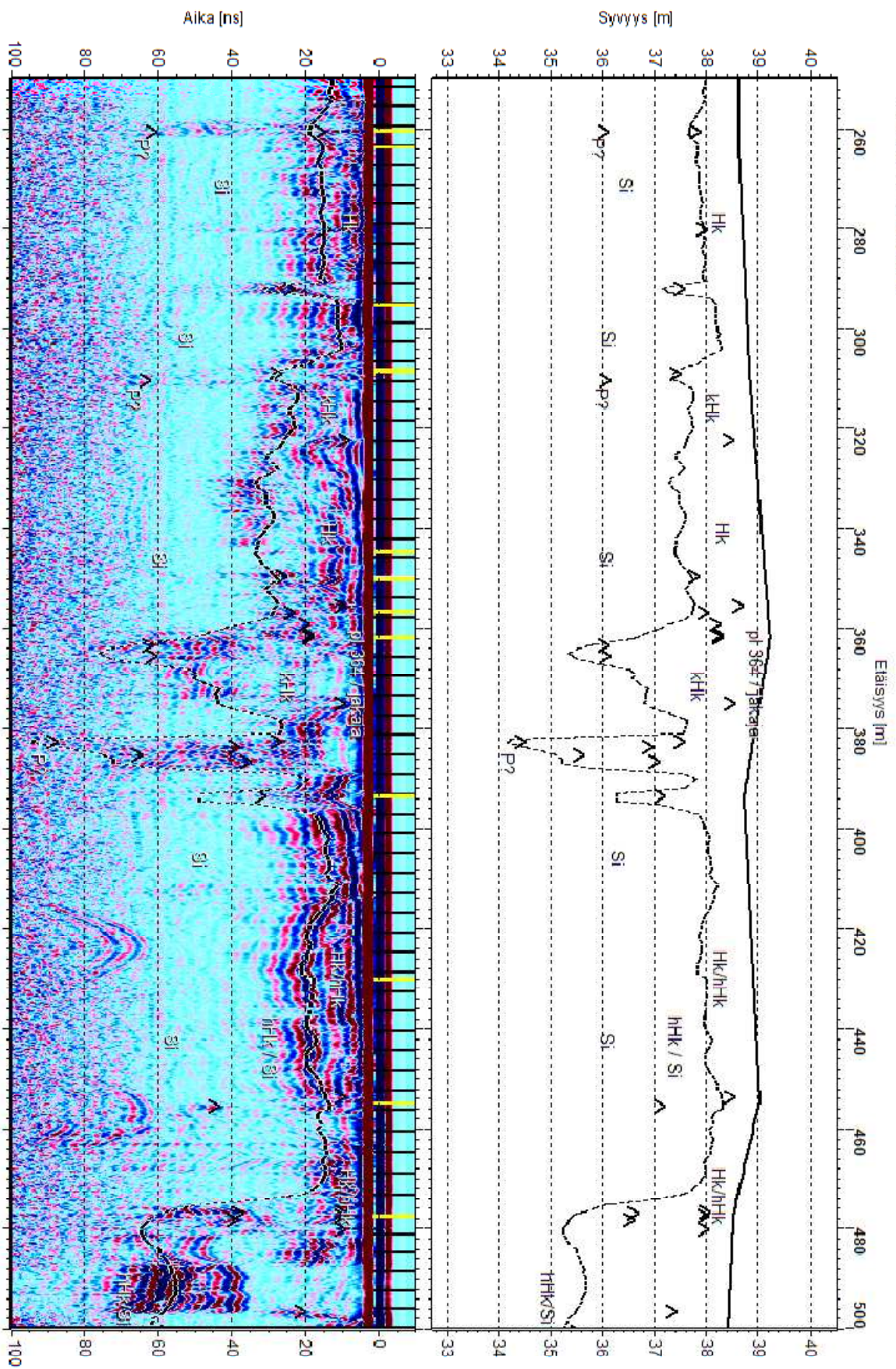


Project: Kerava_Terästäie Line: Linja_1

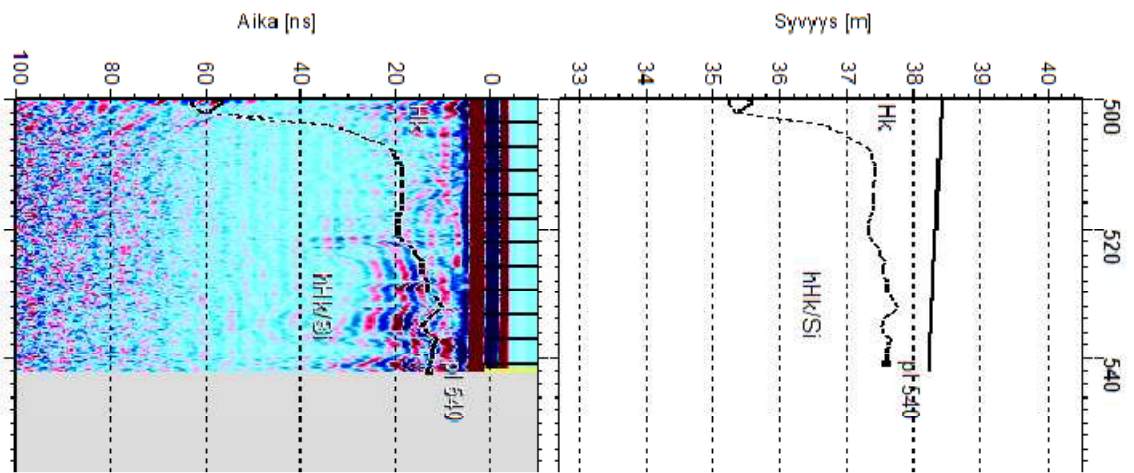


Geo-Work Oy

Project: Kerava_Terästäie Line: Linja_1



Project: Kerava_Teräsite Line: Linja_1



KUSTANNUSARVIO NIMIKKEITTÄIN

in|infra.net

Projekti: Terästie
 Laskelma: Terästien JV-saneerausvaihtoehto 1
 Työnumero:
 Hankkeen tyyppi: Investointi
 Kustannuslaskija: Jaakko Keskiväli
 Asiakas: Keravan Vesihuolto
 Aluekerroin: 1,08
 Kustannusindeksi: 121,00 (2005=100)
 Päivämäärä: 4.9.2010

Laskelman kustannukset yhteensä: 1 017 900 €

Koko laskelma

Rakennusosat

Tunniste	Rakennusosa	Yks.	Määrä	Yks. hinta	Yhteensä
1000	Maa- pohja- ja kalliorakenteet				539 021 €
1100	Olevalt rakenteelt ja rakennusosat				8 799 €
1150	Foisteitavat päällysrakenteet				8 799 €
1151	Poisteitavat tien päällysterakenteet				8 799 €
1151	Asfalttipäällysteen poisto, välivarastoon (kuljetus < 5 km) 2,5x540m+itäpää	m2tr	2 000	4,40 €	8 799 €
1300	Perustusrakenteet				8 190 €
1330	Arinarakenteet				8 190 €
1331	Kiviainesarinat				8 190 €
1331	Sora-arina (20 cm)	mtr	530	11,70 €	6 202 €
1331	+ Kuljetuksen osuus, sora- / sepeliarina (kun matka yli 30 km)	m3tr	160	12,43 €	1 988 €
1600	Maaleikkaukset ja -kaivannot				507 915 €
1610	Maaleikkaukset				7 541 €
1613	Maaleikkaus ja läjitys tai kaatopaikka				4 943 €
1613	Maaleikkaus, massojen kuljetus läjitykseen (yli 500 m3ktr), vaikeat olosuhteet itäpään rakenneerokset 4x1,2x150	m3ktr	720	6,87 €	4 943 €
1613.14	+ Kuljetuksen osuus (kun matka 5-10 km), maaleikkaus- kuljetus läjitykseen tai kaatopaikalle	m3ktr	720	3,61 €	2 597 €
1620	Maakaivannot				48 769 €
1621	Putki- ja johtokaivannot				48 769 €
1621	Putkikaivannon kaivu 3,5x1,5x530m	m3ktr	2 800	6,31 €	17 654 €
1621	+ Lisäkustannus tuetulle leikkauskaivannolle (kuiva)	m3ktr	2 800	4,24 €	11 876 €
1621.15	+ Kuljetuksen osuus (kun matka 10-15 km) putkikaivannon kaivu	m3ktr	2 800	6,87 €	19 239 €
1630	Kaivannon tukirakenteet				451 605 €
1632	Ponttiseinat				451 605 €
1632	Väliaikainen teräsponttiseinä 8x530m	m2tr	4 200	66,57 €	279 591 €
1632	+ Lisäkustannus teräsponttiseinan ponttaustyölle, vaikeat olosuhteet	m2tr	4 200	40,96 €	172 013 €

Ierastie

Tunniste	Rakennusosa	Yks.	Määrä	Yks. hinta	Yhteensä
1800	Penkereet, maapadot ja täytöt				14 116 €
1830	Kaivantojen täytöt				14 116 €
1832	Alkutäytöt				10 368 €
1832	Alkutäyttö murskeesta 0,5x1,5x530m	m3rr	400	13,49 €	5 397 €
1832.19	+ Kuljetuksen osuus (kun matka yli 30 km), alkutäyttö sorasta tai murskeesta	m3rr	400	12,43 €	4 970 €
1833	Lopputäytöt				3 749 €
1833	Lopputäyttö soralla 0,2x1,5x530m	m3rr	160	11,01 €	1 761 €
1833.19	+ Kuljetuksen osuus (kun matka yli 30 km), lopputäyttö soralla tai kaivuumassoilla	m3rr	160	12,43 €	1 988 €
2000	Päällys- ja pintarakenteet				97 655 €
2100	Päällysrakenteen osat ja radan alusrakennekerrokset				97 655 €
2110	Suodatinrakenteet				1 190 €
2112	Suodatinkankaat				1 190 €
2112	Suodatinkangas N2 2x540m	m2tr	1 080	1,10 €	1 190 €
2120	Jakavat kerrokset, eristyskerrokset ja välikerrokset				48 801 €
2121	Jakavat kerrokset				48 801 €
2121.2	Jakava välikerros murskeesta KaM 0-150, 2500...5000 m3rr	m3rr	2 100	9,22 €	19 366 €
	2x1,5x530m +itapään kerrokset				
2121.21	+ Lisäkustannus toteutettavuudelle KaM 0-150: valkeat olosuhteet	m3rr	2 100	1,59 €	3 342 €
2121.49	+ Kuljetuksen osuus (matka yli 30 km), jakava -välikerros murskeesta tai sorasta	m3rr	2 100	12,43 €	26 093 €
2130	Kantavat kerrokset				37 312 €
2131	Sitomattomat kantavat kerrokset				37 312 €
2131.1	Sitomaton kantava kerros KaM 0-32, alle 2500 m3rr	m3rr	860	30,96 €	26 627 €
	0,8x1,5x530m +itapään kerrokset				
2131.49	+ Kuljetuksen osuus (matka yli 30 km), sitomaton kantava kerros	m3rr	860	12,43 €	10 686 €
2140	Päällysteet ja pintarakenteet				10 352 €
2141	Asfalttipäällysteet				10 352 €
2141.11	AB x / 100 (40 mm) (lovittävä ala on 200 1500 m2)	m2tr	1 350	7,67 €	10 352 €
3000	Järjestelmät				105 907 €
3100	Vesihuollon järjestelmät				105 907 €
3110	Jätevesiviemärit				46 162 €
3111	Jätevesiviemäriputket (viettoviemäri)				26 247 €
3111.24	Muoviset jätevesiviemärit Ø 315 plv 0-530	mtr	530	49,52 €	26 247 €
3113	Jätevesiviemäriin tarkastuskaivot ja -putket				13 082 €
3113.1	Muovitarkastuskaivot 800 mm (jätevesi)	kpl	12	1 090,20 €	13 082 €
3114	Liitosrakenteet (jätevesiviemärit)				6 833 €
3114	Jäteveden tonttiliittymä	kpl	18	379,60 €	6 833 €
3120	Hulevesiviemärit				19 184 €
3121	Hulevesiviemäriputket (viettoviemäri)				9 989 €
3121.25	Muoviset hulevesiviemärit Ø 315 Terästien tapaan IV	mtr	170	58,76 €	9 989 €
3123	Hulevesiviemäriin tarkastuskaivot ja -putket				9 194 €
3123.1	Muovitarkastuskaivot 800 mm (hulevesi)	kpl	4	1 002,43 €	4 010 €
3123.1	Muovitarkastuskaivot 400/315 mm (hulevesi)	kpl	10	518,46 €	5 185 €

Ieraste

Tunniste	Rakennusosa	Yks.	Määrä	Yks. hinta	Yhteensä
3100	Vesihuollon järjestelmät				105 907 €
3130	Vesijohdot				40 562 €
3131	Vesijohdot				24 531 €
3131.22	VJM 160 mm	mtr	520	47,18 €	24 531 €
3132	Vesijohdon laitteet				6 622 €
3132.1	Kumiluistiventtiili DN 100	kpl	16	188,29 €	3 013 €
3132.4	Palopostit, pieni	kpl	4	902,45 €	3 610 €
3133	Liitosrakenteet (vesijohdot)				9 108 €
3133	Vesijohdon torttiliittymä PEH 63 PN 10	kpl	18	522,67 €	9 408 €
1000-4900	Rakennusosat yhteensä				742 583 €
Työmaatehtävät					
5100	Rakentamisen johtotehtävät				37 129 €
5200	Urakoitsijan yritystehtävät				01 604 €
5300	Rakentamisen työmaatehtävät ja erityiset työmaakulut				14 852 €
5400	Työmaapalvelut				14 852 €
5500	Työmaan kalusto				7 426 €
5761.31	Hintatasojen muutokset				0 €
Työmaatehtävät yhteensä				21 %	155 943 €
1000-5500	Rakennusosat ja työmaatehtävät yhteensä				898 526 €
Tilajatehtävät					
5600	Suunnittelutehtävät				57 389 €
5700	Rakennuttamis- ja omistajatehtävät				51 981 €
Tilajatehtävät yhteensä				16,1 %	119 370 €
1000-5700	Rakennusosat, työmaatehtävät ja tilajatehtävät yhteensä				1 017 896 €
Muut kustannukset					
Nimi		Yks.	Määrä	Yks. hinta	Yhteensä
Muut kustannukset yhteensä					
Koko hanke yhteensä	(Alv. 0%)				1 017 900 €
	(Alv. 22%)				223 900 €
Koko hanke yhteensä	(Alv. 22%)				1 241 800 €

KUSTANNUSARVIO NIMIKKEITTÄIN

in|infra.net

Projekti: Terästie
 Laskelma: Terästien JV-saneerausvaihtoehto 2
 Työnumero:
 Hankkeen tyyppi: Investointi
 Kustannuslaskija: Jaakko Keskiväli
 Asiakas: Keravan Vesihuolto
 Aluekernoin: 1,08
 Kustannusindeksi: 121,00 (2005=100)
 Päivämäärä: 4.9.2010

Laskelman kustannukset yhteensä: 429 300 €

Koko laskelma

Rakennusosat

Tunniste	Rakennusosa	Yks.	Maara	Yks. hinta	Yhteensä
1000	Maa-pohja- ja kalliorakenteet				113 511 €
1100	Olevat rakenteet ja rakennusosat				12 319 €
1150	Poistettavat päällysrakenteet				12 319 €
1151	Poistettavat tien päällysterakenteet				12 319 €
1151	Asfalttipäällysteen poisto, välivarastoon (kuljetus < 5 km) 4x540m+itapaa	m2tr	2 800	4,40 €	12 319 €
1300	Perustusrakenteet				7 686 €
1330	Arinarakenteet				7 600 €
1331	Kiviainesarinat				7 686 €
1331	Sora arina (20 cm)	mtr	540	11,70 €	6 310 €
1331	+ Kuljetuksen osuus, sora- / sepeliarina (kun matka yli 30 km)	m3tr	110	12,43 €	1 367 €
1600	Maaleikkaukset ja -kaivannot				58 669 €
1610	Maaleikkaukset				7 541 €
1613	Maaleikkaus ja läjitys tai kaatopaikka				7 541 €
1613	Maaleikkaus, massojen kuljetus läjitykseen (yli 500 m3ktr), vaikeat olosuhteet Itäpäähän rakennekerrokset 4x1,2x150	m3ktr	720	6,87 €	4 943 €
1613.14	+ Kuljetuksen osuus (kun matka 5-10 km), maaleikkaus kuljetus läjitykseen tai kaatopaikalle	m3ktr	720	3,01 €	2 597 €
1620	Maakaivannot				40 375 €
1621	Putki- ja johtokaivannot				38 211 €
1621	Putkikaivannon kaivu L*S*P=2,5x2,2x520m	m3ktr	2 900	6,31 €	18 285 €
1621.15	+ Kuljetuksen osuus (kun matka 10-15 km), putkikaivannon kaivu	m3ktr	2 900	6,87 €	19 926 €
1629	Muut maakaivannot				2 165 €
1629	Syvennykset ja kuopat Risteys alueet. 8x4x4,5m/2,5m	m3ktr	224	9,66 €	2 165 €
1630	Kaivannon tukirakenteet				10 752 €
1632	Ponttseinät				10 752 €
1632	Väliaikainen teräsponttiseinä Risteys alueet.	m2tr	100	66,57 €	6 657 €
1632	+ Lisäkustannus teräsponttiseinän ponttaustyölle, vaikeat olosuhteet	m2tr	100	40,96 €	4 096 €

Terästie

Tunniste	Rakennusosa	Yks.	Määrä	Yks. hinta	Yhteensä
1800	Penkereet, maapadot ja täytöt				34 837 €
1830	Kaivantojen täytöt				34 837 €
1832	Alkutäytöt				28 511 €
1832	Alkutäyttö murskeesta L*S*P=2,6x0,8x520m	m3rtr	1 100	13,49 €	14 843 €
1832.19	+ Kuljetuksen osuus (kun matka yli 30 km), alkutäyttö sorasta tai murskeesta	m3rtr	1 100	12,43 €	13 668 €
1833	Lopputäytöt				6 326 €
1833	Lopputäyttö soralla 2,6x0,2x520m	m3rtr	270	11,01 €	2 971 €
1833.19	+ Kuljetuksen osuus (kun matka yli 30 km), lopputäyttö soralla tai kaivuumassoilla	m3rtr	270	12,43 €	3 355 €
2000	Päällys- ja pintarakenteet				94 257 €
2100	Päällysrakenteen osat ja radan alusrakennekerrokset				94 257 €
2110	Suodatinrakenteet				1 377 €
2112	Suodatinkankaat				1 377 €
2112	Suodatinkangas N2	m2tr	1 250	1,10 €	1 377 €
2120	Jakavat kerrokset, eristyskerrokset ja välikerrokset				45 898 €
2121	Jakavat kerrokset				45 898 €
2121.2	Jakava välikerros murskeesta KaM 0-150, alle 2500 m3rtr 2,6x1x520m +itäpäin kerrokset	m3rtr	1 900	10,14 €	19 267 €
2121.21	+ Lisäkustannus toteutettavuudelle KaM 0-150: vaikeat olosuhteet	m3rtr	1 900	1,59 €	3 023 €
2121.49	+ Kuljetuksen osuus (matka yli 30 km), jakava -välikerros murskeesta tai sorasta	m3rtr	1 900	12,43 €	23 608 €
2130	Kantavat kerrokset				22 923 €
2131	Sitomattomat kantavat kerrokset				22 923 €
2131.1	Sitomaton kantava kerros KaM 0-32, alle 2500 m3rtr 2,6x0,2x520m +itäpäin kerrokset	m3rtr	490	30,96 €	15 171 €
2131.11	+ Lisäkustannus toteutettavuudelle KaM 0-32: vaikeat olosuhteet	m3rtr	490	3,39 €	1 663 €
2131.49	+ Kuljetuksen osuus (matka yli 30 km), sitomaton kantava kerros	m3rtr	490	12,43 €	6 088 €
2140	Päällysteet ja pintarakenteet				24 060 €
2141	Asfalttipäällysteet				24 060 €
2141.11	AB x / 100 (40 mm), vilkas liikenne / kaupunki (levitettävä ala on yli 1500 m2)	m2tr	2 800	8,59 €	24 060 €
3000	Järjestelmät				105 412 €
3100	Vesihuollon järjestelmät				105 412 €
3110	Jätevesiviemärit				45 667 €
3111	Jätevesiviemäriputket (viettoviemäri)				25 752 €
3111.24	Muoviset jätevesiviemärit Ø 315 plv 0-520	mtr	520	49,52 €	25 752 €
3113	Jätevesiviemäriin tarkastuskaivot ja -putket				13 082 €
3113.1	Muovitarkastuskaivot 800 mm (jätevesi)	kpl	12	1 090,20 €	13 082 €
3114	Liitosrakenteet (jätevesiviemärit)				6 833 €
3114	Jäteveden tonttiliittymä	kpl	18	379,60 €	6 833 €
3120	Hulevesiviemärit				19 184 €
3121	Hulevesiviemäriputket (viettoviemäri)				9 989 €
3121.25	Muoviset hulevesiviemärit Ø 315	mtr	170	58,76 €	9 989 €
3123	Hulevesiviemäriin tarkastuskaivot ja -putket				9 194 €
3123.1	Muovitarkastuskaivot 800 mm (hulevesi)	kpl	4	1 002,43 €	4 010 €

Teiäsie

Tunniste	Rakennusosa	Yks.	Määrä	Yks. hinta	Yhteensä
3100	Vesihuollon järjestelmät				105 412 €
3120	Hulevesiviemärit				19 184 €
3123	Hulevesiviemäriin tarkastuskaivot ja -pulkat				9 194 €
3123.1	Muovitarkastuskaivot 400/315 mm (hulevesi)	kpl	10	518,46 €	5 185 €
3130	Vesijohdot				40 562 €
3131	Vesijohdot				24 531 €
3131.22	VJ M 160 mm	mtr	520	47,18 €	24 531 €
3132	Vesijohdon laitteet				6 622 €
3132.1	Kumiluistiventtiili DN 100	kpl	16	188,20 €	3 013 €
3132.4	Palopostit, pieni	kpl	4	902,45 €	3 610 €
3133	Liitosrakenteet (vesijohdot)				9 408 €
3133	Vesijohdon tonttillittymä PEH 63 PN 10	kpl	18	522,67 €	9 408 €
1000-4900	Rakennusosat yhteensä				313 180 €

Työmaatehtävät

5100	Rakentamisen johtotehtävät				15 659 €
5200	Urakoitsijan yritystehtävät				34 450 €
5300	Rakentamisen työmaatehtävät ja erityiset työmaakulut				6 264 €
5400	Työmaapalvelut				6 264 €
5500	Työmaan kalusto				3 132 €
5761.31	Hintatason muutokset				0 €
Työmaatehtävät yhteensä				21 %	65 768 €

1000-5500	Rakennusosat ja työmaatehtävät yhteensä				378 948 €
-----------	---	--	--	--	-----------

Tilaaajatehtävät

5600	Suunnittelutehtävät				28 421 €
5700	Rakennuttamis- ja omistajatehtävät				21 923 €
Tilaaajatehtävät yhteensä				16,1 %	50 344 €

1000-5700	Rakennusosat, työmaatehtävät ja tilaaajatehtävät yhteensä				429 292 €
-----------	---	--	--	--	-----------

Muut kustannukset

Nimi	Yks.	Maara	Yks. hinta	Yhteensa
Muut kustannukset yhteensä				
Koko hanke yhteensä	(Alv. 0%)			429 300 €
	(Alv. 22%)			94 400 €
Koko hanke yhteensä	(Alv. 22%)			523 700 €

KUSTANNUSARVIO NIMIKKEITTÄIN

in|infra.net

Projekti: Terästie
 Laskelma: Terästien YH-saneeraus VJ, vaihtoehto 3
 Työnumero:
 Hankkeen tyyppi: Investointi
 Kustannuslaskija: Jaakko Keskiäli
 Asiakas: Keravan Vesihuolto
 Aluekerroin: 1,08
 Kustannusindeksi: 121,00 (2005=100)
 Päivämäärä: 4.9.2010

Laskelman kustannukset yhteensä: 302 200 €

Koko laskelma

Rakennusosat

Tunniste	Rakennusosa	Yks.	Määrä	Yks. hinta	Yhteensä
1000	Maa- pohja- ja kalliorakenteet				78 904 €
1100	Olevat rakenteet ja rakennusosat				9 327 €
1150	Poistettavat päällysrakenteet				9 327 €
1151	Poistettavat tien päällysterakenteet				9 327 €
1151	Asfalttipäällysteen poisto, välivarastoon (kuljetus < 5 km) 4x530m	m2tr	2 120	4,40 €	9 327 €
1300	Perustusrakenteet				7 452 €
1330	Arinarakenteet				7 452 €
1331	Kiviainesarinat				7 452 €
1331	Sora-arina (20 cm)	mtr	520	11,70 €	6 085 €
1331	+ Kuljetuksen osuus, sora- / sepeliarina (kun matka yli 30 km)	m3tr	110	12,43 €	1 367 €
1600	Maaleikkaukset ja -kaivannot				42 715 €
1610	Maaleikkaukset				7 541 €
1613	Maaleikkaus ja läjitys tai kaatopaikka				7 541 €
1613	Maaleikkaus, massojen kuljetus läjitykseen (yli 500 m3ktr), vaikeat olosuhteet Itäpään rakennekerrokset 4x1,2x150	m3ktr	720	6,87 €	4 943 €
1613.14	+ Kuljetuksen osuus (kun matka 5-10 km), maaleikkaus kuljetus läjitykseen tai kaatopaikalle	m3ktr	720	3,61 €	2 597 €
1620	Maakaivannot				24 422 €
1621	Putki- ja johtokaivannot				22 798 €
1621	Putkikaivannon kaivu 1*5*P=2*2,2*520m	m3ktr	2 300	6,31 €	14 502 €
1621.14	+ Kuljetuksen osuus (kun matka 5-10 km), putkikaivannon kaivu	m3ktr	2 300	3,61 €	8 297 €
1629	Muut maakaivannot				1 623 €
1629	Syvennykset ja kuopat Riitikat (6x4x4,5m ja 6x4x2,5m)	m3ktr	168	9,66 €	1 623 €
1630	Kaivannon tukirakenteet				10 752 €
1632	Ponttiseinät				10 752 €
1632	Väliaikainen teräsponttiseinä	m2tr	100	66,57 €	6 657 €
1632	+ Lisäkustannus teräsponttiseinän ponttaustyölle, vaikeat olosuhteet	m2tr	100	40,96 €	4 096 €

Ierastie

Tunniste	Rakennusosa	Yks.	Määrä	Yks. hinta	Yhteensä
1800	Penkereet, maapadot ja täytöt				19 410 €
1830	Kaivantojen täytöt				19 410 €
1832	Alkutäytöt				14 255 €
1832	Alkuläylly murskeesta 1 *S*P=>, 1x0,5x520m	m3tr	550	13,49 €	7 421 €
1832.19	+ Kuljetuksen osuus (kun matka yli 30 km), alkutäyttö sorasta tai murskeesta	m3tr	550	12,43 €	6 834 €
1833	Lopputäytöt				5 155 €
1833	Lopputäyttö soralla 2,1x0,2x520m	m3tr	220	11,01 €	2 421 €
1833.19	+ Kuljetuksen osuus (kun matka yli 30 km), lopputäyttö soralla tai kaivuumassoilla	m3tr	220	12,43 €	2 734 €
2000	Päällys- ja pintarakenteet				81 832 €
2100	Päällysrakenteen osat ja radan alusrakennekerrokset				81 832 €
2110	Suodatinkankaat				1 101 €
2112	Suodatinkankaat				1 101 €
2112	Suodatinkangas N2	m2tr	1 000	1,10 €	1 101 €
2120	Jakavat kerrokset, eristyskerrokset ja välikerrokset				38 651 €
2121	Jakavat kerrokset				30 651 €
2121.2	Jakava välikerros murskeesta KaM 0-150, alle 2500 m3tr 2,1x1x520m (mukana itäpäähän täytöt)	m3tr	1 600	10,14 €	16 225 €
2121.21	+ Lisäkustannus toteutettavuudelle KaM 0-150: vaikeat olosuhteet	m3tr	1 600	1,59 €	2 546 €
2121.49	+ Kuljetuksen osuus (matka yli 30 km), jakava -välikerros murskeesta tai sorasta	m3tr	1 600	12,43 €	19 880 €
2130	Kantavat kerrokset				23 863 €
2131	Sitomattomat kantavat kerrokset				23 863 €
2131.1	Sitomaton kantava kerros KaM 0-32, alle 2500 m3tr 2,1x0,3x520m	m3tr	550	30,96 €	17 029 €
2131.49	+ Kuljetuksen osuus (matka yli 30 km), sitomaton kantava kerros	m3tr	550	12,43 €	6 834 €
2140	Päällysteet ja pintarakenteet				18 217 €
2141	Asfalttipäällysteet				18 217 €
2141.11	AB x / 100 (40 mm), vilkas liikenne / kaupunki (levitettävä ala on yli 1500 m2)	m2tr	2 120	8,59 €	18 217 €
3000	Järjestelmät				59 745 €
3100	Vesihuollon järjestelmät				59 745 €
3120	Hulevesiviemärit				19 184 €
3121	Hulevesiviemäriputket (viettoviemäri)				9 989 €
3121.25	Muoviset hulevesiviemärit Ø 315	mtr	170	58,76 €	9 989 €
3123	Hulevesiviemäriin tarkastuskaivot ja -putket				9 194 €
3123.1	Muovitarkastuskaivot 800 mm (hulevesi)	kpl	4	1 002,43 €	4 010 €
3123.1	Muovitarkastuskaivot 400/315 mm (hulevesi)	kpl	10	518,46 €	5 185 €
3130	Vesijohdot				40 562 €
3131	Vesijohdot				24 531 €
3131.22	V.I M 160 mm	mtr	520	47,18 €	24 531 €
3132	Vesijohdon laitteet				6 622 €
3132.1	Kumiluisilventili DN 100	kpl	16	188,29 €	3 013 €
3132.4	Palopostit, pieni	kpl	4	902,45 €	3 610 €
3133	Liitosrakenteet (vesijohdot)				9 408 €
3133	Vesijohdon tonttiliitymä PEH 63 PN 10	kpl	18	522,67 €	9 408 €

Terästie

1000-4900	Rakennusosat yhteensä			220 481 €
-----------	-----------------------	--	--	-----------

Työmaatehtävät

5100	Rakentamisen johtotehtävät			11 024 €	
5200	Urakoitsijan yritystehtävät			24 253 €	
5300	Rakentamisen työmaatehtävät ja erityiset työmaakulut			4 410 €	
5400	Työmaapalvelut			4 410 €	
5500	Työmaan kalusto			2 205 €	
5761.31	Hintatason muutokset			0 €	
Työmaatehtävät yhteensä				21 %	46 301 €

1000-5500	Rakennusosat ja työmaatehtävät yhteensä			266 782 €
-----------	---	--	--	-----------

Tilajatehtävät

5600	Suunnittelutehtävät			20 009 €	
5700	Rakennuttamis- ja omistajatehtävät			15 434 €	
Tilajatehtävät yhteensä				16,1 %	35 442 €

1000-5700	Rakennusosat, työmaatehtävät ja tilajatehtävät yhteensä			302 225 €
-----------	---	--	--	-----------

Muut kustannukset

Nimi	Yks.	Määrä	Yks. hinta	Yhteensä
Muut kustannukset yhteensä				
Koko hanke yhteensä	(Alv. 0%)			302 200 €
	(Alv. 22%)			66 500 €
Koko hanke yhteensä	(Alv. 22%)			368 700 €

KUSTANNUSARVIO NIMIKKEITTÄIN

in|infra.net

Projekti: Terästie
 Laskelma: Terästien saneerasuvalhtoehto 4 + kalvuut
 Työnumero:
 Hankkeen tyyppi: Investointi
 Kustannuslaskija: Jaakko Keskiväli
 Asiakas: Keravan Vesihuolto
 Aluekerroin: 1,08
 Kustannusindeksi: 121,00 (2005=100)
 Päivämäärä: 4.9.2010

Laskelman kustannukset yhteensä.

228 900 €

Koko laskelma

Rakennusosat

Tunniste	Rakennusosa	Yks.	Määrä	Yks. hinta	Yhteensä
1000	Maa-pohja- ja kalliorakenteet				41 466 €
1100	Olevat rakenteet ja rakennusosat				5 720 €
1150	Poistettavat päällysrakenteet				5 720 €
1151	Poistettavat tien päällysterakenteet				5 720 €
1151	Asfalttipäällysteen poisto, välivarastoon (kuljetus < 5 km) 150x8,5m	m2tr	1 300	4,40 €	5 720 €
1300	Perustusrakenteet				2 625 €
1330	Arinarakenteet				2 625 €
1331	Kiviainesarinat				2 625 €
1331	Sora-arina (20 cm)	mtr	150	11,70 €	1 755 €
1331	+ Kuljetuksen osuus, sora- / sepeliarina (kun matka yli 30 km)	m3rtr	70	12,43 €	870 €
1600	Maaleikkaukset ja -kaivannot				18 203 €
1610	Maaleikkaukset				9 887 €
1613	Maaleikkaus ja läjitys tai kaatopaikka				9 887 €
1613	Maaleikkaus, massojen kuljetus läjitykseen (yli 500 m3ktr), vaikeat olosuhteet 8x1,2x150m	m3ktr	1 440	6,87 €	9 887 €
1620	Maakaivannot				8 316 €
1621	Putki- ja johtokaivannot				4 451 €
1621	Putkikaivannon kaivu 2,3x1,3x150m	m3ktr	449	6,31 €	2 831 €
1621.14	+ Kuljetuksen osuus (kun matka 5-10 km), putkikaivannon kaivu	m3ktr	449	3,61 €	1 620 €
1629	Muut maakaivannot				3 865 €
1629	Syvennykset ja kuopat ristikot 4x3,5x10m/5x2,5x20m	m3ktr	400	9,66 €	3 865 €
1800	Penkereet, maapadot ja täytöt				14 919 €
1830	Kaivantojen läytöt				14 919 €
1832	Alkutäytöt				11 404 €
1832	Alkutäyttö murskeesta	m3rtr	440	13,49 €	5 937 €
1832.19	+ Kuljetuksen osuus (kun matka yli 30 km), alkutäyttö sorasta tai murskeesta	m3rtr	440	12,43 €	5 467 €
1833	Lopputäytöt				3 515 €
1833	Lopputäyttö soralla	m3rtr	150	11,01 €	1 651 €

Terästie

Tunniste	Rakennusosa	Yks.	Määrä	Yks. hinta	Yhteensä
1800	Penkereet, maapadot ja täytöt				14 919 €
1030	Kaivantojen täytöt				14 919 €
1833	Lopputäytöt				3 515 €
1033.19	+ Kuljetuksen osuus (kun matka yli 30 km), lopputäyttö soralla tai kaivuumassoilla	m3tr	150	12,43 €	1 064 €
2000	Päälyys- ja pintarakenteet				68 986 €
2100	Päällysrakenteen osat ja radan alusrakennekerrokset				68 986 €
2110	Suodatinrakenteet				1 101 €
2112	Suodatinrankaat				1 101 €
2112	Suodatinkangas N2	m2tr	1 000	1,10 €	1 101 €
2120	Jakavat kerrokset, enstyskerrokset ja vaikerrokset				26 573 €
2121	Jakavat kerrokset				26 573 €
2121.2	Jakava välikerros murskeesta KaM 0-150, alle 2500 m3tr	m3tr	1 100	10,14 €	11 154 €
2121.21	+ Lisäkustannus toteutettavuudelle KaM 0-150: vaikeat olosuhteet	m3tr	1 100	1,59 €	1 750 €
2121.49	+ Kuljetuksen osuus (matka yli 30 km), jakava -/välikerros murskeesta tai sorasta	m3tr	1 100	12,43 €	13 668 €
2130	Kantavat kerrokset				31 343 €
2131	Sitomattomat kantavat kerrokset				31 343 €
2131.1	Sitomaton kantava kerros KaM 0-32, alle 2500 m3tr	m3tr	670	30,96 €	20 741 €
2131.11	+ Lisäkustannus toteutettavuudelle KaM 0-32: vaikeat olosuhteet	m3tr	670	3,39 €	2 274 €
2131.49	+ Kuljetuksen osuus (matka yli 30 km), sitomaton kantava kerros	m3tr	670	12,43 €	8 325 €
2140	Päällysteet ja pintarakenteet				9 969 €
2141	Asfalttipäällysteet				9 969 €
2141.11	A3 x / 100 (40 mm) (levitettävä ala on 200-1500 m2)	m2tr	1 300	7,67 €	9 969 €
3000	Järjestelmät				55 113 €
3100	Vesihuollon järjestelmät				55 113 €
3110	Jätevesiviemärit				10 763 €
3111	Jätevesiviemäriputket (viettoviemäri)				5 820 €
3111.22	Muoviset jätevesiviemärit Ø 225	mtr	150	38,80 €	5 820 €
3113	Jätevesiviemäriin tarkastuskaivot ja -putket				3 804 €
3113.1	Muovitarkastuskaivot 560/500 mm (jätevesi)	kpl	4	950,96 €	3 804 €
3114	Liitosrakenteet (jätevesiviemärit)				1 139 €
3114	Jäteveden tonttiliitymä	kpl	3	379,80 €	1 139 €
3120	Hulevesiviemärit				19 184 €
3121	Hulevesiviemäriputket (viettoviemäri)				9 989 €
3121.25	Muoviset hulevesiviemärit Ø 315	mtr	170	58,76 €	9 989 €
3123	Hulevesiviemäriin tarkastuskaivot ja -putket				9 194 €
3123.1	Muovitarkastuskaivot 800 mm (hulevesi)	kpl	4	1 002,43 €	4 010 €
3123.1	Muovitarkastuskaivot 400/315 mm (hulevesi)	kpl	10	518,46 €	5 185 €
3130	Vesijohdot				25 167 €
3131	Vesijohdot				6 605 €
3131.22	VJ M 160 mm	mtr	140	47,18 €	6 605 €
3132	Vesijohdon laitteet				9 154 €
3132.1	Kumuluistiventtiili DN 150	kpl	15	309,44 €	4 642 €
3132.4	Paloposliit, pieni	kpl	5	902,45 €	4 512 €

Terästie

Tunniste	Rakennusosa	Yks.	Määrä	Yks. hinta	Yhteensä
3100	Vesihuollon järjestelmät				55 113 €
3130	Vesijohdot				25 167 €
3133	Liilosrakenteet (vesijohdot)				9 408 €
3133	Vesijohdon tonttiiliittymä PEH 63 PN 10	kpl	18	522,67 €	9 408 €
1000-4900	Rakennusosat yhteensä				165 566 €

Työmaatehtävät

5100	Rakentamisen johtotehtävät				8 278 €
5200	Urakoitsijan yritystehtävät				18 212 €
5300	Rakentamisen työmaatehtävät ja erityiset työmaakulut				3 311 €
5400	Työmaapalvelut				3 311 €
5500	Työmaan kalusto				1 656 €
5761.31	Hintatason muutokset				0 €
Työmaatehtävät yhteensä				21 %	34 769 €

1000-5500	Rakennusosat ja työmaatehtävät yhteensä				200 335 €
-----------	---	--	--	--	-----------

Tilajatehtävät

5600	Suunnittelutehtävät				15 025 €
5700	Rakennuttamis- ja omistajatehtävät				11 590 €
Tilajatehtävät yhteensä				16,1 %	26 615 €

1000-5700	Rakennusosat, työmaatehtävät ja tilajatehtävät yhteensä				226 949 €
-----------	---	--	--	--	-----------

Muut kustannukset

Nimi	Yks.	Maara	Yks. hinta	Yhteensa
Muut kustannukset yhteensä				
Koko hanke yhteensä	(Alv. 0%)			226 900 €
	(Alv. 23%)			52 200 €
Koko hanke yhteensä	(Alv. 23%)			279 100 €

KESKI-UUDENMAAN HANKE OY

1 (2)

LIITE 5

VIEMÄREIDEN SUJUTUS

YKSIKÖHINTALUETTELO

Arvonlisäveroton hinta, käytettävä sujutusputken materiaali ja koko on ilmoitettava

1. PÄTKÄSUJUTUS	Yksikköhinta €/m	Yksikköhinta €
Pätkäsujutus Ø 400 mm betoni	<u>77,00</u> x 100 m	<u>7.700,00</u>
Pätkäsujutus Ø 300 mm betoni	<u>47,00</u> x 100 m	<u>4.700,00</u>
Pätkäsujutus Ø 225 mm betoni	<u>37,00</u> x 100 m	<u>3.700,00</u>
2. PITKÄSUJUTUS	Yksikköhinta €/m	Yksikköhinta €
Pitkäsujutus Ø 400 mm betoni	_____ x 100 m	_____
Pitkäsujutus Ø 300 mm betoni	_____ x 100 m	_____
Pitkäsujutus Ø 225 mm betoni	_____ x 100 m	_____
3. LIITTYVÄT TYÖT	Yksikköhinta €/m,m³	Yksikköhinta €
Saneerauskaivo 400 mm h=2m muovihatulla		<u>615,00</u>
Saneerauskaivo teleskoopilla 315 mm ja valurautakansistolla 40t		<u>685,00</u>
Kaivon saneeraus pinnoittamalla betonilla		<u>1.200,00</u>
Kaivon korkeuden lisäys	<u>90,00</u> x 1m	<u>90,00</u>
Välitilan injektointi	_____ x 1m³	_____
Liitostyö sujutettuun putkeen:		
(300 bet.) / tonttihaara 225 mm betoni	<u>360,00</u> x 2 kpl	<u>720,00</u>
(300 bet.) / tonttihaara 160 mm muovi	<u>360,00</u> x 2 kpl	<u>720,00</u>
(300 bet.) / tonttihaara 110 mm muovi	<u>360,00</u> x 2 kpl	<u>720,00</u>
Liitostyö kaivoon:		
tonttihaara 225 mm betoni	<u>20,00</u> x 2 kpl	<u>40,00</u>
tonttihaara 160 mm muovi	<u>20,00</u> x 2 kpl	<u>40,00</u>
tonttihaara 225 mm muovi	<u>20,00</u> x 2 kpl	<u>40,00</u>
4. LISÄ- JA MUUTOSTYÖT	Yksikköhinta €/h	Yksikköhinta €
2 * asentaja + kalusto	<u>155,00</u> x 10 h	<u>1.550,00</u>
5. VERTAILUHINTA PÄTKÄSUJUTUS		Yhteensä €
1. + 3. + 4.		<u>22.520,00</u>
6. VERTAILUHINTA PITKÄSUJUTUS		Yhteensä €
2. + 3. + 4.		_____

KESKI-UUDENMAAN HANKE OY 1 (2)

LIITE 5

VIEMÄREIDEN SUJUTUS

YKSIKÖHINTALUETTELO

Arvonlisäveroton hinta, käytettävä sujutusputken materiaali ja koko on ilmoitettava

	Yksikköhinta €/m	Yksikköhinta €
1. PÄTKÄSUJUTUS		
MaxiLine	Pätkäsujutus Ø 400 mm betoni <u>82,00</u> x 100 m	<u>8200,00</u> (de 355/319 mm)
	Pätkäsujutus Ø 300 mm betoni <u>53,70</u> x 100 m	<u>5370,00</u> (de 250/231 mm)
	Pätkäsujutus Ø 225 mm betoni <u>35,20</u> x 100 m	<u>3520,00</u> (de 200/178 mm)
2. PITKÄSUJUTUS		
	Pitkäsujutus Ø 400 mm betoni <u>80,60</u> x 100 m	<u>8060,00</u> (de ^{SN4} 355 mm PEH)
Flexoren	Pitkäsujutus Ø 300 mm betoni <u>38,70</u> x 100 m	<u>3870,00</u> (de 270/238 mm)
	Pitkäsujutus Ø 225 mm betoni <u>26,70</u> x 100 m	<u>2670,00</u> (de 200/173 mm)
3. LIITTYVÄT TYÖT		
	Saneerauskaivo 400 mm h=2m muovihatulla	<u>590,00</u>
	Saneerauskaivo teleskoopilla 315 mm ja valurautakansistolla 40t	<u>645,00</u>
	Kaivon saneeraus pinnoittamalla betonilla	<u>1250,00</u>
	Kaivon korkeuden lisäys <u>82,00</u> x 1m	<u>82,00</u>
	Välitilan injektointi <u>400,00</u> x 1m ³	<u>400,00</u>
	Liitostyö sujutettuun putkeen:	
	(300 bet.) / tonttihaara 225 mm betoni <u>315,00</u> x 2 kpl	<u>630,00</u>
	(300 bet.) / tonttihaara 160 mm muovi <u>300,00</u> x 2 kpl	<u>600,00</u>
	(300 bet.) / tonttihaara 110 mm muovi <u>300,00</u> x 2 kpl	<u>600,00</u>
	Liitostyö kaivon:	
	tonttihaara 225 mm betoni <u>85,00</u> x 2 kpl	<u>170,00</u>
	tonttihaara 160 mm muovi <u>65,00</u> x 2 kpl	<u>130,00</u>
	tonttihaara 225 mm muovi <u>85,00</u> x 2 kpl	<u>170,00</u>
4. LISÄ- JA MUUTOSTYÖT		
	2 * asentaja + kalusto <u>175,00</u> x 10 h	<u>1750,00</u>
5. VERTAILUHINTA PÄTKÄSUJUTUS		Yhteensä €
1. + 3. + 4.		<u>24107,00</u>
6. VERTAILUHINTA PITKÄSUJUTUS		Yhteensä €
2. + 3. + 4.		<u>21617,00</u>

