



Aalto-yliopisto
Insinööritieteiden
korkeakoulu

Sanna Rantanen

Jätevesiviemäreiden kuntotutkimusten ja saneerausten kohdentaminen riskienhallinnan näkökulmasta

Diplomityö, joka on jätetty opinnäytteenä tarkastettavaksi
diplomi-insinöörin tutkintoa varten.

Espoossa 14.3.2017

Valvoja: Professori Riku Vahala

Ohjaaja: Diplomi-insinööri Tuija Laakso

Tekijä Sanna Rantanen

Työn nimi Jätevesiviemäreiden kuntotutkimusten ja saneerausten kohdentaminen riskienhallinnan näkökulmasta

Koulutusohjelma Yhdyskunta- ja ympäristötekniikka

Pää-/sivuaine Vesi- ja ympäristötekniikka

Koodi R3005

Työn valvoja Professori Riku Vahala

Työn ohjaaja(t) Diplomi-insinööri Tuija Laakso

Päivämäärä 14.3.2017

Sivumäärä 108+6

Kieli Suomi

Tiivistelmä

Suomen jätevesiviemäriverkoston rakentaminen on ollut runsasta 1960–1970-luvuilla. Kyseisinä vuosina rakennetut johdot ovat lähestymässä käyttöikänsä loppua, ja niiden saneeraus on ajankohtainen. Vesihuoltolaitoksien verkostosaneeraukseen kohdistamat resurssit ovat rajalliset, ja siksi on ehdottoman tärkeää kehittää menetelmiä sille, että kuntotutkimukset ja saneeraustoimet kohdistetaan tarkoituksenmukaisesti. Kohdistaminen ei yleensä ole helppoa: vesihuoltolaitoksilla on usein puutteelliset lähtötiedot, kuten sijainti-, materiaali- ja ikätiedot verkostoistaan. Hyvä verkoston tilan tunteminen ja verkoston toiminnan kannalta kriittisimpien johto-osuuksien tunnistaminen ohjaavat saneerausten oikeanlaisessa kohdentamisessa.

Tämän työn tavoitteena oli tutkia, miten viemäriverkoston kuntotutkimuksia ja saneerauksia voisi kohdentaa mahdollisimman tehokkaasti ja erityisesti häiriöiden syntyä ennakoivasti. Työssä perehdyttiin kohdentamiseen riskienhallinnan kannalta. Riskiperusteisessa kohdentamisessa arvioidaan häiriöiden todennäköisyyttä ja seurausten vakavuutta ja kohdennetaan verkoston ylläpitotoimet ennakoivasti näiden pohjalta. Ensimmäisiksi kuntotutkimukset ja saneeraukset tulisivat kohdentaa niihin verkoston osiin, joissa riskit ovat kaikkein suurimmat.

Työssä käytiin läpi, millaisia rakenteellisia ja toiminnallisia häiriöitä viemäriverkoston toiminnassa saattaa ilmetä. Lisäksi selvitettiin erilaisia työkaluja, joiden avulla kuntotutkimuksia ja saneerauksia on mahdollista kohdentaa riskienhallinnan näkökulmasta. Putkimateriaalien valmistajien ja vesihuoltolaitosten edustajien haastattelujen avulla selvitettiin, miten kuntotutkimuksia ja saneerauksia Suomessa tällä hetkellä kohdennetaan ja minä aikakausina rakennetuissa putkimateriaaleissa saattaa ilmetä laadullisia eroja.

Kohdentamisen avuksi testattiin Aalto-yliopiston Efesus-hankkeen yhteydessä kehitettyä Sphinx-ohjelmistoprototyyppiä Porvoon veden verkkotietoaineistolla. Testauksella selvitettiin ohjelman tarjoamat mahdollisuudet saada lisätietoja viemäriverkoston riskikohteista erityisesti sijaintiin ja ominaisuustietoihin perustuen. Tarkastelussa riskialttiimpina pidettiin linjoja, joissa tapahtuvien häiriöiden todennäköisyys on suuri tai seurauksen merkittäviä. Testauksessa selvitettiin, miten hyvin ohjelmistoprototyyppi soveltuisi kuntotutkimusten ja saneerausten kohdentamisen työkaluksi ja mitä kehitystoimia ohjelmiston käyttö edellyttäisi. Sphinx-ohjelmistoprototyypin avulla laadittiin Porvoon veden viemäreille kriittisyysluokitus ja kuntotutkimusohjelma.

Avainsanat Jätevesiviemäri, kuntotutkimus, saneeraus, kohdentaminen, hallinta, riski

Author Sanna Rantanen

Title of thesis Decision support for waste water sewer inspection and renovation planning in risk management perspective

Degree programme Civil and Environmental Engineering

Major/minor Water and Wastewater Engineering

Code R3005

Thesis supervisor Professor Riku Vahala

Thesis advisor(s) Master of Science (Tech.) Tuija Laakso

Date 14.3.2017**Number of pages** 108+6**Language** Finnish

Abstract

Construction of sewer networks was profuse in the 1960's and 1970's. Networks that were built have reached the end of their life cycle and require renewal. However organizations that manage the sewer systems have limited resources for renovation and renewal. For that reason, it is crucial to develop methods to allocate the resources appropriately for the sewers that need renovation the most. However, this is not easy, since even basic attribute data on build years and materials are often inadequate. Additionally, there should be information about sewer condition in order to point out the most critical parts of the networks.

The objective of this thesis was to study how the sewer inspections and renovations could be planned effectively from a risk management perspective. The aim of risk management perspective is to maintain the condition of sewer networks by preventing failures and by minimizing the harmful consequences of already occurred failures. Inspections and renovations should be carried out to the sewers with a high probability of a failure or severe failure consequences.

This master's thesis presents what kind of failures may occur in sewers. Also, existing tools for inspection and renovation planning are introduced. Manufacturers of sewer pipelines and members of sewer management organizations were interviewed. The results of interviews present contemporary sewer renovation practices in Finland and how the quality of the sewer pipelines has evolved in the last decades.

A software prototype called Sphinx developed in the Aalto university was tested on the electronic data on the Porvoo sewer network. The aim was to test how well the tool supports identification of critical pipelines and planning of inspections and renovations. Suggestions for further improvements were also given. Using the software, the most critical pipes were identified, a criticality classification was made and an inspection program was created for Porvoo sewer system.

Keywords Wastewater, sewer network, inspection, renovation, risk management

Alkusanat

Diplomityö on tehty Aalto-yliopiston vesi- ja ympäristötekniikan tutkimusryhmässä jatkona Efesus-hankkeessa aloitetulle työlle viemäriverkostojen saneerausten ja kuntotutkimusten kohdentamisen kehittämiseksi. Haluan kiittää Aalto-yliopistoa tästä mahdollisuudesta. Erityisesti haluan kiittää työni ohjaajaa, diplomi-insinööri Tuija Laaksoa joustavuudesta, kannustuksesta ja rakentavasta palautteesta työni aikana. Kiitokset myös Anas Altartourille Sphinx-ohjelmistoa koskevasta opastuksesta sekä työni valvojalle, professori Riku Vahalalle.

Kiitokset Porvoon veden Reetta Kuroselle ja Peter Ekstamille mahdollisuudesta hyödyntää Porvoon viemäriverkoston verkkotietoaineistoa tutkimustyössä. Haluan kiittää myös työssä haastateltuja putkimateriaalien valmistajien edustajia kattavista ja rehellisistä vastauksista putkimateriaalien historiaa ja kehitystä koskien. Kiitokset myös vesihuoltolaitosten edustajille, jotka avustivat työssäni kartoittamaan kuntotutkimusten ja saneerausten toteutuksen ja kohdentamisen periaatteita käytännössä.

Lisäksi haluan kiittää Pöyry Finland Oy:n vesihuoltoverkostot ja -konsultointi -osaston kollegoitani joustavuudesta ja saamastani mahdollisuudesta opiskella työni ohessa.

Lämmin kiitos myös perheelleni ja läheisilleni kaikesta siitä tuesta ja ymmärryksestä, jota olen opintojeni aikana saanut.

Espoo 14.3.2017

Sanna Rantanen

Sisällysluettelo

1	Johdanto.....	8
2	Jätevesiviemärijärjestelmä ja sen saneeraustarve	10
2.1	Jätevesiviemäröinti ja sen kehittyminen Suomessa	10
2.2	Putkimateriaalien kehitys	11
2.2.1	Betoniset viemäriputket	13
2.2.2	Valurautaiset viemäriputket	14
2.2.3	Muoviset viemäriputket	14
2.2.4	Teräksiset viemäriputket.....	15
2.2.5	Muut viemärimateriaalit.....	16
2.3	Suomen viemäriverkoston kunto tunnuslukujen valossa	16
2.4	Suomen jätevesiviemäreiden saneeraustarve	18
2.5	Kunnossapidon merkitys.....	18
3	Jätevesiviemäreiden toiminnassa ilmenevät häiriöt	19
3.1	Häiriötyypit ja häiriöiden syyt	19
3.1.1	Rakenteelliset häiriöt	19
3.1.2	Toiminnalliset häiriöt.....	23
3.1.3	Putkimateriaalikohtaiset tavallisimmat häiriöt.....	24
3.1.4	Vuotojen aiheuttamat häiriöt.....	25
3.1.5	Asennusvirheiden aiheuttamat häiriöt	27
3.2	Häiriöiden aiheuttamat riskit	29
4	Kuntotutkimus- ja saneerausmenetelmät.....	30
4.1	Kuntotutkimusmenetelmät	30
4.1.1	Viemäriputket.....	30
4.1.2	Viemärikaivot.....	33
4.2	Saneerausmenetelmät.....	33
4.3	Suurimmilla laitoksilla käytettävät kuntotutkimus- ja saneerausmenetelmät ..	35
5	Kuntotutkimusten ja saneerausten kohdentaminen.....	36
5.1	Viemäriverkoston ylläpidon ja hallinnan merkitys ja käytännöt.....	36
5.2	Kohdentamisen strategia	39
5.3	Riskiperusteinen kohdentaminen.....	43
5.4	Häiriöiden todennäköisyyden ja putkien elinkaaren mallintaminen	45
5.5	Häiriön seurausten määrittäminen	49
5.5.1	Kriittisyysluokitus	51
5.6	Kohdentaminen käytännössä	54
5.7	Kuntotutkimusten kohdentamisen työkaluja ja menetelmiä	61
5.7.1	Kriittisyysluokitukseen perustuva kuntoindeksilaskenta.....	61
5.7.2	Riskien arvioiminen riskimatriisin avulla	62
5.7.3	RCM-työkalu ja kriittisyysluokitus	62
5.8	Rakenteellisen ja toiminnallisen kunnan huomioiminen saneerauksissa	65
5.8.1	Kuntoluokitus ja toiminnallisuus kohdentamisen työkaluna	65
5.8.2	Viemäriverkoston hydraulinen mallinnus.....	68
5.8.3	Verkostokapasiteetin tarkastelu paikkatieto-ohjelmalla	69
6	Sphinx-ohjelmiston esittely	70
6.1	Ohjelmiston kuvaus	70
6.2	Käytetyt paikkatietoaineistot.....	71
7	Sphinx-ohjelmiston testaus ja Porvoon viemäriverkoston riskikohteiden määrittäminen	72
7.1	Porvoon vesihuoltolaitos.....	72
7.2	Porvoon jätevesiviemäriverkoston rakenne ja tiedostetut ongelmakohdat	73
7.3	Verkoston merkittävimpien riskikohteiden määrittäminen.....	75

8	Tutkimustulokset.....	81
8.1	Porvoon veden kuntotutkimusohjelma	81
8.1.1	Kriittisyysluokitus	82
8.1.2	Kuntotutkimusohjelma.....	86
8.2	Verkoston hallinnan prosessikokonaisuus	89
9	Sphinx-ohjelmiston kehitysehdotukset	92
10	Yhteenveto ja johtopäätökset.....	96
	Lähteluettelo	99
	Liiteluettelo	108

Selitteet

Huuhoutuminen	Jätevesiviemäriin pohjalle laskeutuva sedimentti irtautuu putkessa tapahtuvan virtaaman vaikutuksesta ja kulkeutuu virtaaman mukana puhdistamolle. Jätevesiviemäriin tulee suunnitella huuhoutuviksi riittävä viettokaltevuus huomioiden.
Kunnossapito	Toimintaa, jonka avulla kunnossapidettävä kohde säilytetään vaaditussa toimintakunnossa.
Kuntotutkimus	Toimenpide, jolla selvitetään olemassa olevan rakenteen kunto.
Paineviemärointi	Jäteveden virtaus viemäriinjassa ei etene gravitaation seurauksena vaan edellyttää pumppausta. Paineellinen jätevettä kuljettava putkisto.
Riskianalyysi	Saatavissa olevan tiedon järjestelmällistä käyttämistä vaarojen tunnistamiseksi sekä niiden suuruuden arvioimiseksi.
Saneeraus	Kunnostustyö, joka kohdistuu koko alkuperäiseen viemärijärjestelmään tai sen osaan ja jonka avulla järjestelmän suorituskyky paranee nykyisestä.
Viettoviemärointi	Jätevesi virtaa viemäriinjassa gravitaation (painovoiman) seurauksena.
Verkkotietojärjestelmä	Vesihuoltolaitoksen käyttämä sähköinen ohjelmisto, josta löytyvät laitoksen verkostoja koskevat sijainti- ja ominaisuustiedot määritetyissä korkeus- ja koordinaattijärjestelmissä.

1 Johdanto

Suomen viemäriverkostosta valtaosa on rakennettu 1960–1970-luvuilla (Maa- ja metsätalousministeriö 2008). Kyseisinä vuosina rakennetut johdot ovat lähestymässä käyttöikänsä loppua. Verkostosaneerauksen tarve on tulevana vuosina ja vuosikymmeninä lisääntymässä merkittävästi, koska käyttöikänsä ylittäneen vesihuoltoverkoston yhteenlaskettu määrä kasvaa ja ikääntyvän verkoston kunto huonontuu. Nykyinen saneeraustahti onkin liian hidas kattamaan kaikkia saneeraustarpeessa olevia verkostoja. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2015; Mustonen 2010.)

Saneerauksiin käytettävät resurssit ovat kuitenkin rajalliset. Tästä johtuen onkin tärkeää löytää perusteet sille, miten saneerauksia voisi kohdentaa tarkoituksenmukaisesti ja kustannustehokkaasti. Kohdentaminen prioriteetiltaan suurimmassa saneeraustarpeessa oleviin johto-osuuksiin ei kuitenkaan ole helppoa. Saneerausikään tulevat verkostot on usein rakennettu ilman tarkkojen kartoitustietojen tekoa, ja puutteita löytyy sekä johtojen sijainti- että ominaisuustiedoista. Saneerauspäätösten tukemiseksi onkin lisättävä verkostoon kohdennettävien kuntotutkimusten määrää, jotta tietoa verkoston kunnosta saadaan lisättyä. Verkoston nykytilaan kohdistuvista epävarmuustekijöistä johtuen onkin tärkeää, että verkostonhallintaan perehdytään paremmin ja luodaan perusteet sille, miten verkoston kuntotutkimuksia ja saneerauksia kannattaa toteuttaa.

Jätevesiviemärin toiminnassa voi ilmetä erilaisia rakenteellisia tai toiminnallisia häiriöitä. Joissakin johdoissa häiriöiden ilmeneminen on muita johtoja todennäköisempää, kun taas joissakin johdoissa häiriöiden seuraukset ovat muita johtoja vakavampia. Nykyisin saneeraustoimilla korjataan yleisesti johtoja, joissa häiriöitä on jo ehtinyt tapahtua. Verkostossa ilmenevien häiriöiden aiheuttamien riskien parempi tuntemus ja ennakointi mahdollistavat kuitenkin saneeraustoimien toteuttamisen ennakoivasti, mikä on paljon kustannustehokkaampaa kuin häiriöiden korjaaminen. Tämän työn tavoitteena on perehtyä viemäriverkoston hallintaan riskien näkökulmasta ja selvittää riskienhallinnan tarjoamia mahdollisuuksia kuntotutkimusten ja saneerausten kohdentamisessa. Riskienhallinnan osalta työssä perehdytään siihen, miten verkostossa esiintyvien häiriöiden todennäköisyyttä ja seurausten vakavuutta voidaan arvioida. Lisäksi työssä perehdytään viemäriverkoston riskiperusteiseen kriittisyysluokitukseen, joka on jo toiminnassa muutamilla vesihuoltolaitoksilla.

Aalto-yliopistolla vuonna 2015 päättyneessä Efesus-hankkeessa kehitettiin ohjelmaprototyyppi, Sphinx, tukemaan kuntotutkimuksien ja saneerausten kohdentamiseen liittyvää päätöksentekoa. Tämän työn tarkoituksena on koekäyttää Sphinx-ohjelmaprototyyppiä verkkotietoaaineistolla ja selvittää ohjelman tarjoamat mahdollisuudet saada lisätietoa viemäriverkoston riskikohteista erityisesti viemärien sijaintiin mutta myös verkoston ominaisuustietoihin perustuen. Sphinx-ohjelmiston käyttöön kootun avoimen paikkatietoaineiston avulla on tarkoitus selvittää, miten hyvin ohjelma soveltuisi kuntotutkimusten ja saneerauskohteiden kohdentamisen työkaluksi ja millaisia kehitystoimia ohjelman käyttö edellyttäisi. Samalla selvitetään myös verkkotietojärjestelmän sisältämien putkien ominaisuustietojen merkitystä Sphinxillä tehtävälle tarkastelulle.

Sphinx-ohjelmiston koekäyttö toteutetaan Porvoon veden viemäriverkostolle. Porvoon veden viemäriverkosto lähenee saneerausikää, ja Sphinx-ohjelmiston avulla pyritään luomaan verkostolle kriittisyysluokitus sekä kuntotutkimusohjelma erityisesti kuntotutkimusten ja saneerausten kannalta suurimman prioriteetin riskikohteista. Sphinx-ohjelmiston lisäksi kuntotutkimusohjelman laadinnassa hyödynnetään Porvoon vedeltä

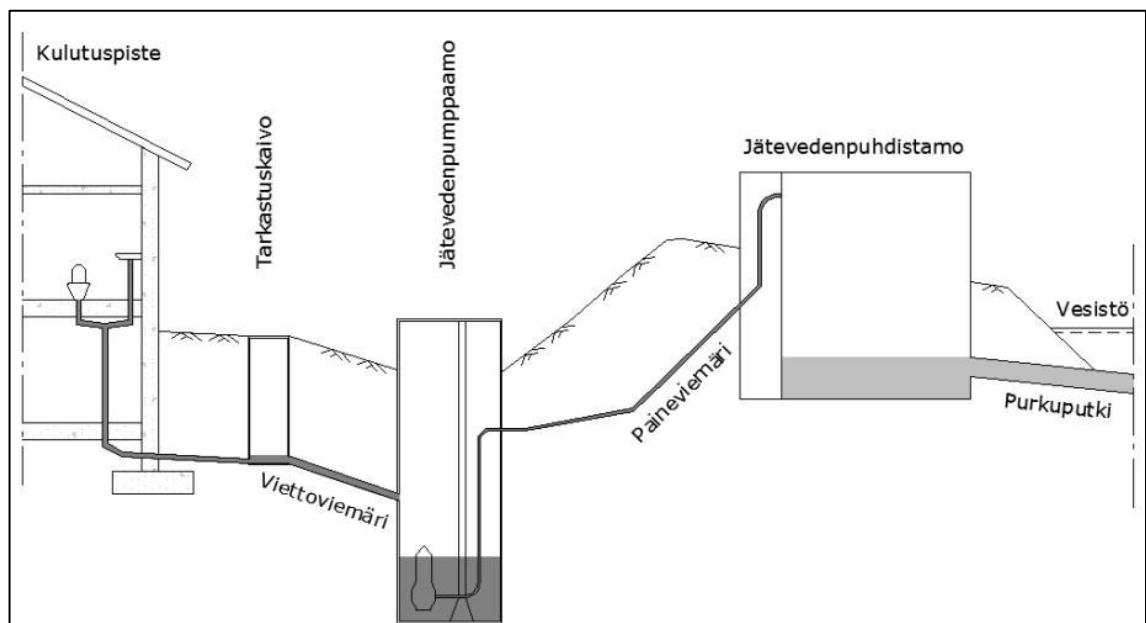
haastattelujen avulla saatuja tietoja verkoston kuntotutkimuksissa havaitusta putkimateriaaliin ja rakennusvuoteen liittyvistä heikkouksista.

Sijaintiin perustuvien riskikohteiden lisäksi työssä pyritään putkimateriaalien valmistajien haastattelujen avulla saamaan lisätietoja eri vuosikymmeninä valmistettujen ja asennettujen putkimateriaalien laadullisista eroista. Kohdentaminen pelkän putkimateriaalin perusteella ei välttämättä ole perusteltua, mutta tiedot putkimateriaalien laatueroista ovat tarpeellinen lisätieto muiden kohdentamismenetelmien apuna. Heikompilaatuisissa putkimateriaaleissa voidaan arvioida häiriöiden todennäköisyyden olevan suurempi kuin parempilaatuisissa materiaaleissa. Lisäksi vesihuoltolaitosten edustajien haastattelujen avulla selvitetään, miten kuntotutkimuksia ja saneerauksia Suomessa tällä hetkellä kohdennetaan. Mitä useampia riskejä aiheuttavia tekijöitä viemäriverkostoa koskien yleisellä tasolla tunnetaan, sitä paremmin voidaan kyseisten tekijöiden aiheuttamat riskit verkostosta tunnistaa ja hyödyntää niitä kunnostustoimenpiteiden kohdentamisessa.

2 Jätevesiviemärijärjestelmä ja sen saneeraustarve

2.1 Jätevesiviemärinti ja sen kehittyminen Suomessa

Jätevesiviemärinti tarkoitus on johtaa yhdyskunnissa ja teollisuudessa syntyvät jätevedet puhdistukseen siten, etteivät ne aiheuta riskejä tai haittaa ympäristölle tai ihmisten terveydelle. Jätevesiviemäriverkosto muodostaa katkeamattoman yhteyden kulu- tuspisteeltä jätevedenpuhdistamolle ja edelleen puhdistettuna purkuvesistöön. Jätevesi- viemärintijärjestelmän periaatteellista rakennetta esittää alla oleva kuva (kuva 1). Jäte- vesiviemäriverkosto koostuu erikokoisista viemäriputkista, tarkastuskaivoista, tarkas- tusputkista ja jätevedenpumppaamoista. Viemäriverkosto pyritään toteuttamaan gravi- taation avulla viettoviemärintinä. Viettoviemärintiössä putkien riittävät kaltevuudet huuhtoutumisen mahdollistamiseksi määräytyvät putkikoon mukaan. Jätevedenpum- paamoita ja paineviemäreitä tarvitaan kohteissa, joissa gravitaatioon perustuvan viemä- rintin toteuttaminen ei ole mahdollista. (Ronkainen 2016; Siukkola 2005; Read 2004.)



Kuva 1. Jätevesiviemärintijärjestelmän periaatteellinen rakenne (Ronkainen 2016)

Rakennusten ulkopuolisia viemärintijärjestelmiä koskeva standardi SFS-EN 752 (2008) määrittää jätevesien viemärintijärjestelmän toteutukselle neljä tavoitetta:

1. Ylläpitää yleistä terveyttä ja turvallisuutta ehkäisemällä jätevesien aiheuttamia sairauksia, estämällä jätevesien aiheuttama juomaveden pilaantuminen ja kuljet- tamalla jätevedet pois niiden syntysijoilta, joissa ne voisivat aiheuttaa haittaa
2. Huomioida järjestelmän toteutuksessa järjestelmän asennuksen, käytön, huollon ja saneerauksen aikana aiheutuvat riskit niiden synty minimoiden
3. Toteuttaa ja käyttää järjestelmää siten, että viemärintiön aiheuttamat haitalliset ympäristövaikutukset minimoidaan
4. Huomioida kestävä kehityksen näkökulmat materiaalivalinnoissa, energianku- lutuksessa jne.

Nykyisen kaltaisen viemärintijärjestelmän historia on Suomessa alkuisin 1800-luvun loppupuolelta, jolloin teollistumisen vaikutuksesta kasvavat kaupungit olivat entistä riippuvaisempia toimivasta viemärintijärjestelmästä. Jätevesiviemäreiden rakentami- nen onkin alkanut Suomessa ensin suurimmissa kaupungeissa, kuten Turussa, Viipuris-

sa ja Helsingissä vesijohtoverkoston rakentamisen rinnalla 1800-luvun lopulla. Suomen vanhin viemärlaitos on perustettu Viipuriin vuonna 1873. Myös Helsingin, Kotkan, Tampereen, Porin, Turun ja Oulun viemärlaitokset perustettiin kaikki ennen 1900-luvun vaihdetta. Jätevesiviemärointiä koskeva merkittävä päätös tehtiin Suomessa 1900-luvun vaihteen tienoilla, kun vesi-WC:n käyttö hyväksyttiin. (Katko 1996; Katko 2013.)

Suomessa jätevesiviemäreiden rakentaminen oli vilkkainta 1960–1970-luvuilla, jolloin valtaosa Suomen nykyisestä viemäriverkostosta on rakennettu. Ensimmäiset viemäriverkostot olivat sekavesiviemäreitä eli yhteisiä viemäreitä sade- ja jätevesien johtamiseen. Sekavesiviemärointiä käytettiin noin 1930-luvulle saakka, jolloin viemäreiden eriyttäminen hiljalleen aloitettiin. Sekavesiviemäroinnin eriyttämistä nopeutti vuonna 1962 voimaan tullut vesilaki, joka pakotti yhdyskunnat ja teollisuuden aloittamaan jätevesien puhdistuksen. Maamme ensimmäiset jätevedenpuhdistamot oli kuitenkin perustettu jo ennen vesilain voimaantuloa, vuonna 1910 Helsinkiin ja Lahteen. Vesilain voimaantulo vauhditti myös selvitystarvetta verkostovuotoja koskien, koska vuotovedet kuormittavat jätevedenpuhdistamoita. (Katko 1996; Katko 2013.)

Viemäriverkoston rakentamisen alkuaikoina rakentaminen tehtiin pääosin käsin eli kaivannot kaivettiin lapiotyönä. Myös kalliolouhinta ja kaivantojen kuivatuspumppaus toteutettiin käsikäyttöisten laitteiden avulla. Johtokaivannot olivat syviä, eikä kaivantojen tuentoja käytetty. Nykyisten työsuojeluohjeiden mukaisesti tarkasteltuna rakennustöiden suoritus oli vaarallista. Suomen ensimmäinen vesihuollon urakointiin keskittynyt liike perustettiin vuonna 1912 ja ensimmäiset suunnittelutoimistot vuonna 1949. Ensimmäiset kuorma-autot otettiin käyttöön rakennustyömailla 1930-luvulla, mutta ne yleistyivät vasta toisen maailmansodan jälkeen 1950-luvulla. Samoihin aikoihin myös kaivinkoneet työmailla yleistyivät. Lasermittaukset otettiin käyttöön 1970- ja 1980-lukujen vaihteessa. (Katko 1996; Katko 2013.)

2.2 Putkimateriaalien kehitys

Jätevesiviemäreiden putkimateriaalien kehityksen tunteminen on tärkeää kuntotutkimusten ja saneerausten kohdentamisen kannalta. Erityisen tärkeää on tieto siitä, minä vuosina rakennettujen putkien materiaalit ovat olleet tavallista heikompia. Heikommissa materiaaleissa ilmenevän rakenteellisen tai toiminnallisen häiriön todennäköisyys kasvaa verrattaessa putkiin, joiden materiaalin tiedetään olevan laadukkaampaa. Seuraavissa kappaleissa on käyty läpi tiedossa olevia putkimateriaalien heikkouksia, jotta niiden aiheuttamat riskit voidaan huomioida kuntotutkimusten ja edelleen saneerausten kohdentamisessa.

Suomessa 1800-luvun alun vuosikymmeninä rakennetut ensimmäiset viemärit olivat puisia, ja ne oli tarkoitettu lähinnä sade- ja maavesien johtamiseen. Osa viemäreistä oli pelkkiä ojia, joiden seinämät oli vahvistettu kivillä ja jotka oli peitetty puisella kannella. Niitä seurasivat puusta rakennetut neliskulmaiset viemärirakenteet tai kivistä valetut kanavat, kunnes 1880–1890-luvuilla savi- ja tiiliputkien yleistyminen korvasi puun käytön viemärien rakennusmateriaalina. (Katko 1996.)

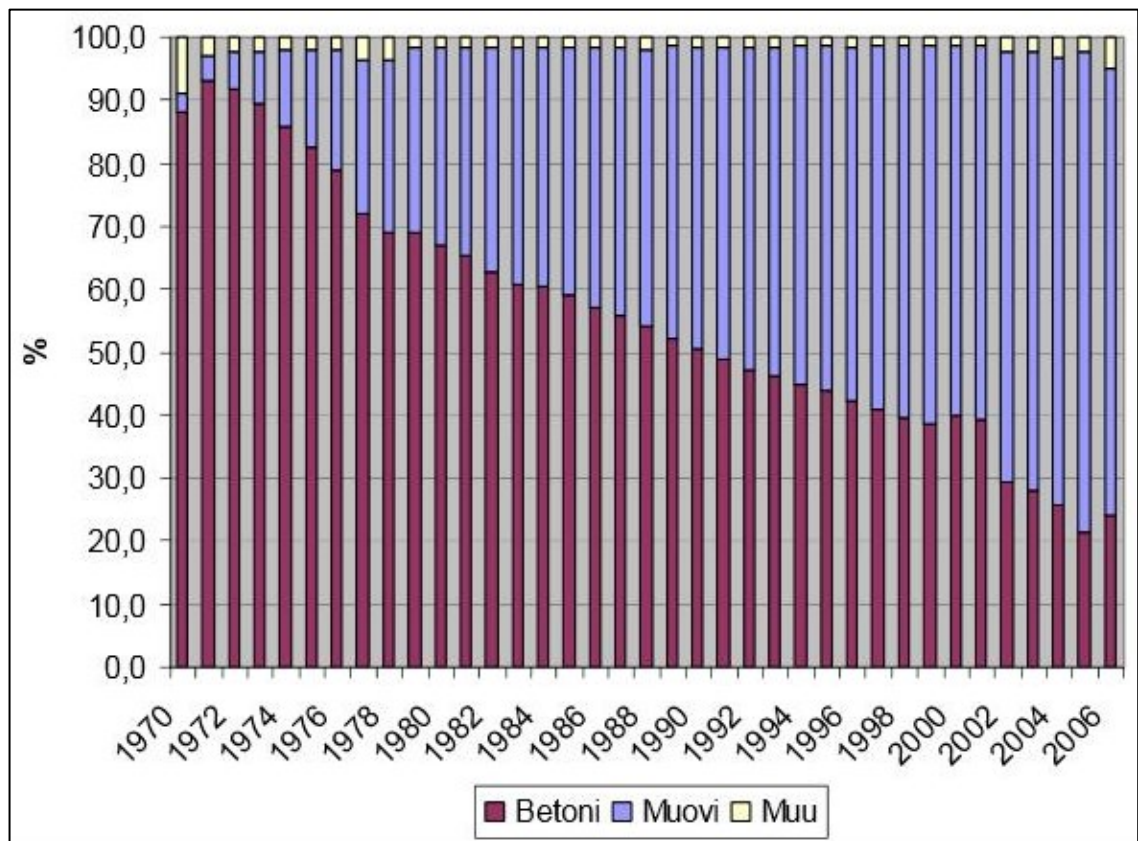
Betonin kehitys ja hyödyntäminen rakennusmateriaalina alkoi 1800-luvun alkupuolella, mutta viemärimateriaalina sitä alettiin Suomessa käyttää vasta 1900-luvun alkupuolella (Koivunen et al. 2003). Ensimmäiset betoniputket valmistettiin pienissä pajoissa, joissa olosuhteet vastasivat hyvin suuresti työmaaolosuhteita (Katko 1996). Ensimmäisten betoniputkien muoto oli ovaali. Suomessa käytetyt betoniputket ovat suomalaisvalmis-

teisia, eikä Suomeen ole tuotu betoniputkia ulkomailta, ainakaan merkittävässä määrin. (Pesonen 2016.)

Valurautaisten ja muovisten putkien valmistus alkoi Suomessa 1950-luvulla, mutta valurautaa käytettiin alussa pääasiassa vesijohtoverkoston materiaalina. Valurautaisia putkia tuotiin Suomeen myös ulkomailta. Muoviputkien yleistymisen alkoi kymmenen vuotta niiden valmistuksen aloittamisen jälkeen eli vasta 1960-luvulla. Ulkomailta valmistettuja muoviputkia asennettiin Suomessa jonkin verran 1950-luvun alkuvuosina. Asbestisementtisiä viemäriputkia valmistettiin ja asennettiin 1960–1980-luvuilla, mutta työsuojelulliset syyt johtivat niiden poistumiseen markkinoilta. (Katko 1996.)

1990-luvun puolivälissä Suomessa oli käytössä yhtä paljon betoni- ja muoviputkia. Tämän jälkeen muoviputkien osuus viemäriverkostoista on kasvanut vuosittain. Muoviputkien käyttö on Suomessa suhteellisesti runsaampaa kuin missään muualla maailmassa. Tämä selittyy sillä, että muoviputkien kehitys ja valmistus on Suomessa hyvin runsasta. Erityisesti hitsattavien muoviputkien yleistymisen on mahdollistanut viemäriverkoston laajentumisen esimerkiksi vesistöjen alitusten avulla. (Katko 1996; Katko 2013.)

Kuva 2 esittää jäte- ja hulevesiviemäreiden materiaalien jakauman prosenttiosuutta asennettujen putkien osalta vuosina 1970–2006. 1900-luvun puoliväliin asti betoni on ollut yleisin viemärien putkimateriaali, minkä jälkeen muovi on ohittanut betonin. Muiden materiaalien osuus on ollut koko tarkastelujakson ajan vain muutamia prosentteja.



Kuva 2. Asennettujen viemäreiden materiaali-jakauma prosentteina vuosina 1970–2006. (Maa- ja metsätalousministeriö 2008)

Seuraavissa kappaleissa on esitelty tarkemmin yleisimpien viemäriverkoston putkimateriaalien kehitystä viimeisten vuosikymmenien aikana sekä tietoja näiden putkimateriaa-

lien heikkouksista. Tiedot ovat peräisin putkimateriaalien valmistajien edustajien haastatteluista. Haastattelut toteutettiin sähköpostikyselynä siten, että haastateltaville lähetettiin lista putkimateriaaleja koskevia kysymyksiä, joihin heiltä pyydettiin vastausta sähköpostitse. Haastatellut yritykset olivat Uponor Infra Oy, Saint Gobain Pipe Systems Oy, SSAB Europe Oy, Ruskon Betoni Oy ja Rudus Oy. Haastatellut henkilöt on esitetty tämän työn liitteessä 1 sekä heille esitetyt kysymykset liitteessä 2. Saaduista vastauksista on koottu työn kannalta keskeisimmät tiedot seuraaviin, eri putkimateriaaleista kertoviin kappaleisiin. Haastattelujen vastauksia on täydennetty myös kirjallisuuslähteillä.

2.2.1 Betoniset viemäriputket

Betoniputkia valmistavien yritysten edustajien (Pesonen 2016; Tulimaa 2016) mukaan viemäriverkostojen rakentamisessa käytettiin 1950–1960-luvuilla yleisesti betonia. Tuolloin betonisia viemäriputkia valmistettiin kylien omissa valimoissa ilman tarkkaa laadunvalvontaa tai välttämättä laajempaa ymmärrystä laadukkaiden tuotteiden valmistuksesta. Myös 1970-luvun alkupuolella valmistetuissa ja asennetuissa betonisissa viemäreissä on ollut laatuvariaatiota. Kyseisinä vuosikymmeninä valmistetut putket edustavat materiaalin osalta heikkolaatuisimpia betoniputkia. Betonilaadun vaihtelu ja valmistusvirheet aiheuttavat korjaustarvetta kyseisten vuosikymmenien aikana rakennetuissa viemäriputkissa. (Pesonen 2016; Tulimaa 2016.)

Nykyään betoniputkien valmistusta ohjaavat tarkat standardit ja ohjeet, joihin putkivalmistajat sitoutuvat. 1950–1960-luvuilla ja 1970-luvun alkupuolella valmistettuja putkia ei voi suoraa verrata tänä päivänä valmistettaviin betonituotteisiin. Betoniputkien valmistusta ohjaavat betoniputkinormit otettiin käyttöön 1970-luvulla, ja normien katsotaan parantaneen merkittävästi betoniputkien laatua. 1970-luvulla otettiin myös käyttöön viemäriputkien kumitiivisteet. (Maa- ja metsätalousministeriö 2008; Tulimaa 2016.) Betoni on tänä päivänä huomattavasti tiiviimpää, se valmistetaan suuremmalla sementtimäärällä, veden ja sementin välinen suhde on aiempaa pienempi ja betonin sideaineena voidaan käyttää SR-sementtiä (sulfaatin kestävä sementti) (Pesonen 2016).

Betoni soveltuu jätevesiviemäreiden materiaaliksi hyvin, kun viemäriin tuuletus on huomioitu. Puutteellinen tuuletus voi hyvinkin nopeasti pilata betoniputken, koska tuuletusolosuhteissa syntyy betonille haitallisia rikkijyhdisteitä (esim. rikkivety H_2S). (Tulimaa 2016; Forss 2005.) 1960-luvulla viemäriverkostoon kuului osana kiinteistöjen sakokaivoja, joissa syntynyt rikkivety kulkeutui viemäriverkostoon syövyttäen betoniputkia (Forss 2005). Myös sulfiitti- ja kloridipitoiset maat ovat betoniputkille vahingollisia (Pesonen 2016; Tulimaa 2016). Pakkanen voi myös aiheuttaa betonin rapautumista (Finnsementti 2016).

Korjaustoimia betoniputkien osalta ovat vähentäneet materiaalin laadun parantuminen, valmistusta koskeva yhtenäinen standardisointi/normisto sekä materiaalitekniikan kehittyminen. Työmaatekniikka on myös laadultaan huomattavasti parempaa kuin 1900-luvun puolivälin vuosikymmeninä. Oikein valmistetulle, asennetulle ja käytetylle sekä huolellisesti huolletulle betoniviemäriputkelle materiaalivalmistajat lupaavat jopa 100 vuoden käyttöikää. (Pesonen 2016; Tulimaa 2016; Kaempfer & Berndt 1999.) Keski-Euroopassa käytetään betoniputkiin erilaisia pinnoitteita käyttöiän pidentämiseksi, mutta niiden korkean hinnan takia ne eivät ole Suomessa betonin valmistuksessa yleistyneet (Tulimaa 2016). Betonimateriaalin kehittymisestä huolimatta on viemäriverkostojen tuuletustarve edelleen huomioitava tapauskohtaisesti.

2.2.2 Valurautaiset viemäriputket

Ensimmäiset valurautaputket valmistettiin harmaasta valuraudasta eli suomugrafiittivaluraudasta ja niiden liitos tehtiin lyijyllä (Kekki et al 2008; Kalliomäki 2006). Valurautaisien viemäriputkien muhveissa on käytetty tiivistysaineena lyijyä ainakin vielä 1970-luvulla (Harju 2007). Jäykkä lyijyliitos on kova ja erityisen herkkä maan painumiselle, joten painumavauriot ovat aiheuttaneet lyijyliitoksiin vuotoja (Kekki et al. 2008).

Suomugrafiittivalurautaisien putkien asentaminen lopetettiin 1980-luvulla, jolloin kumirengastiivisteellä asennettavien pallografiittivalurautaputkien eli sg-valurautaputkien valmistus alkoi (Kekki et al. 2008; Kalliomäki 2006). Kumirengastiivisteiden käyttö mahdollistaa lyijytiivistettä paremman liitoksen liikkuvuuden ilman, että liitos alkaa vuotaa. Yksinomaan viemäriputkien käyttö huomioiden ei valurautaputkia ole valmistettu vaan yleisimmin vesijohtokäyttöön. Aikaisemmin ei ollut käytössä nykyisten kaltaista jaottelua vesijohto- ja viemärintikäyttöön tarkoitettujen valurautaputkien välillä. (Kalliomäki 2006.)

Merkittävin ero rakenteen lisäksi suomugrafiitti- ja pallografiittivalurautajohtojen välillä on niiden seinämäpaksuus. Pallografiittivalurautaisien putkien seinämäpaksuus on jopa 40 % pienempi kuin suomugrafiittivalurautaputkien, koska pallografiittiputkien mekaaninen kestävyys on huomattavasti parempi. Suomugrafiittivalurautaisien mekaaninen kestävyys perustuikin juuri sen suureen seinämävahvuuteen. (Maa- ja metsätalousministeriö 2008.) Suomugrafiittivalurautaisien materiaalina kovaa, eikä se kestä iskuja tai mekaanista kuormitusta yhtä hyvin kuin pallografiittivalurautaisien (Kekki et al 2008).

Vanhimmat valurautaputket ovat olleet kokonaan pinnoittamattomia. Vasta 1980-luvun loppupuolella putkien pinnoitus aloitettiin korroosiosuojauksen parantamiseksi, mutta ensimmäiset asennetut pallografiittivalurautajohtot olivat vielä pinnoittamattomia. Ensimmäisen betonisen pinnoitteen korroosionsietokyky oli heikko ja vastasi suojaamatonta betoniviemäriä. Viemäriputkille soveltuva sisäpuolinen pinnoite on yleistynyt vasta 1990-luvulla. Verrattaessa pinnoittamattomia suomugrafiitti- ja pallografiittiputkia toisiinsa on suomugrafiittiputkien korroosionkesto parempi kuin pallografiittivalurautaisien putkien. Korroosion aiheuttamat ongelmat valurautaputkissa ovatkin yleistyneet erityisesti juuri 1980-luvulla, jolloin suomugrafiittivalurautaisien putkien asennus lopetettiin ja pallografiittivalurautaisien putkien asennus aloitettiin. (Kalliomäki 2016.) Syinä tähän ovat olleet ohuempi seinämäpaksuus sekä sisäpuolisen pinnoitteen puuttuminen. Sisäpuoliset pinnoitteet ovat myös olleet alussa osittain epäonnistuneita, ja pinnoitteet ovat irtoilleet käytön aikana (Kekki et al. 2008).

Nykyiset pallografiittiset valurautaputket on valmistettu tehtaalla erityisesti viemäriolosuhteet huomioiden. Nykyisin voidaan myös mittausten avulla todeta maaperän aiheuttama ulkopuolinen korroosio ja valita oikeanlainen ulkopuolinen putkipinnoite. (Kalliomäki 2016.)

2.2.3 Muoviset viemäriputket

Muoviviemäreiden käyttö alkoi Suomessa jo 1960-luvun alussa. Ensimmäisinä muoviputkina käytettiin PVC-putkia, jotka olivat laadullisesti vaihtelevia, ja erityisesti ongelmana oli niiden haurastuminen tai lasittuminen erityisesti lämpötilarasituksen johdosta sekä muuttuminen araksi maan liikkeille. (Markelin-Rantala; Rautiainen 2008; Maa- ja metsätalousministeriö 2008.) 1970-luvulla rakennettujen PE-paineputkilinjoiden ongelmana olivat puolestaan huono jännityskorroosion vastustuskyky, muodonmuutostaipumus sekä litistyminen. Nämä tekijät ovat aiheuttaneet sen, että putkien korjaus jälkikä-

teen tai uusien liitosten tekeminen on hankaloitunut. (Maa- ja metsätalousministeriö 2008; Honkonen 2016.) Ensimmäisten muoviputkien asennusvaiheessa myös työmaalla tehtiin jonkin verran virheitä putkien alkutäyttöjen vääränlaisen tai puutteellisten tiivistämisen tai virheellisen alkutäyttömateriaalin osalta. Nämä asennusvirheet ovat osaltaan aiheuttaneet putkiin vaurioita. (Maa- ja metsätalousministeriö 2008.)

1980-luvulla ja sen jälkeen muoviputket alkoivat vallata markkinoita betoni- ja valurautaputkilta erityisesti niiden hyvän korroosiokestävyyden, yksinkertaisemman rakenteen, keveyden ja helpomman rakennettavuuden johdosta (Moilanen 2016). Kestävämät PVC-materiaalista valmistetut putket otettiin verkostorakentamisessa käyttöön 1970-luvun alkupuolella. Nykyisin runsaasti käytettävien polypropeenimuoviputkien (PP) käyttö alkoi 1990-luvun puolivälissä. (Markelin-Rantala; Rautiainen 2008.)

Muoviputkimateriaalien kehitys 1960-luvun ja 1970-luvun alun materiaaleista nykypäivään on ollut huomattava. Materiaalien kehityksen myötä myös niiden käyttöikä on pidentynyt. 1960- ja 1970-luvuilla PVC-materiaalista valmistettujen putkien käyttöikäsi oikein asennettuina on arvioitu noin 30–40 vuotta, kun taas nykyisin valmistettujen putkien käyttöikä voi hyvinkin olla yli 50 vuotta. Käyttöikä on kuitenkin suoraan verrannollinen putkien asennukseen, käyttöön ja kunnossapitoon. (Honkonen 2016.)

Muovi on materiaalina arka korkeille jätevesilämpötiloille. Muovimateriaalin kannalta haitallisia ovat myös kemiallista korroosiota aiheuttavat aineet jätevesissä, kuten liuottimet ja öljypitoiset aineet. (Harju 2007.) Taipuisat muoviset viemäriputket sietävät painumia paremmin kuin jäykät putket. Tukkeutumisvaaran kannalta ongelmallisimpia ovat 1960-luvulla rakennetut muoviviemärit. (Harju 2007.)

2.2.4 Teräksiset viemäriputket

Betonisten, muovisten ja valurautaisten putkimateriaalien ohessa teräksisten jätevesiviemäriputkien käyttö on ollut melko satunnaista. Teräksisillä viemäriputkilla tarkoitetaan tässä yhteydessä vähäseosteisia, pinnoitettuja teräsputkia, jotka eroavat ruostumattomista ja haponkestävistä teräsputkista, joita nykyään viemäreissä käytettävät teräsputket pääsääntöisesti ovat. (Moilanen 2016.)

Teräsputkien valmistajan mukaan (Moilanen 2016) on mahdotonta sanoa tarkasti, kuinka paljon vähäseosteisia teräsputkia on todellisuudessa käytetty viemäreiden virtausputkina. Aikaisempien vuosikymmenien materiaalitaltiointi ja arkistointi ovat olleet nykyistä heikompaa, eikä putkivalmistajalle ole aina ilmoitettu putkien hankinnan yhteydessä putkien käyttötarkoitusta. Moilasan (2016) mukaan jäteveden viettoviemäreissä teräsputkien käyttö on jäänyt vähäiseksi osaltaan halkaisijaltaan pienten teräsputkien korkean hinnan takia muihin putkimateriaaleihin verrattuna.

Jätevesiviemäreiden virtausputkina käytetyistä vähäseosteisista, pinnoitetuista teräsputkista on teräsputkien valmistajan mukaan (Moilanen 2016) 99 % käytetty paineviemäriputkissa ja 1 % viettoviemäröntikäytössä erityisesti hulevesien purkuputkissa. Vähäseosteisista teräsputkista jätevesiviemärikäyttöön suuntautuu kuitenkin vain alle 1 %, kun yli 99 %:n osuus valmistetuista ja asennetuista putkista käytetään vesijohtoina ja muiden putkirakenteiden suojaputkina. (Moilanen 2016.)

Suomessa Rautaruukilla on teräsputkien valmistus aloitettu 1970-luvulla. Sitä aikaisemmin teräsputkia on tuotu Suomeen todennäköisesti Saksasta, jossa teräsputkia on

valmistettu jo 1900-luvun alusta lähtien. Suomeen tuodaan nykyisinkin teräsputkia ulkomailta, vaikka teräsputkien valmistusta on myös Suomessa. (Moilanen 2016.)

Vähäseosteisia teräsputkia valmistettiin todennäköisesti aluksi ilman minkäänlaisia pinnoitteita (Moilanen 2016). Verrattaessa valurautaisia ja teräksisiä putkia toisiinsa on teräputken seinämäpaksuus huomattavasti valurautaputkea ohuempi, ja tästä johtuen korroosion seurauksena pinnoittamaton teräsputki vaurioitui valurautaputkea nopeammin (Kekki et al. 2008). Ensimmäinen pinnoite korroosiota vastaan oli kuumabitumi, jota käytettiin teräsputken ulko- ja sisäpinnoitteena. Nykyään putkien sisäpuolisena pinnoitteena käytetään betonia, mutta ajallisesti ei ole tarkkaan tiedossa, koska betonointi alkoi. (Moilanen 2016.)

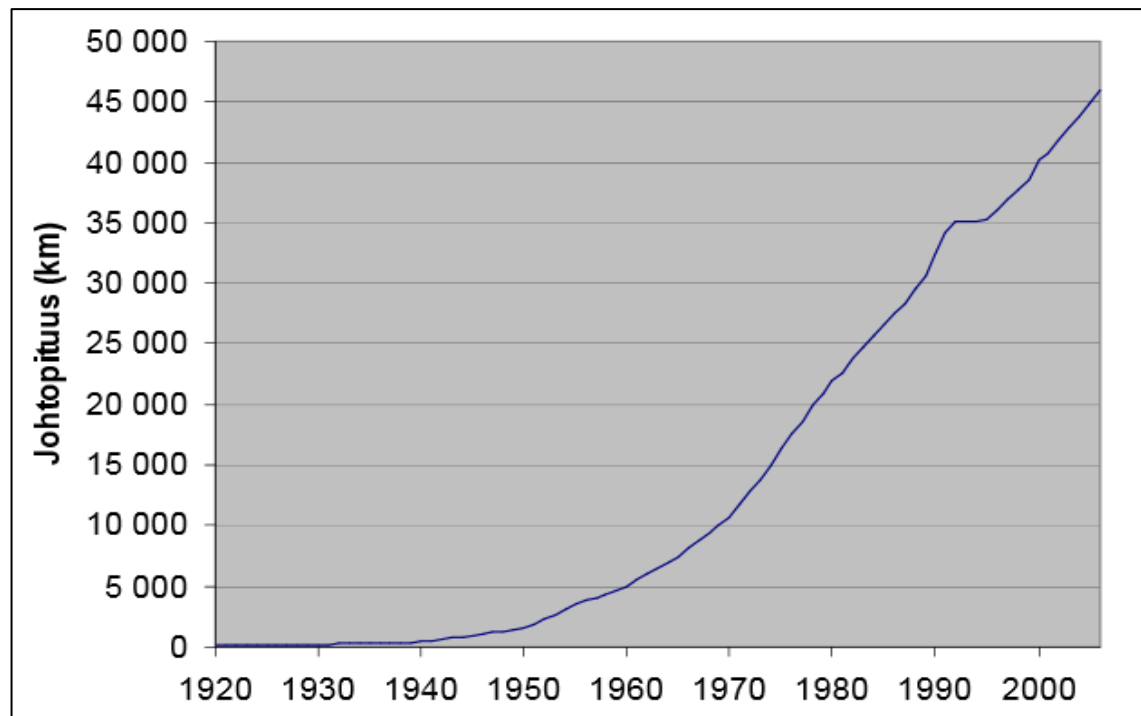
Nykyisin teräsputkia valmistetaan sisäpuolisella betonipinnoitteella, jossa käytetään jätevedelle soveltuvaa SR-sementtiä. Betoni suojaa teräsputkea paitsi fysikaalisesti myös kemiallisesti sisäpuolista korroosiota vastaan. Kemiallinen suojaus perustuu betonin korkeaan emäksisyyteen (pH noin 13–14). Myös muita pinnoitteita käytetään. Pinnoitteiden kehittymisen myötä vähäseosteisten teräsputkien soveltuvuus jäteveden johtamiseen on parantunut huomattavasti. Teräsputkien, samoin kuin muidenkin viemäriputkien, käyttöikä lisää huomattavasti kaivannon laadukas täyttö ja putkien huolellinen asennustyö. (Moilanen 2016.)

2.2.5 Muut viemärimateriaalit

Aiemmissä kappaleissa esiteltyjen putkimateriaalien lisäksi muita materiaaleja ei nykyään Suomessa juuri enää käytetä uudisrakentamisessa rakennusten ulkopuolisessa, yhdyskuntateknisessä jätevesiviemärintikäytössä. Muista materiaaleista aiemmin rakennettuja linjoja on edelleen kuitenkin jonkin verran käytössä, kuten tiili- ja asbestisementtiviljemäreitä sekä lasitettuja saviviljemäreitä. Tiiliviljemäreiden ja lasitettujen saviviljemäreiden käyttökokemuksia ei ole tiedossa. Vanhojen asbestisementtisten viemärijohtojen osalta tiedetään yksittäisiin kokemuksiin perustuen, että niiden korroosiosietokyky on huono ja vastaa pinnoittamatonta betoniputkea. Asbestisementtiputket kärsivät sekä sisä- että ulkopuolisesta korroosiosta. Lisäksi asbestisementtiputkien osalta ongelmana on niiden lasittuminen iän myötä. (Kekki et al. 2008.)

2.3 Suomen viemäriverkoston kunto tunnuslukujen valossa

Suomen jätevesiviemärintijärjestelmät ovat hyvin monimuotoisia: jätevesijärjestelmiä on toteutettu kiinteistökohtaisin ratkaisuin, haja-asutusalueen kylien vesiosuuskuntien, taajamien ja kaupunkien vesihuoltolaitosten sekä ylikunnallisen yhteistyön avulla (Katko 2013.) Vuonna 2008 oli Suomessa yhteensä 46 000 km viemäriverkostoa, josta yli 30 vuotta vanhojen putkistojen osuus on vajaat 40 % (Katko 2013.) Kuva 3 esittää viemäriputkien kokonaispituuden kehitystä 1920-luvulta alkaen 2000-luvun alkuun. Vuoteen 2015 mennessä viemäriverkoston kokonaispituus on noussut jo 50 000 km:iin uudisrakentamisen tuloksena. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2015.)



Kuva 3. Viemärien kokonaispituuden kehitys 1920-luvulta 2000-luvun alkuun. (Maa- ja metsätalousministeriö 2008)

Vesihuollon osalta haaste tulevina vuosikymmeninä ovat ikääntyvät vesihuoltolinjat. Välisalo, Räikkönen & Lehtinen (2006) arvioivat, että vesihuoltoverkostojen tekninen käyttöikä on noin 40–60 vuotta riippuen putkimateriaalista, veden laadusta, virtausolosuhteista sekä putkea ympäröivästä maaperästä, asennustyön laadusta ja putkeen kohdistuvasta kuormituksesta. Välisalon, Räikkösen & Lehtisen (2006) arvioiman käyttöiän perusteella toisen maailmansodan jälkeen, 1960–1970-luvuilla, rakennetut verkostot ovat nyt tulossa käyttöikänsä päähän. Kyseisinä vuosikymmeninä verkostojen rakentaminen on ollut runsasta. Verkoston ikä ei aina kerro koko totuutta saneeraustarpeesta, mutta on kuitenkin selvää, että verkostosaneerauksen tarve on väistämättä kasvussa. (Välisalo, Räikkönen & Lehtinen 2006; Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2015.)

Monessa kunnassa on jo käynnistetty järjestelmällinen saneeraustoiminta, mutta kuntotutkimusten ja saneerausten kohdentaminen ei ole helppoa. Saneerausikään tulevat verkostot on usein rakennettu ilman tarkkojen kartoitustietojen tekoa, ja pahimmassa tapauksessa puutteita on sekä verkostojen sijainti- että materiaali- ja ikätiedoissa. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2015; Mustonen 2010.) Vesihuoltolaitosten verkostotiedosta oli vuonna 2015 arviolta vain noin puolet sähköisessä muodossa (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2015), ja verkostojen kunnon seuraamiseen käytetyt työkalut ovat valitettavan satunnaisia. Asiaan on kuitenkin tulossa parannus, koska verkostojen tulee olla sähköisessä muodossa kaikilla vesihuoltolaitoksilla, myös pienimillä vesiosuuskunnilla, vuoden 2016 loppuun mennessä (Vuorela 2016).

Vain hyvin harvoilla vesihuoltolaitoksilla on olemassa koko laitoksen toimintahistorian kattavat tiedot verkostoistaan. Verkosto-omaisuuden kunnon huono tunteminen johtaa usein saneerauskohteiden valintaan huomioimatta verkostoa kokonaisuutena tai verkoston toiminnan kannalta kriittisimpiä kohteita. Painostus verkostosaneerausten toteuttamiseen voi tulla myös vesihuoltolaitoksen ulkopuolelta, kuten vesihuoltolaitoksen asiakkailta tai kunnalta katusaneerausten sanelemana. Osa saneeraukseen käytettävistä

resursseista tuhlataankin prioriteetiltaan toisarvoisiin kohteisiin. (Mustonen 2010.) Parin metrin syvyyteen maan alle sijoitettujen verkostojen toimintakyvyn arvioiminen onkin usein vaikeaa (Heino & Eklöf 2010).

2.4 Suomen jätevesiviemäreiden saneeraustarve

Vuodelta 2008 olevan arvion mukaan (Maa- ja metsätalousministeriö 2008) viemäriverkostojen vuotuinen saneeraus määrä on Suomessa keskimäärin noin 0,6 % verkostopituudesta, mikä tarkoittaa noin 300 km viemäriverkostoa. Vanhenevat vesihuoltoverkot kerryttävät korjausvelkaa, jonka taltuttamiseksi kaikkien vesihuoltoverkostojen saneeraustahtia on kiihdytettävä seuraavan kymmenen vuoden ajaksi siten, että vuosittain saneerataan noin 3 prosenttia koko verkostopituudesta. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2015.) Tämä tilasto sisältää kuitenkin myös vesijohtojen saneerauksen eli prosenttiosuutta ei suoranaisesti voi ilmoittaa viemärien saneerauksen vuosittaisena kasvattamisosuutena. Voidaan tosin karkeasti arvioida, että 3 prosentin osuudesta viemärisaneerauksia on noin puolet eli viemärisaneerausten vuosittainen saneeraustahti nousisi 1,5 %:iin. Tämä on 2,5-kertainen saneeraustahti vuoden 2008 saneeraus määrään verrattuna. Saneeraustarve on kuitenkin aina vesihuoltolaitoskohtainen.

Verkostojen tarkasta kunnosta ei ole tietoa. On kuitenkin esitetty (Maa- ja metsätalousministeriö 2008), että huono- tai erittäin huonokuntoisten viemärien osuus kokonaisverkostopituudesta on noin 12 % ja että todellinen viemärien vuosittainen saneeraustarve olisi 1,9 % verkostopituudesta eli yli 900 km putkipituutta. Maa- ja metsätalousministeriön (2008) ilmoittamien vuoden 2008 tilastojen mukaan verrattaessa viemäriverkoston uudisrakentamista saneerauksiin on uudisrakentamista toteutettu vuosittain noin 950 km eli yli kolminkertainen määrä saneerattuun putkipituuteen verrattuna. Vesihuoltolaitosten panostus runsaaseen uudisrakentamiseen onkin yksi syy siihen, miksi käyttökänsä päähän tullutta verkostoa on koko ajan enemmän.

Huonokuntoisessa verkostossa toiminnan häiriöiden ilmenemisen todennäköisyys kasvaa. Viemäriverkostojen saneeraustarvetta voidaan lähteä arvioimaan tarkastelemalla eri aikakausina rakennettujen verkostojen ominaisuuksia sekä käytettyjen putkimateriaalien muutoksia ja niiden heikkouksia. Viemäriputkien teknisten ominaisuuksien lisäksi myös putkien sijainnilla on tärkeä merkitys saneeraustarpeen määrittämisessä, koska häiriöiden seuraukset vaihtelevat viemärin sijainnista riippuen.

2.5 Kunnossapidon merkitys

Verkostojen ikääntymisen ja teknisen vanhentumisen lisäämä verkostojen kunnan heikentyminen ei ainoastaan lisää kuntotutkimusten ja saneerausten tarpeellisuutta vaan myös kunnossapidon tarvetta. Kunnossapidon rooli tulee tulevaisuudessa kasvamaan ja korostumaan, jotta verkostojen toimintavarmuus voidaan pitää riittävällä tasolla. (Riihimäki, Grönfors & Teerimo 2011.) Kunnossapidon osalta tulee siirtyä nykyisin yleisesti toteutettavasta korjaavasta kunnossapidosta viemäriverkoston ennakoivaan huoltoon ja ylläpitoon (Jousmäki & Poutiainen 2015; Fenner 2000).

Kuntotutkimusten avulla määritetään verkostojen saneeraustarve mutta toisaalta myös kunnossapidon tarve (Fenner 2000). Kunnossapitotoimien toteutuksessa tulee huomioida ensisijaisesti ne kohteet, joiden merkitys verkoston toiminnalle on suurin, ja myös kohdentaa niihin eniten kunnossapitotoimia. Mitä tärkeämpi jokin johto-osuus on, sitä perustellumpaa on käyttää resursseja sen toimintakunnon ylläpitämiseksi. Toisaalta myös ne verkoston osat, joiden saneeraus on kustannuksiltaan kalleinta, on järkevintä pyrkiä pitämään toiminnassa mahdollisimman pitkän eliniän. Toisiin verkoston osiin

panostaminen edellyttää kuitenkin resurssien rajallisuudesta johtuen sitä, että joidenkin verkoston osien osalta panostus kunnossapitoon on vähäisempää. Myös merkitykseltään tärkeimpien verkoston osien osalta tulee arvioida, kuinka usein kunnossapitotoimia on kannattava toteuttaa. Erityisesti suurissa verkostoissa ei kaikkia johtoja ole mahdollista ylläpitää säännöllisesti, ja siksi tärkeimpien kohteiden tunnistaminen on tärkeää (Marlow et al. 2007; Fenner 2000.) Viemäreiden huolto- ja kunnossapitotoimien merkitystä ei pidä väheksyä, koska säännöllisten huoltotoimien avulla pidetään viemäri toimintakuntoisena ja voidaan pidentää sen käyttöikä (Katko 2013).

3 Jätevesiviemäreiden toiminnassa ilmenevät häiriöt

3.1 Häiriötyypit ja häiriöiden syyt

Jätevesiviemäriverkostojen (sekä putkiyhteiden että tarkastuskaivojen) toiminnan häiriöt voidaan jakaa rakenteellisiin häiriöihin, toiminnallisiin häiriöihin ja vuotoihin. Rakenteelliset häiriöt aiheuttavat osaltaan toiminnallisia häiriöitä ja päinvastoin. Tästä johtuen jaottelu rakenteellisiin ja toiminnallisiin häiriöihin sisältää osittain samoja tekijöitä. Sekä rakenteelliset että toiminnalliset häiriöt ovat syytä verkostovuotoihin. Häiriöiden ilmeneminen viemäriverkostoissa ei ole toivottavaa, ja siksi niitä pyritään ehkäisemään kunnossapitotoimien ja viemärisaneerauksien avulla. Seuraavissa kappaleissa on kerrottu, millaisia häiriöitä viemärilinjoissa ilmenee ja mitkä syyt häiriöitä aiheuttavat. Häiriöiden synnyn tunteminen lisää tietoutta siitä, miksi viemärisaneeraus on tärkeää. Mitä vakavampia häiriöitä ja mitä useammin niitä verkostossa esiintyy, sitä todennäköisempiä häiriöiden haitalliset vaikutukset ovat ja sitä ajankohtaisempaa on verkostosaneerauksen toteutus.

3.1.1 Rakenteelliset häiriöt

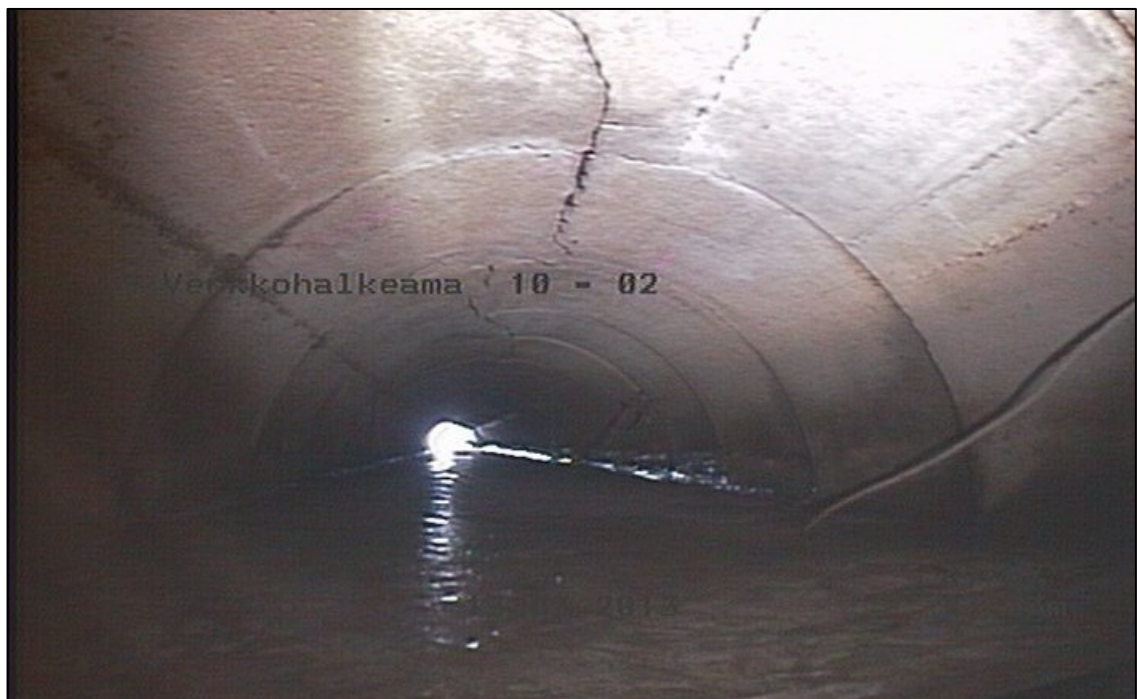
Verkostossa ilmeneviä rakenteellisia häiriöitä ovat esimerkiksi syöpymä, muodonmuutos, halkeama (korkeus- tai pituussuuntainen), pintavaurio, valmistus- tai asennusvirhe, sisään työntyvä liittymä tai muulla tavoin viallinen liittymä, irronnut tiiviste, sivusiirtymä, viallinen kansi- tai pohjarakenne, raaka-aineiden ja rakenteen heikkeneminen tai tiivisteiden rappeutuminen (Suomen Vesilaitosyhdistys ry 2013; Infra 31–710119 Vesi- huoltoverkkojen saneeraus 2013; Davies et al. 2001).

Rakenteellisia vikoja voivat aiheuttaa ulkoiset tekijät, kuten putkilinjan yläpuolinen kuormitus esimerkiksi liikenteen seurauksesta, vääränlainen perustamistapa tai ulkopuolinen korrosio syövyttävästä maaperästä johtuen (Pöyry Finland Oy). Putkien rakenteelliseen kuntoon vaikuttavia tekijöitä esittää taulukko 1.

Taulukko 1. Putkien rakenteelliseen kuntoon vaikuttavia tekijöitä. (Røstum 2000 lähteessä Pöyry Finland Oy 2011; Davies et al. 2001)

Rakenteellinen ominaisuus	Ulkoinen tekijä / ympäristötekijä	Sisäinen tekijä	Kunnossapito-toimenpiteet
Halkaisija	Maaperä	Virtausnopeus	Vikojen luonne
Pituus	Liikennekuorma	Paine	Vikahistoria
Asennusvuosi	Pohjavesi	Jäteveden laatu ja lämpötila	
Materiaali	Perustamistapa	Paineviemärin paineiskut	
Liitosmenetelmä	Teiden suolaus	Sisäpuolinen korroosio	
Paineluokka	Lämpötila		
Seinämän paksuus	Ulkopuolinen korroosio		
Asennussyvyys			
Perustamisolosuhteet			

Myös putkimateriaalista johtuvia häiriöitä voi ilmetä, esimerkiksi raaka-aineissa tai putkien valmistuksessa tapahtuneiden virheiden vuoksi. Putkimateriaali usein heikentyy putken vanhetessa. (Kekki et al. 2008.) Kuva 4 ja kuva 5 esittävät viemäriputkissa havaittuja, vakavuudeltaan eriasteisia rakenteellisia häiriöitä, jotka ovat johtaneet viemärisaneeraukseen.



Kuva 4. Viemäriputki kuvattuna ennen saneerausta. Viemäriputkessa pituussuuntainen verkkohalkeama putken yläosassa. (Simola 2013)



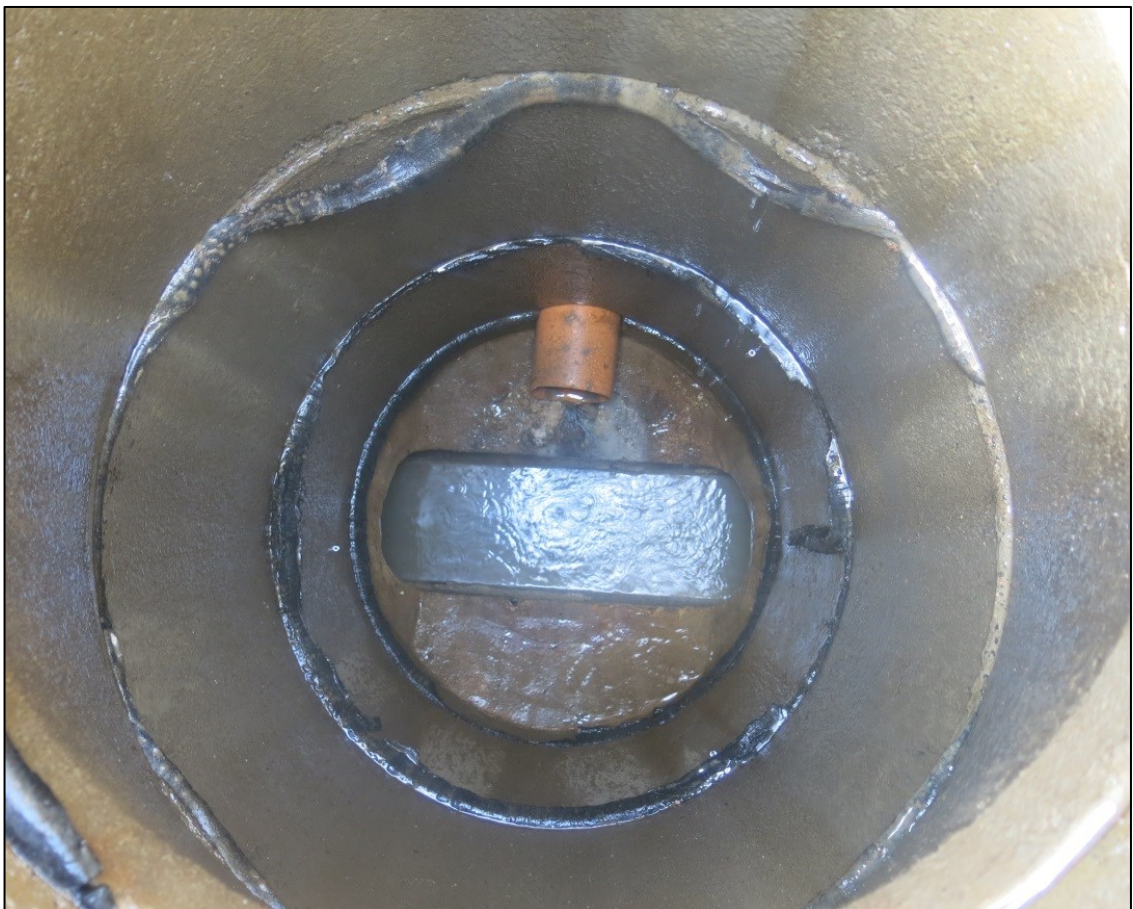
**Kuva 5. Viemäriputki kuvattuna ennen saneerausta. Viemärin yläosassa on pituussuuntaista verkko-
khalkeamaa. Putken yläpuolinen kuormitus on painanut putken vaakasuuntaan soikeaksi, ja put-
ken seinämistä on irronnut palasia putken sisälle. (Hyvärinen 2016)**

Rakenteellisia häiriöitä ilmenee viemäriputkien lisäksi myös tarkastuskaivoissa. Muodonmuutoksen seurauksena aiemmin pyöreä kaivorakenne on voinut muuttua soikeaksi esimerkiksi ulkopuolisen kuormituksen tai vääränlaisen kaivorakenteen ympärystytön seurauksena. Kaivorakenteen halkeamat voivat olla hiushalkeamia tai avoimia halkeamia, tai pahimmillaan halkeama voi johtaa palasten irtoamiseen, jolloin kaivo menettää rakenteellisen lujuutensa. Halkeamia voi olla myös kaivon kannessa tai kauluksessa. Kaivon pintavaurio voi pienimmillään olla lisääntynyttä karkeutta kaivon seinämässä tai pahimmillaan vakavaa syöpymää, jossa betonikaivon rauditus on syöpynyt esiin. (Suomen Vesilaitosyhdistys ry 2013.)

Valmistusvirheen seurauksena kaivo voi olla kooltaan ilmoitetusta poikkeava, materiaali voi olla liian huokoista tai muovisen kaivon valmistuksessa on tapahtunut hitsausvirhe. Sivuttaissiirtymän tapauksessa päällekkäiset kaivon rakenneosat, yleensä kaivonrenkaat, eivät ole kohdakkain toisiinsa nähden. Siirtymien tuloksena kaivo menettää yleensä tiiviytensä ja on altis vuodoille. Kuva 6 ja kuva 7 esittävät muutamia viemärikaivoissa ilmenneitä rakenteellisia häiriöitä.



Kuva 6. Viemärikaivossa virheellisiä liittymiä. (Ronkainen 2014)



Kuva 7. Viemärikaivon betonirenkaiden tiivisteet irti. Näkyvä kosteus betonirenkaissa viittaa vuotovesien pääsyyn kaivon seinämistä sisään. (Ronkainen 2014)

3.1.2 Toiminnalliset häiriöt

Toiminnallisiin häiriöihin luetaan puiden juuret, saostumat, irtokertymä ja vieraat esineet eli tekijät, jotka häiritsevät viemäriinjohtajan toimintaa (kuva 8). Toiminnallisia häiriöitä ovat myös verkoston kapasiteetin ylitys tai alitus (yli- tai alikuormitus) sekä erilaiset häiriötilanteet, kuten kavitaatio ja paineiskut paineviemäreissä. (Suomen Vesilaitosyhdistys ry 2013.) Rakentamisolosuhteiden lisäksi sijainti- ja maaperäolosuhteista johtuvia häiriöitä ovat esimerkiksi poikkisiirtymä, alkutäytön virheet, kuten täyttömateriaali tai tiivistyksen puute, sekä jäätyminen, routiminen, maanpaine ja arinan painuminen, jotka aiheuttavat viemäriinjohtajan toiminnan häiriöitä. Routivimpia maalajeja ovat savi ja siltti. (Kekki et al. 2008.) Toiminnalliset häiriöt kuormittavat viemäriin rakenteellista kestävyttä ja saattavat aiheuttaa rakenteellisia häiriöitä.

Toiminnan häiriöitä aiheuttaa myös putkilinjojen painuminen huonosta perustamistavasta johtuen, jolloin putki jää notkolle ja painumakohtaan alkaa kertyä tuketta (Harju 2007). Painumia saattavat aiheuttaa myös rakennekerrosten ja penkereen aiheuttama kuormitus, pohjaveden pinnan tason lasku ja kaivannon täyttö pohjamaan kantavuutta raskaammalla täyttömateriaalilla (Currie 2014). Painumista kärsivät erityisesti heikoimman kantavuuden omaavien maalajien, kuten saveen, silttiin, turpeeseen tai liejuun, rakennetut viemäriinjohtajat (Kekki et al. 2008).

Pienen kaltevuuden omaavilla putkiosuuksilla ilmenevien tukosten syinä saattavat olla myös irronneet tiivisterenkaat, jotka keräävät kiintoainesta, paperia, oksia ja pieniä esineitä ja edelleen rasvaa ympärilleen pienentäen putken halkaisijaa (Helenius, Seppänen & Jokiranta 1998; Vikman & Arosilta 2006). Painumat aiheuttavat erityisesti muhvilla-sille putkille toiminnallisen riskin. Painumakohtaan voi jätevesi jäädä seisomaan, jolloin viemäriin vieto alajuoksun suuntaan katkeaa ja painumakohtaan kertyvä kiintoaine voi aiheuttaa tukoksen. (Vikman & Arosilta 2006.) Painuma voi myös aiheuttaa muhvillaisten putkien liitoskohtiin siirtymää tai liitoksen aukeamista (Dirksen et al. 2012). Viemäreiden tulisi olla huuhtoutuvia, jolloin kiintoaine kulkeutuu verkostossa liikkuvan virtauksen mukana (Vikman & Arosilta 2006).

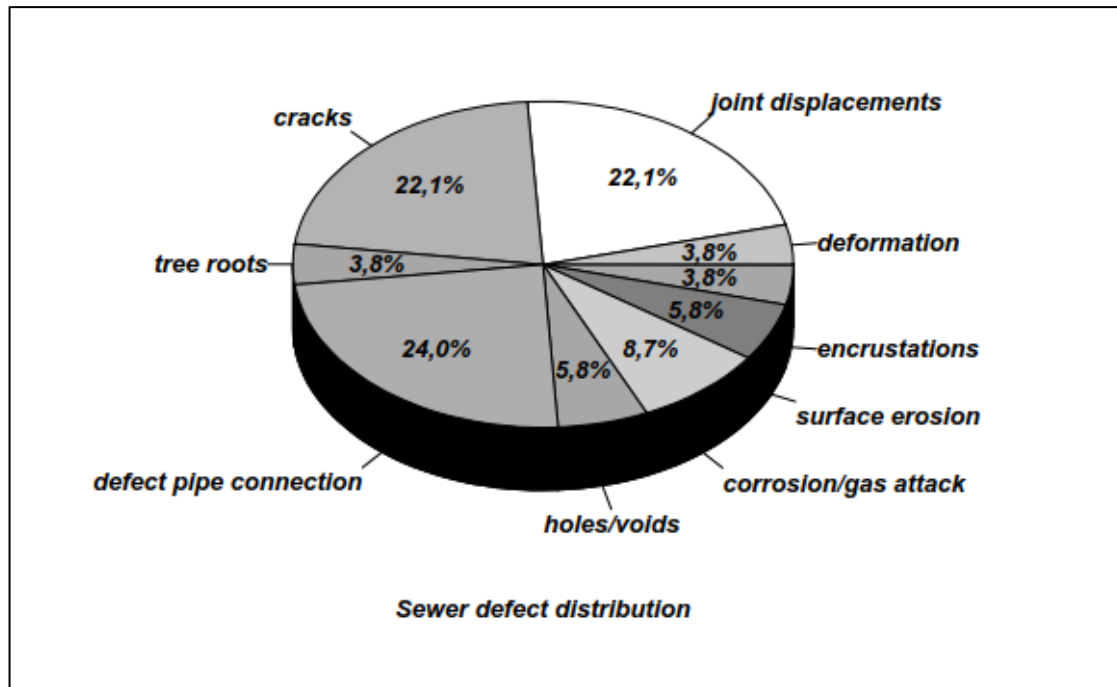


Kuva 8. Viemäriputki kuvattuna ennen saneerausta. Viemäriputkeen kertyneitä kiviä, jotka haittaavat viemärin toimintaa. (Simola 2013)

Myös viemärikaivoissa saattaa ilmetä toiminnallisia häiriöitä. Näitä ovat muun muassa kaivoihin tunkeutuvat juuret, jotka rikkovat kaivorakennetta ja pääsevät tunkeutumaan kaivon sisään erityisesti saumakohdissa olevista pienistä halkeamista. Kaivoon voi kertyä saostuma esimerkiksi rasvasta puutteellisen rasvanerotuksen seurauksena, mikä saattaa tukkia putkiyhteitä. Kuva 6 esittää kaivoon kertyneitä vieraita esiteitä, jotka haittaavat veden virtausta kaivossa. (Suomen Vesilaitosyhdistys ry 2013.)

3.1.3 Putkimateriaalikohtaiset tavallisimmat häiriöt

Kuva 9 esittää betonisessa jätevesiviemärissä ilmenneitä häiriöitä. Kaempfer & Berndt (1991) selvittivät betoniviemäreitä koskevia ongelmia ja havaitsivat, että yleisimpiä ongelmia ovat puutteelliset tai virheelliset putkiliitokset, putkiliitosten siirtymät ja halkeamat. Neljänneksi suurin syy on viemärikaasujen aiheuttama eroosio. Häiriöt johtuvat sekä huonosta putkimateriaalin laadusta että rakentamisaikaisista virheistä, erityisesti putkien perustamistavan ja täyttöjen osalta.



Kuva 9. Betonisissa jätevesiviemäreissä ilmenneitä häiriöitä. (Kaempfer & Berndt 1999)

Valurautaisissa viemäreissä vauriot aiheutuvat yleensä syöpmisen tai erilaisten mekaanisten rasitusten vaikutuksesta. Usein vaurio on pelkästään syöpyminen eli pistesyöpyminen, sisäpuolinen tai ulkopuolinen korroosio tai grafiloituminen. Grafiloitumisessa valurautaputken rauta syöpyy metallirakenteesta pois ja hiili jää jäljelle. Sisäpuolista, mikrobiologisenä ilmenevää korroosiota saattavat aiheuttaa jäteveden aiheuttamat saostumat putken sisäpinnoilla. Viemärikaasut aiheuttavat myös putken sisäpuolista korroosiota, erityisesti hyvin pienen kaltevuuden putkiosuoksissa, joissa veden eteneminen putkessa on hidasta. Kaasut syövyttävät erityisesti putken lakea, johon ne kertyvät. Ulkopuolista korroosiota aiheuttavat erityisesti aggressiiviset savimaat, joita ovat esimerkiksi Suomen rannikkoalueiden vanhat merenpohjan savikot. Syöpmisen ja korroosion aiheuttamat vauriot ovat seurausta riittämättömistä pinnoitteista tai pinnoitteiden puuttumisista. (Kekki et al. 2008.)

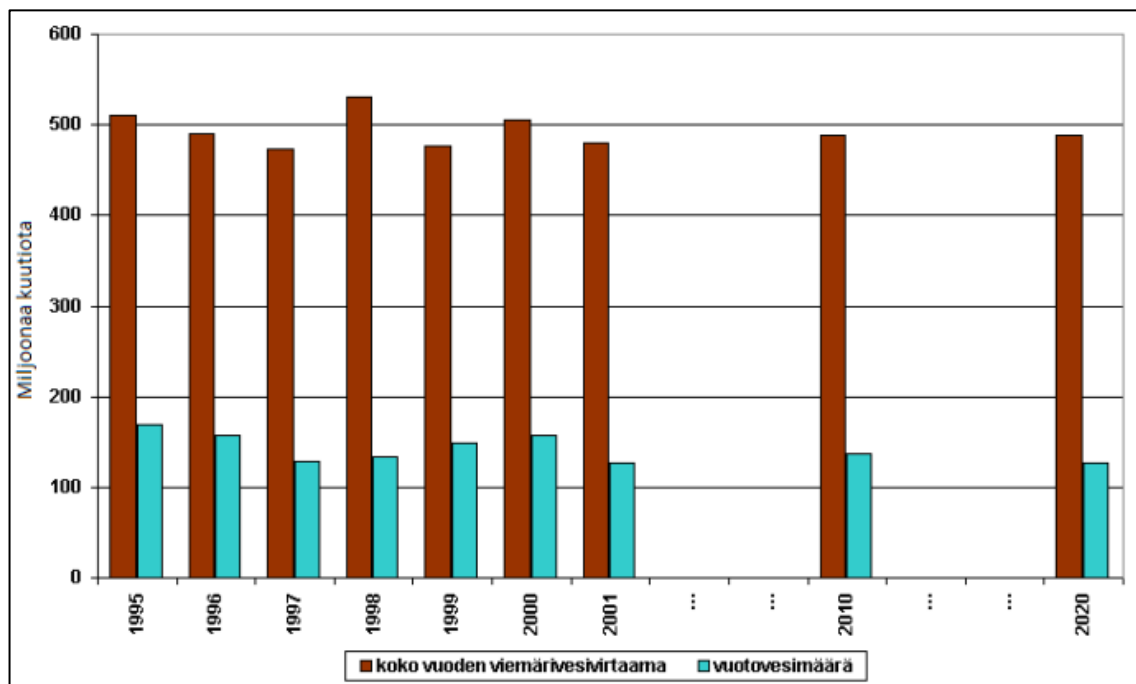
Muoviputkien osalta tavallisimpia vaurioita ovat putken alkutäytön virheet, metallisten liitososien korroosio tai putken hitsauksessa tapahtunut virhe. Muovisissa putkistoissa vaurioiden esiintymisen todennäköisyys on pienempi kuin muissa johdoissa, osaltaan myös siksi, että muoviset putket ovat iältään nuorempia. (Rintala 2003.)

3.1.4 Vuotojen aiheuttamat häiriöt

Merkittävä toiminnan häiriö jätevesiviemärissä ovat vuodot, jotka ovat seurausta rakenteellisista tai toiminnallisista vioista (Suomen Vesilaitosyhdistys ry 2013). Useissa tapauksissa viemäriaurioiden seurauksena vuotovesiä pääsee virtaamaan viemärin sisään aiheuttaen pahimmillaan viemärin tulvimista, vahinkoja kiinteistöille sekä ohijuoksutusta jätevedenpuhdistamolla ja ylivuotoja jätevedenpumppaamoilla (Vikman & Arosilta 2006). Viemäriputkien tavoin myös tarkastuskaivot ovat merkittävä vuotokohde (Katko 2013). Vuoto kaivon sisälle voi ilmetä veden tippumisena, vähäisenä virtauksena tai runsaana virtauksena. Runsas vuoto voi kuljettaa mukanaan maa-ainesta kaivon, mikä voi aiheuttaa liettymää tai maan sortumaa kaivon ulkopuolella. (Kaempfer & Berndt 1999; Suomen Vesilaitosyhdistys ry 2013.)

Viemäriverkoston suuri vuotovesimäärä on merkki viemärien huonosta kunnosta tai hulevesien ohjautumisesta verkostoon (Heino & Eklöf 2010). Vuotovesimäärä onkin yksi saneeraustarpeen indikaattoreista. Viemäriverkoston vuotoja voi olla joko verkostoon sisään tai verkostosta ulos. (Vahala 2010.) Verkostosta ulos tapahtuvat vuodot aiheuttavat riskin ympäristölle ja ihmisten terveydelle. Erityisesti vuotovedet aiheuttavat riskin pohjavesialueilla, joissa jätevesiviemäristä ulospäin tapahtuvat vuodot voivat aiheuttaa pohjaveden pilaantumisen.

Jätevesiviemärien sisäänpäin suuntautuvien vuotovesien osuus Suomen jätevesiviemäreissä on yleisesti keskimääräiseltä suuruudeltaan ollut noin 30 % koko viemärivertaamasta (Maa- ja metsätalousministeriö 2008). Vuotovesien osuus vaihtelee kuitenkin vesihuoltolaitoskohtaisesti ja lisäksi myös vuosittain. Kuva 10 esittää viemäriverkoston vuotovesimäärän kehitystä vuosina 1995–2001 ja antaa ennusteen vuotovesimäärälle vuosina 2010 ja 2030. Vuotovedet aiheuttavat verkoston kapasiteettiongelmia ja ongelmia jätevesien puhdistusprosessille, mutta ne myös lisäävät energiankulutusta, kun vuotovesien myötä entistä suurempia viemärivertaamia joudutaan pumppaamaan eri verkoston osista puhdistamolle. (Heino & Eklöf 2010; Lampola, Yrjölä & Laakso 2015; RIL 124-2-2004.) Suuri vuotovesien määrä johtaa myös pumppaamoiden ylivuotoihin ja puhdistamoiden prosessinohitukseen (Lampola, Yrjölä & Laakso 2015).



Kuva 10. Viemäriverkoston vuotovesimäärän kehitys vuosina 1995–2001 sekä ennuste vuodelle 2030. Vuotovesimäärällä tarkoitetaan viemäriverkoston sisään virtaavaa, sinne kuulumatonta vuotovettä. (Maa- ja metsätalousministeriö 2008)

Verkoston sisään virtaavat vuotovedet aiheutuvat yleisesti sadevedestä, lumien sulamisvedestä ja pohjavedestä. Verkostoissa ilmenevä vuotovesien määrän kasvu välittömästi sadetapahtuman jälkeen kertoo siitä, että pintavesiä johdetaan tai niitä pääsee virtaamaan suoraan viemäriin joko erilaisten, tarkoituksella tehtyjen liitosten tai vuotokohtien kautta. Jätevesiviemäriverkoston ja hulevesiviemäriverkoston välisten liittymien kautta pääsee jätevesiviemäriverkostoon virtaamaan ajoittain hyvinkin suuria hulevesimääriä, esimerkiksi kiinteistöjen kattovesiä, pihojen kuivatusvesiä tai salaojavesiä. (Heino & Eklöf 2010; Lampola, Yrjölä & Laakso 2015.)

Kesällä, maaperän ollessa kuiva, eivät yksittäiset sateet merkittävästi nosta jätevedenpuhdistamolle tulevan veden määrää. Keväällä lumen sulamisaikaan, jolloin maaperä on hyvin vedellä kyllästynyt ja pohjaveden pinnan taso on korkealla, yksittäisetkin sateet muodostavat huomattavan piikin viemärien virtaamassa ja puhdistamolle johdettavan veden määrässä. Pohjavesi koettelee viemärien tiiviyyttä vesipinnan tason noustessa viemäriputken asennustasoa ylemmäs. Viemäriin ulkopuolinen vedenpaine saattaa aiheuttaa vuotoja viemäriputkien tiivisteissä, ja lisäksi vesi saattaa päästä virtaamaan viemäriin sisään tarkastuskaivojen kaivonrenkaiden väleistä, erityisesti jos ne ovat vuosien saatossa liikkuneet hieman toisistaan sivuun. (Heino & Eklöf 2010.) Myös viemärikaivon kannen kautta viemäriverkostoon tapahtuva suuri vuoto voi aiheuttaa koko viemäriin tulvimisen. Viemärivuodot voivatkin ilmetä yksittäisten virtaamapiikkien lisäksi suurena tasaisena virtaamana. (Aalto 2013.)

Vuotovesien määrää vähentämällä voidaan välttää verkostokapasiteetin vajeen aiheuttamia investointeja pumppaamoilla ja jätevedenpuhdistamoilla. Lisäksi voidaan vähentää pumppauksen energiankulutusta ja jätevesien puhdistukseen kuluviin kemikaalien ja energian määrää. (Lampola, Yrjölä & Laakso 2015.) Vuotovesien määrän vähentämisen edellytyksenä on verkostojen laajamittainen ja systemaattinen saneeraus silloin, kun vuotovesien syynä ovat verkoston rakenteelliset viat. Vuotavassa verkostossa yksittäisten pistemäisten vuotokohtien korjaus ei yleensä poista vuotavuuden ongelmaa, vaan ongelma siirtyy verkostossa seuraavaan heikkokuntoiseen kohtaan. Usein ajatellaan verkostojen vuotavuuden lisääntyvän verkoston iän vanhetessa, mutta todellisuudessa vuotovesien määrän vähentämiseksi tehtävä saneeraus on järkevämpää kohdistaa vanhojen verkostojen sijaan kuntotutkimuksilla huonokuntoisiksi todettuihin verkostoihin. Verkostojen vanha ikä ei välttämättä ole merkki suuresta vuotavuudesta. Vuodon osalta merkitystä on erityisesti vuodon suuruudella sekä sillä, missä vuotava viemäri sijaitsee. Vuotovesien määrän vähentämistä voidaan aikaansaada myös alueiden oikeanlaisen kuivatuksen avulla, erityisesti pintavesien hallinnalla kaivamalla avo-ojia ja ohjaamalla pintavedet pois jätevesiviemäriin läheisyydestä (Heino & Eklöf 2010).

Verkostosta ulos virtaavan vuotoveden määrää on tutkittu Italiassa. Prigiobbe ja Giulianelli (2011) kirjoittavat menetelmästä, jossa veteen syötettävien ja helposti jäljitettävien kemikaalien (natriumbromidi ja litiumkloridi) avulla on mahdollista mitata, kuinka paljon verkostosta vuotaa vettä putkea ympäröivään maaperään, ja määrittää, missä kohdissa vuodot tarkasteltavissa putkissa sijaitsevat perustuen mitattuihin kemikaalipitoisuuksiin eri kohdissa tutkittavaa putkea. Menetelmä on kuitenkin edelleen kehityksessä, mutta toimii esimerkkinä siitä, miten vuotovesiä on mahdollista laboratorionäytteenoton ja kenttämittausten avulla seurata. Menetelmä toimii parhaiten putkiosuuksissa, joissa ei ole runsaasti liittymiä. Luotettavimmat mittaukset saavutetaan lisäksi aikana, jolloin virtaama on suhteellisen tasainen.

3.1.5 Asennusvirheiden aiheuttamat häiriöt

Asennusvirheet voivat aiheuttaa sekä rakenteellisia että toiminnallisia häiriöitä viemäriinjoissa. 1970-luvulla rakennettujen verkostojen ongelmana ovat olleet puutteet kaivantojen täytöissä, mistä on aiheutunut putkien rikkoutumista ja painumia. Lisäksi syövyttävä täyttömateriaali on aiheuttanut viemäriputkiin ulkopuolista korroosiota. Erityisesti putkien alkutäytössä käytetyt kivet ovat vaurioittaneet putkilinjoja. (Maa- ja metsätalousministeriö 2008.)

Viemärikaivon sisään työntävä putki on yleensä merkki asennusvirheestä, joka heikentää kaivon virtausominaisuuksia tai toimintaa. Virheellinen liittymä on myös merkki

asennusvirheestä. Virheellisellä liittymällä tarkoitetaan liittymän virheellistä sijaintia esimerkiksi korkeusaseman suhteen, jolloin vesi purkautuu kaivoon negatiivisessa kaltevuudessa. Virheellinen liittäminen saattaa myös sijaita kaivossa siten, että sieltä purkautuva vesi purkautuu kaivoon liittyvän pääviemärin virtaussuuntaa vastaan aiheuttaen toiminnan häiriöitä. Liittyvän putken liitos on voitu myös tehdä virheellisesti siten, ettei se ole tiivis ja johtaa vuotovesiä kaivoon. (Suomen Vesilaitosyhdistys ry 2013.)

Virheellisiä liittymiä on viemärikaivojen lisäksi myös viemäriputkissa. Näitä kutsutaan putkiliittymiksi, jotka on liitetty viemäriputken kylkeen kiinni ilman kaivorakennetta. Virallisesti näitä liitoksia kutsutaan virheellisiksi liittymiksi, mutta niitä edelleen asennetaan muun muassa suurissa kaupungeissa, joissa ei ole tilanpuutteesta johtuen mahdollista asentaa kaivoa jokaiseen viemärin liitoskohtaan. (Suomen Vesilaitosyhdistys ry 2013.) Kuva 11 esittää putken kylkeen tehtyä virheellistä liittymää.



Kuva 11. Viemäriputkessa virheellinen putkiliittäminen. (Simola 2013)

Vääränlainen kaivon pohjarakenne on myös asennus- tai valmistusvirhe. Erityisesti betonikaivoja koskien virheellinen pohjarakenne tarkoittaa väärin valettua pohja- tai koururakennetta, jossa ei ole kaltevuutta ja joka aiheuttaa veden virtausnopeuden hidastumista ja veden padottumista kaivossa haitaten kaivon toimintaa. Virheellisiä ovat myös liian kapeat tai liian leveät kourut. (Suomen Vesilaitosyhdistys ry 2013.)

Liian tiiviisti kiinnipainettu muhvi-liitos voi haljeta ja vuotaa eli aiheuttaa rakenteellisia häiriöitä. Samoin putkien muhveissa tai kaivonrenkaissa sijaitseva tiiviste on voitu asentaa liian tiukkaan, mikä on halkaissut muhvin. Muovisten PE-putkien huonosti tehty puskuhitaussuoliitus saattaa vuotaa ja siistimättömät hitsausseamit saattavat kerätä viemäriveden jätettä taakseen. Siistimättömät hitsausseamit luetaan myös viemäriputkien asennusvirheiksi. (Harju 2007.)

1960-luvulle saakka putkien perustamiseen käytettiin poikittaisia puutukia, joista käytetään yleisemmin nimitystä ”asennuskapulat”. Vaikka rinnakkain asennetut viemäri ja vesijohto on molemmat perustettu samojen puutukien varaan, ei tiedossa ole viemärei-

den toimintahäiriöitä, jotka olisi osattu kohdentaa puutukien käytöstä johtuvaksi. Vesijohdoilla kuitenkin on todettu puutukien aiheuttaneen putkien katkeilua. (Maa- ja metsätalousministeriö 2008.)

3.2 Häiriöiden aiheuttamat riskit

Jätevesiviemäriverkoston toiminnassa ilmenee siis ajoittain häiriöitä. Joissakin johtosuuksissa häiriöitä ilmenee muita osuuksia useammin, ja toisissa johto-osuuksissa puolestaan häiriöiden seuraukset ovat huomattavasti vakavampia kuin muualla verkostossa. Vaikka häiriöiden vakavuus ja seuraukset vaihtelevat, eivät häiriöt ole toivottuja missään verkoston osissa. Viemäreissä ilmenneitä häiriöitä voidaankin ryhmitellä sen mukaan, kuinka suuren riskin ne aiheuttavat viemärin toiminnalle, kuinka todennäköistä niiden ilmeneminen on ja miten merkittäviä ovat häiriön aiheuttamat seuraukset ihmisille, rakennetulle ympäristölle ja luonnolle. Tällöin voidaan ennaltaehkäistä suurimpien haittojen syntyä. (Laakso 2014.)

Riski on määritelty kirjallisuudessa useilla eri tavoilla. Riskienhallinnan periaatteita ja ohjeita koskeva standardi SFS-ISO 31000 (2011) määrittää riskin suoran lainauksen mukaan ”epävarmuuden vaikutuksena tavoitteisiin”. Riski on siis epävarmuus, joka aiheuttaa poikkeaman odotetusta lopputulemasta. SFS-ISO 31000 (2011) tarkentaa riskin määritelmää kuitenkin siten, että riski on todennäköisyys jonkin tapahtuman, häiriön tai poikkeustilanteen toteutumiselle tai sen seurausten toteutumiselle. Määritelmän mukaan siis oletetaan, että häiriöllä on aina jokin seuraus. Jos seurausta ei ole, on tapahtuma vaaratilanne, ei varsinaisesti häiriö.

Tiivistettynä riskillä siis tarkoitetaan 1) todennäköisyyttä sille, että häiriö toteutuu aiheuttaen tietyn vahingon ja 2) häiriön aiheuttaman seurauksen eli vahingon suuruutta. Riski ei koostu yksinomaan häiriön ilmenemisen todennäköisyydestä vaan myös siitä, kuinka merkittävät seuraukset häiriöllä on. (SFS-ISO 31000 2011.) Standardin SFS-ISO 31000 (2011) mukaista riskin määritelmää ovat käyttäneet omissa artikkeleissaan myös Laakso (2014) sekä Hukka & Katko (2007). Tähän määritelmään perustuen riski voidaan esittää kahden suureen tulona:

Riski = haitallisen tapahtuman todennäköisyys x tapahtuman seurauksen vakavuus.

Hukka & Katko (2007) esittävät, että näihin kahteen suureeseen, haitan todennäköisyyteen ja seurauksen vakavuuteen, liittyy kuitenkin subjektiivisuus ja monimuotoisuus, kun niitä arvioidaan asiantuntijatiedon perusteella. Eri ihmiset arvottavat riskejä eri tavoin, mikä on riskien määrittämisessä huomioitava tekijä. Esimerkiksi riskin seuraukset voidaan arvioida taloudellisina menetyksinä, ympäristöön kohdistuvina haitallisina vaikutuksina tai subjektiivisina eli ihmisryhmiin kohdistuvina haitallisina seurauksina.

Aven ja Renn (2009) puolestaan määrittävät artikkelissaan riskin tapahtumaksi, jonka lopputulos ei ole tiedossa ja jossa jotain ihmiselle arvokasta on vaakalaudalla. He määrittelevät riskin myös jonkin tapahtuman epävarmaksi seuraukseksi, joka kohdistuu ihmisille arvokkaaseen tekijään.

Jos viemäriverkostossa ilmenevien häiriöiden syntyä ei ehkäistä tai jo syntyneitä häiriöitä korjata, huononee viemärin kunto koko ajan viemärin ikääntyessä. Häiriöiden seuraukset aiheuttavat aina korjaustoimia, jotka ovat kustannuksiltaan kalliita ja joilla on vaikutusta yleiseen viihtyvyyteen sekä katualueella kadun käyttöön. Häiriökohdan korjaus edellyttää yleensä aukikaivua ja viemärin toiminnan katkaisemista korjauksen ajaksi

kustannuksia aiheuttavin väliaikaisjärjestelyin. Korjaustyötä varten tarvitaan korjaukseen soveltuva kalusto, korjauksen suorittava henkilöstö sekä materiaali, jolla korjaus toteutetaan. Korjaustyö tulee tehdä nopeasti ja turvallisesti, mutta maankaivu asettaa aina riskin uusille sortumille. Liikenteen katkaiseminen korjauksen ajaksi edellyttää väliaikaisen liikenteenohjauksen järjestämistä johtaen usein liikennöinnin viivästykseen ja edelleen sen aiheuttamiin kustannuksiin. Häiriö siis aiheuttaa välittömien korjauskustannusten lisäksi myös paljon välillisiä kustannuksia. (Read & Vickridge 1997.)

Liikennöidyillä alueilla maan sortumat saattavat olla hengenvaarallisia. Sortumiin johdettavaa maa-aineksen huuhtoutumista saattavat aiheuttaa myös rikkoutuvat paineviemärit, joista virtaava vesi kuljettaa maa-ainesta mukanaan. Maa-aineksen kulkeutuminen vuotovesien mukana sortuneen viemäriin sisään saattaa olla niin huomaamatonta, ettei korjaustoimiin osata ryhtyä ajoissa. Esimerkiksi Englannissa on 250 mm viemäriputken sortuma saanut aikaan jopa linja-auton tilavuuden kokoisia maan sortumia, kun maan kulkeutuminen sortumakohdasta on jatkunut vuosia eikä viemäriin kuntoa ole tutkittu sortuman havaitsemiseksi. (Read & Vickridge 1997.)

4 Kuntotutkimus- ja saneerausmenetelmät

4.1 Kuntotutkimusmenetelmät

Jätevesiviemäreiden kuntotutkimusten avulla voidaan selvittää viemäriin rakenteellinen kunto. Saadut tulokset kirjataan tutkimuksesta laadittavaan häiriöraporttiin siten, että jokaisen viemäriverkoston osan kunto, ominaisuudet ja viat tiedetään ja vikojen vakavuus voidaan tarkasti arvioida. Geometrisiä ominaisuuksia koskien kuntotutkimuksilla voidaan selvittää putkilinjan halkaisijan muutokset tai, putken muodon ollessa muu kuin pyöreä, sen poikkileikkauksen ja muodon muutokset. Lisäksi geometrisistä ominaisuuksista voidaan selvittää mahdollinen putkilinjan soikeus sekä poikki- ja pituussuuntaiset siirtymät. Viemäriputken hydraulisen kunnan osalta kuntotutkimusten avulla selvitetään verkoston vuodot, veden kerääntymät putkiosiin, liettymät ja virtauksen esteet, kuten juuret, saostumat tai sisään työntyneet liittymät. Lisäksi voidaan selvittää rakenneviat, kuten säröt tai murtumat, sortumat, kulumat ja korroosio. (SFS-EN ISO 11295 2010.)

4.1.1 Viemäriputket

Viemäreiden kunnossapitotoimenpiteitä olivat aluksi erilaiset käsikäyttöiset menetelmät. Nykyisin käytöstä poistuneita kunnossapidon menetelmiä ovat esimerkiksi mutraus, jossa vaijerin avulla vedettiin erikokoisia ämpäreitä viemäriin kaivosta kaivon viemäriin puhdistamiseksi, sekä napotus, jossa pitkävirtaisen kauhan avulla tyhjennettiin sadevesikaivoihin kertynyttä hiekkaa. Nämä menetelmät korvattiin 1970-luvun lopulla kunnossapitotöiden käyttöön tulleilla painehuuhteluautoilla. (Katko 2013.)

Kuntotutkimuksista puolestaan ensimmäisiä oli viemäriverkoston peilaus, jossa viemärikaivoihin lasketun, pitkään varteen kiinnitetyn soikean peilin ja auringonvalon (myöhemmin halogeenivalaisimien) avulla heijastettiin valoa putken sisään putken kunnan silmämääräistä tarkastusta varten (Katko 2013). Peilauksen käytöstä on nykyisin pääosin luovuttu ja se on korvattu verkostojen viemärikuvauksella.

Nykyisin käytössä olevat, jätevesiviemäreille soveltuvat kuntotutkimusmenetelmät voidaan jaotella viemäreiden kuntoselvityksiin, tulvimisvaaran selvityksiin ja viemäriverkon erityisvarusteiden toimivuusselvitykseen. Viemäreiden kuntoselvityksiä ovat vuotovesiselvitys, viemärikuvaus, tarkastuskaivojen kuntoselvitys, sukellustutkimukset, viemäriskannerien käyttö, viemäreiden virtaaman mittaukset sekä viemäreiden vuota-

vuuden ja tiiviyn selvittäminen savukokeiden avulla. (Forss 2005.) Ennakoivan kunnossapidon menetelmänä käytetään viemäriverkoston säännöllistä puhdistusta (Mustonen 2010). Tulvimisvaaran selvitys koskee viemärin mitoituksen tarkastamista. Viemäriverkon erityisvarusteiden toimivuusselvitys tarkoittaa viemäriverkon ylivuotorakenteiden ja ylivuotojen selvittämistä ja paineviemäreiden paineiskutilanteiden selvityksiä. (Forss 2005.)

Viemärikuvaus on viemäreiden kuntotutkimuksista yleisin, ja sen avulla voidaan tehdä yksityiskohtainen viemärin tarkistus. Kuvaus edellyttää viemärin huolellista puhdistusta ja huuhtelua ennen kuvauksen aloittamista. (Aalto 2013.) Kuvauksella tarkoitetaan putkiosuuden sisäpuolista kuvaamista putkeen asennettavan, itsekulkevan tai työnnettävän kameran avulla, jonka kuvaaman videomateriaalin avulla kuvausvaiheessa ja sen jälkeen arvioidaan putkiosuuden rakenteellista ja toiminnallista kuntoa. Kuvauksen aikana tehdyt havainnot ja niiden sijainti kirjataan muistiin joko suoraan tallennettavalle kuvausvideolle tai erillisiin muistiinpanoihin. Kuvauksen avulla voidaan saada tietoja putkien vuodoista, viemäritukoksista sekä sellaisten putkiliitosten sijainnista, jotka on liitetty putken kylkeen ilman tarkastuskaivoa. Viemärikuvauksen avulla voidaan saada lisätietoja myös putkien kaltevuuksista sekä painumista. (Forss 2005; Aalto 2013.)

Vuotovesien määrän määrittämisessä viemärikuvaus ei usein kuitenkaan ole toimiva selvitysmenetelmä. Usein kuvauksen aikana vuotokohta ilmenee putken seinämässä ainoastaan kosteana alueena, eikä virtaamaa vuotokohdasta ole havaittavissa. (Aalto 2013.) Viemärikuvauksen rajoitteena on myös kuvauksen tulosten riippuvuus hyvin suuresti kuvauksen ja tulkinnan tehneen henkilön asiantuntemuksesta. On mahdollista, että kaikkia putkissa olevia häiriöitä ei kuvauksen yhteydessä havaita. Dirksen & Clemens (2008) kirjoittavat tästä ongelmasta ja toteavat, että esimerkiksi Alankomaissa toteutetuissa viemärikuvauksissa on merkittävänä ongelma se, että aiemmissä kuvauksissa havaitut ongelmat katoavat putkista eli niitä ei havaita enää seuraavassa toteutetussa viemärikuvauksessa ja että prosenttiosuus näille putkille, joista jokin häiriö katoaa verrattaessa kuvausaineistoja keskenään, on merkittävä. Ongelmat johtuvat mahdollisesti myös kuvausten subjektiivisuudesta sekä virheistä kuvaustietojen tallennuksessa. Mahdollisena ratkaisuna olisikin kuvaustulosten kiinnittäminen esimerkiksi verkkotietojärjestelmässä tarkasti kuvattuun putkiosuuteen virheiden välttämiseksi. Kuvaustuloksiin liittyvistä epävarmuustekijöistä johtuvista virheistä viemärin kuntoluokituksessa kirjoittavat myös Sousa et al. (2014).

Kuvaus rajoittuu myös näköhavaintoon, joten silmällä havaitsemattomat häiriöt, kuten putken seinämän paksuus, eivät kuvauksen avulla selviä. Viemärikuvauslaitteistoja on kuitenkin kehitetty siten, että ne havaitsevat nykyään entistä paremmin muun muassa putken painumat, kaltevuuden ja sivusuuntaiset mutkittelut. Suuri virtaama viemäriputkessa kuvausajankohdalla häiritsee kuvausta, ja se tulee huomioida kuvauksen ajankohdan valinnassa. (Koo & Ariaratnam 2006.)

Viemärin savukokeessa viemäriin puhaltaa savua tarkastuskaivojen kautta. Savukokeen toteutus on huomattavasti nopeampaa kuin viemärikuvauksen. Savukokeen avulla voidaan paikallistaa esimerkiksi virheellisiä liitoksia putkilinjoissa, kuten kiinteistöjen sadevesi- ja salaojaliitoksia, jotka on liitetty virheellisesti jätevesiviemäriin. Savukokeen avulla voidaan varmistaa viemäriin liittyneiden kiinteistöjen viemärin tuuletuksen toimivuus. Savukokeen avulla voidaan myös paikallistaa kohtia, joissa viemärin rakenne ei ole tiivis, eli mahdolliset viemärin vuotokohdat. Vuotokohtien selvityksessä tosin haasteeksi osoittautuvat tiiviit pintarakenteet ja viemäriinjojen suuri asen-

nussyvyys, jotka estävät savun nousun maanpinnalle havaittavaksi, tai savun ilmene-miskohta on eri kuin vuotokohdan todellinen sijainti. Savukoetta käytetään usein mui-den kuntotutkimusmenetelmien, kuten viemärikuvauksen, täydentävänä tutkimuksena. (Forss 2005; Aalto 2013.)

Savukokeen tavoin jätevesiviemäreiden virheellisiä liittymiä voidaan selvittää myös väriainekokeen avulla. Väriainekoe perustuu veden virtausreittien selvittämiseen, ja siinä myrkyttömällä ja biohajoavalla väriaineella värjättyä vettä kaadetaan tutkittavan viemäriin sisään ja varmistetaan, mihin vesi kulkeutuu. (Saastamoinen 2015.)

Vuotavuuden kannalta verkoston ongelmakohdat saadaan parhaiten selville vuoto-vesiselvityksen avulla. Jätevesiviemäreiden vuotovesiselvitysten tarkoituksena on sel-vittää verkoston vuotovesien määrä, vuotojen sijainti sekä niiden syyt. (Forss 2005.) Jos selvitys tehdään koko verkostolle, voidaan sen perusteella osoittaa verkoston vuota-vimmat alueet ja kohdentaa niihin saneeraustoimenpiteitä. Vuotovesiselvityksiä toteute-taan nykyään yleisesti mallintamalla. (Ronkainen 2016.) Mallinnusta voidaan käyttää apuna eri verkoston osien vuotovesiprosenttien määrittämisessä (Forss 2005). Tämä edellyttää kuitenkin, että verkostossa on runsaasti virtausmittauspisteitä, joiden avulla voidaan varmistua mallinnustulosten oikeellisuudesta.

Viemäriin kunnan arviointia voidaan toteuttaa myös verkostomallinnuksen avulla. Mal-linnustapoja on kuitenkin erilaisia, ja eri mallien avulla voidaan tarkastella erilaisia ver-koston toimintaa koskevia asioita. Vuotovesien määrityksessä käytetään hydraulista mallinnusta. Matemaattisessa mallinnuksessa puolestaan voidaan malli laatia esimerkik-si viemäriputkien tukosten muodostumisesta analysoimalla, millaisissa johdoissa ja mis-sä sijainneissa tukoksia on todettu yleisimmin tapahtuvan. Erilaisia mallinnuksia voi-daan käyttää työkaluna mallinnetun verkostoalueen kunnan ja toimintakyvyn heikenty-misen määrittämisessä ja apuna päätettäessä, koska kyseiseen linjaan tulisi kohdentaa kuntotutkimuksia tai saneeraustoimenpiteitä (Laakso 2011). Mallinnuksen avulla on mahdollista myös selvittää tulvimisherkät alueet, varmistaa verkoston kapasiteetin riit-tävyys sekä määrittää riittävä linjakohtainen putkihalkaisija (Forss 2005). Mallinnukses-sa voidaan huomioida johto-osuuden ominaisuudet, esimerkiksi ikä, materiaali, sisä- ja ulkopuolinen kuormitus sekä ympäristölliset tekijät, kuten maaperä ja pohjaveden pin-nan taso (Laakso 2011).

Vuotovesien hallinnassa korostuu erityisesti vuotojen paikallistamisen tärkeys (Vahala 2010). Vuotovesien määrän arvioimiseksi voidaan viemäriverkoston kuntoa selvittää hyödyntämällä olemassa olevaa verkoston kuntotietoa tai tekemällä tarkastuskaivojen kartoituksia tai viemärikuvauksia. Veden virtausta verkostossa on mahdollista mitata hyödyntäen ultraääneen ja laseriin perustuvia virtaaman syvyyden mittareita sekä nope-utta mittaavia virtausmittareita. Jätevedenpumppaamoilta on lisäksi saatavissa käyttöai-ka- ja virtaamatietoja, joiden oikeellisuuteen ja datan keruun parantamiseen panostami-nen on tärkeää. Virtaaman muutoksia voidaan arvioida sademäärien muutosten avulla, joita voidaan mitata sademittareiden avulla (Heino & Eklöf 2010.) Verkostovuotojen osatekijänä toimii pohjavesi, ja sen pinnan tason vaihtelua voidaan seurata pohjavesipu-kista tehtävällä havainnoinnilla. (Lampola, Yrjölä & Laakso 2015.)

Viemäreiden tarkastuskaivojen välillä sijaitsevien vuotokohtien paikallistamiseen on kehitetty myös Vuove-luotain, joka tekee luotausta virtaamasta putkessa. Luotain mittaa veden laatuparametrejä, ja tiedot tallentuvat mittauksen aikana luotaimen muistiin. Tie-tojen avulla on mahdollista selvittää muutokset vuotovesiprosentissa, kun luotain on

ohittanut vuotokohdan. Vuove-luotaimen käyttö on kuitenkin edelleen kehitysasteella. (Vuove-Insinöörit Oy 2016; RIL 237-1-2010.)

Paineviemäreiden osalta kunnan tutkimus on viettoviemäreitä haasteellisempaa. Paineviemäriin kuntoa on mahdollista arvioida esimerkiksi vuotokorjauksen yhteydessä, kun viemäri kaivetaan esiin. Yksi paineвиemäreiden kunnan tarkastamisen keino onkin koe-kuopan kaivu. Lisäksi paineвиemäreiden virtaamaa voi seurata virtausmittausten avulla. Virtausmittaus on järkevä ratkaisu esimerkiksi vesistöjen pohjassa sijaitsevien viemäreiden seurantaan alituksen molemmin puolin. Paineviemäreiden kuntotutkimuksen kannalta merkittävä kohde ovat myös niiden purkukaivot, joissa saattaa ilmetä syöpymää paineвиemäristä tulevien viemärikaasujen vaikutuksesta.

4.1.2 Viemärikaivot

Viemäriputkien ohessa kuntotutkimuksia voidaan tehdä myös viemärikaivoille. Viemärikaivojen kuntotutkimuksesta laaditaan viemäriputkien tavoin aina kirjallinen tutkimusraportti, jossa havainnot, mittatiedot ja kuvatallenteet tallennetaan haluttuun muotoon. Sähköisen raportin tiedot voidaan tallentaa käytettävään verkkotietojärjestelmään, jossa niitä voidaan esimerkiksi käyttää saneeraussuunnittelun lähtötietona tai osana saneerauksen urakka-asiakirjoja. (Suomen Vesilaitosyhdistys ry 2013.)

Viemärikaivojen kuntotutkimuksessa mitataan kaivon ominaisuudet, joita ovat sisähalkeisija, kaivon syvyys sekä kaivon liittyvät putkiyhteet. Ne kirjataan ylös kaivokohtaisiksi perustiedoiksi. Kuntotutkimuksen yhteydessä kaivot kuvataan. Tutkimuksen yhteydessä kirjataan ylös myös tehdyt vikahavainnot koskien kaivon rakenteellisia tai toiminnallisia vikoja tai vuotoja. Vikahavainnoista kirjataan ylös niiden sijainti kaivossa sekä korkeusasema. Ilmenneet viat luokitellaan vakavuusluokan mukaan asteikolla 1–4 siten, että lukuarvon 1 saa vähäinen vika ja arvon 4 merkittävä vika. Kaivon kunnan yleisarvosana annetaan perustuen kaivon rakenteelliseen ja toiminnalliseen kuntoon sekä vuotohavaintoihin siten, että merkittävin havainto määrittää yleisarvosanan. Moitteettomassa kunnossa olevan kaivon yleisarvosanaksi kirjataan 0. (Suomen Vesilaitosyhdistys ry 2013.)

4.2 Saneerausmenetelmät

Viemäriverkoston saneerausten avulla tähdätään verkostojen toimintavarmuuden ylläpitoon ja palvelutason turvaamiseen sekä riskien minimointiin mahdollisimman kustannustehokkaasti. Viemäriverkoston saneerauksilla siis pyritään korjaamaan verkostossa ilmenneitä häiriöitä ja vikoja, parantamaan verkoston rakenteellista kuntoa, varmistamaan verkoston toimivuus sekä pienentämään verkoston vuotovesimäärää. (Laakso 2014; Pöyry Finland Oy 2011.)

Jätevesiviemäreiden saneerausmenetelmät jaetaan kaivamattomiin saneerausmenetelmiin, uusimiseen kaivamalla sekä yksittäisten vaurioiden korjaamiseen. Kaivamattomia menetelmiä ovat erilaiset sujutukset, kuten pätkäsujuutus, sukka-sujuutus, kuristussujuutus, muotoputkisujuutus ja tapauskohtaisesti myös viemäriin pitkäsujuutus. Kaivamattomiin tekniikoihin kuuluvat myös erilaiset pinnoitukset, kuten sementtilaastivuoraus sekä pakkosujuutus. Viemärikaivojen saneeraus voidaan tehdä aukikaivamalla, asentamalla uusi saneerauskaivo vanhan kaivon sisään tai erilaisilla pinnoitusmenetelmillä, kuten kaivon sisäpinnan betonoinnilla. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2010; Maa- ja metsätalousministeriö 2008.) Taulukko 2 esittää Suomessa käytössä olevia saneerausmenetelmiä.

Taulukko 2. Jätevesiviemäreiden kaivamattomat saneerausmenetelmät (Infra-31–710119 Vesihuoltoverkkojen saneeraus; FiSTT 2016)

Menetelmä	Menetelmän kuvaus
Pitkäsujutus	Pitkäsujutuksessa olemassa olevan putken sisälle vedetään yhtenäinen uusi putki siten, että vanha putki jää uuden putken ympärille ehjäksi ja putkien välinen tila täytetään hiekalla tai vaahtobetonilla. Pitkäsujutus siis pienentää putkikokoa. Yleisin käytetty materiaali on PE, mutta myös muiden materiaalien käyttö on mahdollista. Viemäreiden pitkäsujutus on mahdollista tehdä tarkastuskaivoista käsin ilman aukikaivua.
Pakkosujutus	Pakkosujutuksessa rakennetun putken sisään syötettyjen terästankojen avulla vedetään uusi, yhtenäinen putki vanhan putken sisällä. Uuden putken päähän sijoitetaan levityskärki, jolla vedon edetessä halkaistaan tai murskataan rakennettu putki, joka jää rikkonaisena maahan uuden putken ympärille. Pakkosujutuksen avulla voidaan putkikokoa kasvattaa jopa noin 30 % nykyisestä. Pakkosujutus soveltuu sekä paineellisille että paineettomille viemäriputkille.
Muotoputkisujutus	Muotoputkisujutuksessa käytettävä putki muotoillaan munan muotoiseksi ennen sujutuksen alkua. Munan muotoinen putki vedetään saneerattavan putken sisälle joko kaivannosta tai tarkastuskaivosta käsin. Sujutuksen jälkeen putki palautetaan alkuperäiseen muotoonsa joko kuumentamalla putkea tai johtamalla sen sisälle painetta. Muotoputki mitoitetaan saneerattavan putken koon mukaan ja se painetaan kiinni saneerattavan putken sisäpintaan tai putkikokoa pienennetään standardikoossa siten, että olemassa olevan putken sisälle asennetaan standardikokoinen muotoputki. Muotoputkisujutuksen jälkeen sujutettuun putkeen liittyvät tonttiliittymät tulee porata auki porauslaitteen avulla.
Pätkäsujutus	Pätkäsujutus soveltuu ainoastaan viettoviemäreiden saneeraukseen. Pätkäsujutuksessa saneerattavan viemäriin sisään asennetaan tarkastuskaivoista noin puolin metrin pituisia saneerausputkia, joiden halkaisija on pienempi kuin saneerattavan viemäriputken. Pätkäsujutuksen saneerausputket asennetaan toisiinsa tiiviisteellisillä muhviiliitoksilla. Pätkäsujutus voidaan toteuttaa niin, että viemäri voi olla käytössä sujutuksen ajan, riippuen kuitenkin virtaaman suuruudesta. Sujutusputkien ja olemassa olevan viemäriputken välinen tyhjä tila tulee täyttää hiekalla tai vaahtobetonilla.
Sukkasujutus	Sukkasujutuksessa saneerattavan putken sisäpintaan sujutetaan nestemäisellä hartsilla kyllästetty huopa- tai lasikuitusukka (saumaton putki). Sukka kovetetaan sujutuksen jälkeen vedellä, höyryllä tai valolla, ja se kiinnittyy tiukasti sujutettavan putken sisäpintaan. Sukka tulee aina mitoitaa tapauskohtaisesti olemassa olevan putkilinjan mittojen mukaan. Sukkasujutusta käytetään Suomessa melkein yksinomaan halkaisijaltaan suurempien (> 300 mm) viettoviemäreiden saneeraukseen. Sukkasujutus on tällä hetkellä maailmalla käytetyin kaivamaton saneerausmenetelmä, ja sillä voidaan saneerata jopa 3 metriä halkaisijaltaan olevia putkilinjoja, ja se soveltuu kaiken muotoisille putken poikkileikkauksille. Sukkasujutuksen jälkeen sujutettuun putkeen liittyvät tonttiliittymät tulee porata auki porauslaitteen avulla.
Elementtivuoraus	Elementtivuorauksessa erikseen valmistetuista elementeistä kootaan rakennetun putken sisäpuolelle uusi putkirakenne. Elementtivuorauksista kutsutaan usein myös putken paneeloimiksi. Elementtivuorauksista käytetään suurten kokoojaviemäreiden ja viemärikanaalien saneeraukseen ja elementit valmistetaan tehtaalla tapauskohtaisesti saneerattavan putken koon ja profiilin mukaan. Elementtien avulla kootun putken ja olemassa olevan putken välitila tulee täyttää vaahtobetonilla.
Kuristussujutus	Kuristussujutuksessa sujutettavan PE-putken halkaisijaa kuristetaan ennen sujutuksen alkua mekaanisesti siten, että putkikoko pienenee noin 10–15 %. Kuristuksen jälkeen putki vedetään saneerattavan putken sisään. Kuristetun PE-putken halkaisija palautuu ennalleen noin 24 tunnin kuluessa kuristuksesta. Kuristussujutuksessa uuden ja vanhan putken väliin ei jää välitilaa sujutusputken halkaisijan palatessa ennalleen.
Nesteinjektointi	Nesteinjektoinnissa injektoitava viemäriputki täytetään kahdella erilaisella nesteellä. Nosteet imeytyvät viemäriin vuotokohdista maaperään ja aiheuttavat keskenään reaktion siten, että ne tiivistävät maan vuotokohdan ympäriltä eikä viemärivesi pääse vuotamaan maaperään.
Spiraalisujutus	Spiraalisujutuksessa PVC-nauhasta valmistettu kierreluotusputki sujutetaan saneerattavan putken sisälle. Kierreluotus mahdollistaa sen, että sujutuksen jälkeen putki voidaan kiertää lopulliseen muotoonsa.
Kohdeinjektointi	Kohdeinjektoinnissa putken tai kaivon sisäpuolelta pursotetaan yksittäisiin vauriokohtiin tiivistävää massaa paikka-aineeksi. Kohdeinjektointi soveltuu siis paikalliskorjausmenetelmäksi.

Vaakaporaus	Vaaka- eli suuntaporausta ei lueta varsinaiseksi saneerausmenetelmäksi, koska vaakaporausten avulla asennetaan poraamalla uusi putki uuteen sijaintiin. Vaakaporausta käytetään kuitenkin usein putkilinjan saneerausratkaisuna. Vaakaporauksessa porataan pilottireikä haluttuun sijaintiin maaperään ja syötetään terästangot. Terästankojen avulla vedetään maahan yhtenäinen virtausputki. Vaakaporaus soveltuu sekä paine- että viettolinjoille, ja sitä käytetään erityisesti kaivun kannalta haastavissa kohteissa, kuten puistojen, vesistöjen, katujen ja moottoriteiden alituksissa. Vaakaporaus edellyttää kaivantojen tekoa porauksen alkua- ja loppupäässä. Vaakaporausta on mahdollista tehdä jopa useita satoja metrejä kerrallaan.
Kaivojen saneeraus	Jätevesiviemärin tarkastuskaivot voidaan saneerata muovisilla korjauskaivoilla tai kaivojen sementtilaastivuorauksella. Korjauskaivolla tehtävässä saneerauksessa saneerattavan kaivon sisälle asennetaan muovinen sisäkaivo, joka rakennetaan muovisista kaivo-osista työmaalla kaivokohtaisesti. Kaivot voidaan myös sementtilaastivuorata, jolloin kaivon seinämille ruiskutetaan putken sementtilaastivuorauksen tavoin kerros sementtilaastia. Tällöin kaivon koko pienenee ainoastaan sementtilaastikerroksen paksuuden verran. Sementtilaastivuoraus edellyttää kaivojen vuotojen injektointia soveltuvalla massalla, ja huonokuntoiset kaivot verkotetaan tarvittaessa teräsverkolla, joka asennetaan sementtilaastikerroksen alle.

Saneerausmenetelmän valintaan vaikuttavat useat eri tekijät, ja siksi menetelmä tulee aina valita kohdekohtaisesti. Saneerausmenetelmän valintaan vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa painumaolosuhteet, puhdistustarve sekä siirtyminen sekavesiviemäristä erillisviemärintiin. Taloudellisesta näkökulmasta saneeraustavan valintaan vaikuttavat tonttiliitosten määrä, olosuhteet johtokaivannossa, saneeraustyön kesto, ympäristöolosuhteet ja saneerauskohteen lähellä sijaitseva muu toiminta, kuten pohjavesi, liikennöinti ja maaperäolosuhteet. Saneerausmenetelmä pyritään valitsemaan siten, että saneeraustyön toteuttamisen aikaiset häiriöt ulkopuolisille tahoille jäisivät mahdollisimman pieniksi. (Keskiväli 2010.)

4.3 Suurimmilla laitoksilla käytettävät kuntotutkimus- ja saneerausmenetelmät

Suomen vesihuoltolaitoksilla käytössä olevia kuntotutkimusmenetelmiä selvitettiin Suomen suurimmissa kaupungeissa sijaitsevien vesihuoltolaitosten edustajien haastatteluiden avulla. Haastattelut toteutettiin sekä sähköpostikyselyinä että puhelimitse. Haastatteluun valittiin 17 Suomen suurimman kaupungin vesihuoltolaitoksen edustajat, joille lähetettiin sähköpostitse kysymyksiä heidän laitoksensa jätevesiviemäriverkostoa koskien. Vastauksia antoi yhteensä 11 vesihuoltolaitosta: Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY, HS Vesi, Jyväskylän Energia, Lahti Aqua, Lappeenrannan Energia, Porin Vesi, Tampereen Vesi, Turun kaupungin vesiliikelaitos, Vaasan Vesi, Kouvolan Vesi ja Seinäjoen Vesi. Haastatellut henkilöt on esitetty tämän työn liitteessä 3 sekä heille esitetyt kysymykset liitteessä 4. Vesihuoltolaitoksen toiveiden mukaisesti haastattelun tulokset esitetään tässä työssä yhteenvedona erottelematta laitospohjaisia toimintatapoja. Myöhemmissä kappaleissa (ks. kohta 5.6) haastatteluissa saatuihin tuloksiin viitataan termillä laitospohjaiset haastattelut. Haastatteluiden tuloksia ei saa yleistää koko Suomen vesihuoltolaitosten käytäntöjä koskeviksi, koska haastateltujen laitosten lukumäärä on pieni. Tulosten perusteella hahmottuu kuitenkin mielikuva siitä, miten Suomen suurimmissa laitoksissa toimitaan.

Haastattelujen perusteella yleisin käytössä oleva jätevesiviemäreiden kuntotutkimusmenetelmä on viemärikuvaus. Viemärikuvauksen yhteydessä suoritetaan yleensä viemärikaivojen silmämääräinen kuntotarkastus. Viemärikuvausten ohessa useilla laitoksilla tehdään savukokeita, vuotovesiselvityksiä sekä virtausmittauksia siirrettävillä ja paikalleen sijoitettavilla laitteistoilla. Käytettävä kuntotutkimusmenetelmä valitaan perustuen tutkittavaan tekijään sekä viemäriputken tunnettuihin ominaisuuksiin. Yleistä on myös pumppaamoautomaation tietojen hyödyntäminen (erityisesti virtaamatiedot) vuotovesi-

en määrän arvioimisessa. Tietojen hyödyntämisen laajuus sekä tietojen tarkkuus vaihteli laitoskohtaisesti.

Useilla laitoksilla on käytössään jätevesiviemäriverkoston malli, jota käytetään apuna viemäriin toiminnallisen kunnan arvioinnissa. Lisäksi jotkin laitokset käyttävät erilaisia laitoskohtaisia laskennallisia menetelmiä apuna viemäriverkoston kunnan arvioinnissa. Nykyisin saatavilla olevan avoimen paikkatietoaineiston käyttö on aloitettu joillakin laitoksilla ja esimerkiksi pintamallin avulla varmistetaan katujen ja pintojen kuivatuksen toiminta eli pintavesien oikeanlainen hallinta ja huomioidaan häiriökohteet. Näitä ovat esimerkiksi kohteet, joissa hulevesiä saattaa päästä sisään jätevesiviemäriverkoston maanpinnan tasauksen virheiden takia. Pumppaamoautomaation yhteyteen liitettävällä sademäärämittauksella mitataan sademääriä vuotovesiselvityksen tueksi.

Eräällä laitoksella on käytössä vesianalyysi, jonka avulla on mahdollista selvittää, kuinka suuri osuus putken virtaamasta on vuotovettä pitoisuuteen perustuen. Yhdyskunnan jätevedessä on tyypillisesti tietyn suuruinen kuormitus (mg/l) orgaanista ainesta, tyypeä ja fosforia. Tyypillisiä arvoja pienemmät pitoisuudet osoittavat, että vesi on tavallista jätevedettä laimeampaa, minkä avulla voidaan tehdä päätelmiä vuotovesimäärän suuruudesta. Viemäriin liitettyjen putkiyhteiden liitoskohtia selvitetään myös väriainekokeiden avulla. Suurimpien putkikokojen kuntotutkimuksen apuna käytetään myös viemärisukeltajia.

Haastattelujen perusteella saatujen tietojen mukaan yleisimmät käytössä olevat viemäriin kaivamattomat saneerausmenetelmät ovat pätkäsujuutus, sukkaajuutus, muotoputkisjuutus ja pakkosujuutus. Saneerauksia tehdään myös vaakaporauksen avulla (tunnetaan myös suunaporauksena), vaikka menetelmä virallisesti luetaankin uudisrakentamis- eikä niinkään saneerausmenetelmäksi. Kaivamattomien tekniikoiden käyttö vaihtelee laitoskohtaisesti. Jotkin laitoksista saneeraavat enemmän aukikaivamalla kuin kaivamattomilla saneeraustekniikoilla. Aukikaivua edellyttää esimerkiksi joillakin laitoksilla tarve hulevesiviemäriverkoston laajennukselle, ja hulevesiviemäriin rakentamisen yhteydessä myös jätevesiviemäri ja vesijohto saneerataan aukikaivamalla. Toiset vesihuoltolaitokset puolestaan käyttävät kaivamattomia saneeraustekniikoita aina, kun niiden käyttö on kohteessa mahdollista.

5 Kuntotutkimusten ja saneerausten kohdentaminen

5.1 Viemäriverkoston ylläpidon ja hallinnan merkitys ja käytännöt

New Mexico Environmental Finance Center (2006) esittää perusteita sille, miksi viemäriverkoston hallinta ja ylläpito on vesihuoltolaitoksille tärkeää: verkostoihin on sidottuna suuri määrä laitoksen pääomaa, toimiva infrastruktuuri on pohja taloudelliselle kasvulle ja verkostojen hallinta pienentää riskiä niiden aiheuttamista haitoista ihmisille ja ympäristölle. Toimiva viemärintijärjestelmä on erityisen tärkeä palvelu sitä käyttäville vesihuoltolaitoksen asiakkaille. Viemäriverkon säännöllinen ylläpito ja hallinta tarjoavat myös tehokkuutta ja uusia innovaatioita tulevaisuuden kehitykselle. Säännöllisen hallinnan avulla pidetään yllä järjestelmän vakaus ja kestävyys.

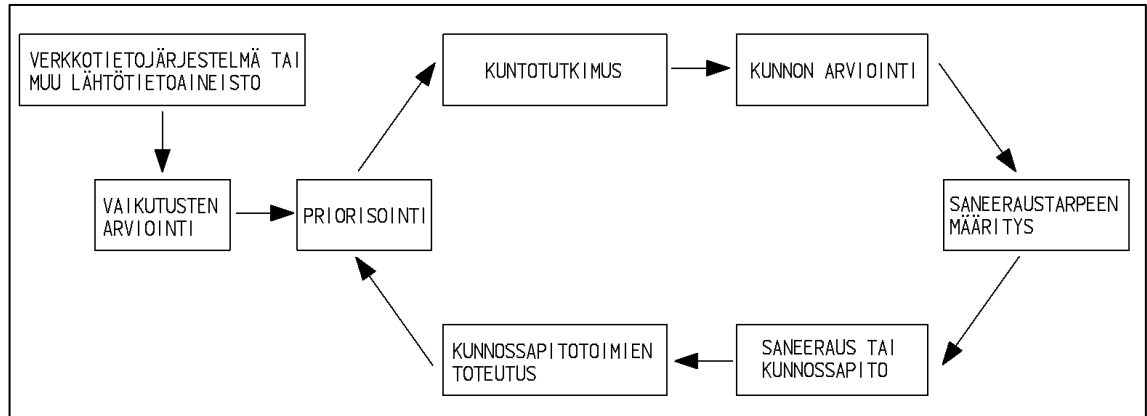
Marlow et al. (2007) määrittävät viemäriverkostojen hallinnalle neljä erilaista tapaa: kuntoon, toiminnallisuuteen, tuotettavan palvelun tasoon tai riskienhallintaan perustuva kohdentaminen. Kuntoon perustuvaan kohdentamiseen on vesihuoltolaitosten yleisesti helpoin mukautua: Jos verkoston kunto on todettu kunnossapidon toimesta huonoksi,

sen parantamiseen kohdennetaan toimenpiteitä. Toiminnallisuuteen perustuva kohentaminen perustuu kysymykseen siitä, toimiiko viemäri sillä tavoin, kuin sen on tarkoitus toimia. Jos toiminnassa on häiriöitä, ne korjataan siten, että hyvä toiminta ylläpidetään. Tuotettavan palvelun tasoon perustuva kohdentaminen on asiakaslähtöinen kohdentamistapa, mutta toisaalta vesihuoltolaitoksen näkökulmasta siihen on vaikein mukautua. Siinä kohdentaminen perustuu kysymykseen siitä, toimiiko viemäri siten, kuin sen on tarkoitus toimia eli tuottaen asiakkaalle toimivan jäteveden viemärintipalvelun.

Neljäs kohdentamistapa on riskiperusteinen kohdentaminen, joka perustuu verkostojen riskikohteiden ennakoivaan ylläpitoon siten, että riskit minimoidaan. Verkoston yleiskuntoa ylläpidetään ja lisäksi riskikohteet pyritään tunnistamaan ja niitä huolletaan ennakoivasti. Myös yllä mainitut kolme muuta kohdentamistapaa voidaan toteuttaa ennakoivasti. Niiden osalta haasteelliseksi saattaa kuitenkin osoittautua se, että kun verkostoa hallitaan pitämällä yllä haluttua kuntoa koko verkostossa, ei kriittisimpiä kohteita välttämättä huomioda tarpeeksi, ja niissä saattaakin ilmetä vakavia häiriöitä merkittävien, haitallisten seurauksin. Marlow et al. (2007) määrittävät riskiperusteisen kohdentamistavan perustuvan viemäriverkostossa esiintyvien häiriöiden todennäköisyyden ja seurausten suuruuden arviointiin. Riskiperusteinen kohdentaminen ei lisäksi rajaa pois muita kohdentamistapoja: Viemäriin riskien suuruuden tuntemisen ohessa voidaan saneeraukseen valita kuitenkin se johto-osuus, jonka kunnan on todettu olevan huonoin tai jonka toiminnallisuus ei enää toteudu sillä tavoin, kuin on tarkoitettu. Viemäriverkostojen kunnan hallinnassa tärkeintä, menetelmästä riippumatta, on kuitenkin määrittää, missä vaiheessa viemäriverkostojen toimintaa sen heikentymiseen tulee puuttua kuntoa parantavilla toimenpiteillä siten, että toiminta turvataan mahdollisimman kustannustehokkaasti. (Marlow et al. 2007.)

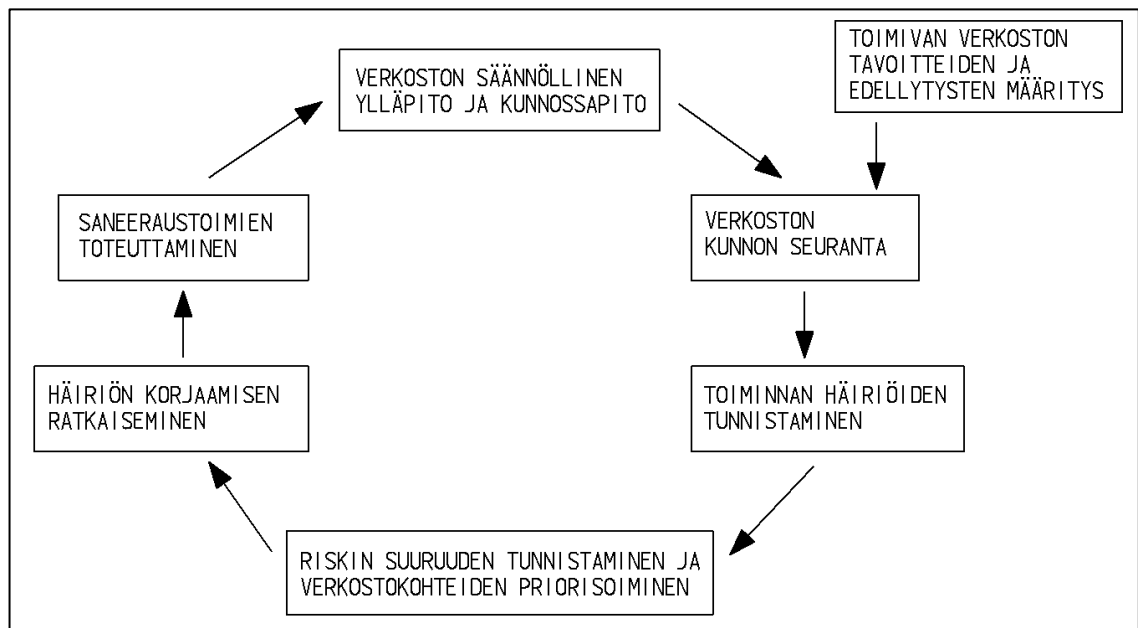
Ennakoiva verkostojen ylläpito on tärkeää, koska sen avulla voidaan estää hallitsematonta viemäriin kunnan heikentymistä ja siten vähentää viemärihäiriöiden aiheuttamia välittömiä ja välillisiä kustannuksia (Berardi et al. 2008). Ennakoivaa verkoston kunnan ylläpitoa ovat säännölliset verkoston huoltotoimet, ehkäisevä kunnossapito sekä verkoston kunnan tutkiminen (Pietarila 2012). Vaikka verkostojen ennakoiva ylläpito on tärkeää, on edelleen tarjolla vähän päätöksentekoa tukevia työkaluja ja menetelmiä, joiden avulla ennakoivan kunnossapidon toimia voisi verkostoon kohdentaa (Berardi et al. 2008). Verkoston kunnan tutkimiseen tehdyt investoinnit mahdollistavat kunnossapidon ja saneerausten kohdentamisen kunnoltaan eniten saneeraustarpeessa oleviin johto-osuuksiin (Pietarila 2012).

Viemäriverkostojen ylläpidon kannalta tärkeimpiä vaiheita esittää kuva 12 (McDonald & Zhao 2001). Koko viemäriverkostoa koskevat ominaisuus- ja sijaintitiedot on koottu vesihuoltolaitoskohtaiseen verkkotietojärjestelmään. Koko verkkotietojärjestelmän mukaiselle viemäriverkostolle tai jollekin määrätylle verkoston osalle esitetään kuvan mukaisesti tehtäväksi vaikutusten arviointi esimerkiksi laskennallisella menetelmällä tai muilla tavoin siten, että voidaan priorisoida, mitkä verkoston osat ovat kriittisimpiä ja mitkä vähemmän kriittisiä. Priorisointi voidaan tehdä eri tekijöiden perusteella, joita on esitetty tarkemmin myöhemmissä kappaleissa. Priorisointia hyödynnetään viemäriverkostossa toteutettavien kuntotutkimusten kohdentamisessa. Kuntotutkimuksilla saatujen tietojen perusteella arvioidaan viemäriverkostojen kunto ja tehdään päätös saneeraustarpeesta. Saneerauksen jälkeen määritetään seuraavan kuntotutkimuksen ajankohta. Tämän jälkeen viemäriverkostolle toteutetaan säännöllisiä kunnossapito- ja huoltotoimia. Viemäriverkostojen muuttumisesta johtuen johtokohtainen priorisointi toistetaan säännöllisin väliajoin.



Kuva 12. Viemäriverkoston ylläpidon prosessi (McDonald & Zhao 2001)

Marlow et al. (2007) esittävät myös samantapaista ylläpidon prosessia (kuva 13). Prosessi käynnistyy määrittelemällä verkoston toiminnan tavoitteet sekä edellytykset sille, millainen on vesihuoltolaitoksen mielestä toimiva verkosto. Verkoston kuntoa tutkitaan kuntotutkimusten avulla, jotka kohdennetaan laitoskohtaisesti perustuen aiemmissa kappaleissa esitetyn perusteella viemäriin kuntoon, toiminnallisuuteen, tuotettavan palvelun tasoon tai riskienhallintaan. Kuntotutkimusten perusteella määritetään, mitä häiriöitä verkostossa on, ja priorisoidaan kohteet saneeraukseen. Priorisoinnin jälkeen valitaan kohdekohtaisesti soveltuva saneerausratkaisu ja toteutetaan sen mukainen saneeraus, minkä jälkeen viemäriä käytetään ja ylläpidetään, kunnes sen eliniän ennuste alkaa täyttyä ja se ei vastaa enää verkoston toiminnalle asetettuja tavoitteita.

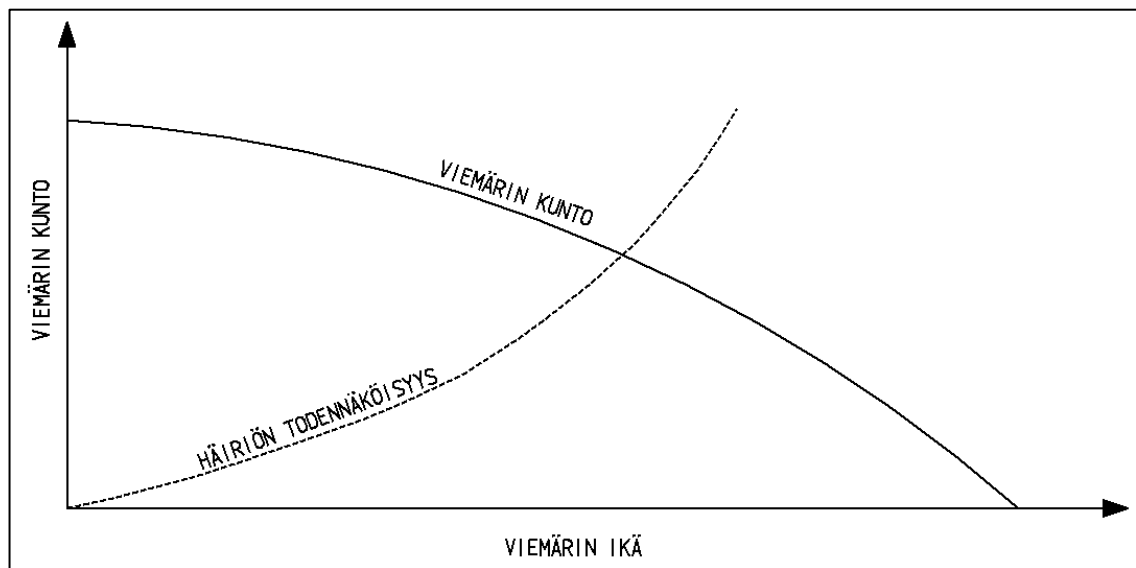


Kuva 13. Viemäriverkoston ylläpidon prosessikaavio (Marlow et al. 2007).

Kaikilla ihmisen valmistamilla rakenteilla on jokin odotettavissa oleva elinikä, niin myös viemäriverkostoilla. Elinikään vaikuttavat muun muassa rakennusvaiheen laadukkuus, rakenteen käyttömäärä, ympäristötekijät sekä rakenteen kunnossapitotoimien määrä ja laatu. Viemäriverkostoihin kohdistetut kunnossapitotoimet eivät ole olleet vuosien kuluessa riittäviä. Viemäriverkostojen pitkän käyttöiän takia niihin kohdistuneet rakenteelliset ja hydrauliset kuormitukset ovat myös muuttuneet viemäreiden rakennusaikaisista kuormituksista, joita vastaamaan viemärit on alun perin rakennettu.

Valitettavan usein vielä nykyäänkin viemärit ovat omillaan ilman riittävää ylläpitoa siihen asti, kunnes vaurioita alkaa ilmetä. (Read & Vickridge 1997.)

Viemäriverkon ikä ja yleiskunto ovat yleensä rinnastettavissa toisiinsa. Viemäriverkoston kunnolla puolestaan on suora yhteys verkostossa ilmenevien häiriöiden ilmenemisen todennäköisyydelle. Viemäriverkostossa ilmenevien häiriöiden määrä taas vaikuttaa järjestelmän toimivuuteen ja lisää häiriöiden haitallisten seurausten riskiä. Kuva 14 esittää yleistettynä viemäriin kunnan, iän ja häiriöiden esiintymisen todennäköisyyden riippuvuutta toisistaan. Viemäriverkon ylläpidon kannalta on tärkeää ymmärtää, miten verkoston kunto muuttuu verkoston ikääntymisen myötä. Kuntotutkimuksissa havaittujen häiriöiden osalta on puolestaan tärkeää ymmärtää, mikä niiden merkitys on ja kuinka vakavasta häiriöstä on kyse. (Marlow et al. 2007; Davies et al 2001.)



Kuva 14. Viemäriin kunnan, iän ja häiriöiden ilmenemisen todennäköisyyden riippuvuus toisistaan (Marlow et al. 2007; Davies et al 2001).

Historiallisesta näkökulmasta katsottuna jätevesiviemärien kunnostus on perustunut enemmän ilmenneiden häiriöiden korjaamiseen kuin häiriöiden synnyn ehkäisemiseen. Tämä lähestymistapa ei kuitenkaan ole kustannustehokasta vaan suurimmillaan jopa kymmenen kertaa kalliimpaa, kuin mitä ennaltaehkäisevät kunnossapitotoimet kustantavat. Häiriön korjaushetkellä on häiriö jo ehtinyt tapahtua aiheuttaen korjauskustannusten ohessa mahdollisia haittoja ympäristölle ja ihmisten terveydelle sekä mahdollisesti hyvinkin suuria välillisiä kustannuksia. Tehokkaampien kunnossapitotoimien toteuttamiseksi ja verkoston kunnan ylläpitämiseksi tulee verkoston kunto ja sen huonontumisen mekanismit tuntea paremmin sekä laatia verkostolle integroitu hallintajärjestelmä perustuen kuntotutkimuksiin, aikaisempaan tietoon ja ennakoivaan verkoston hallintaan. (Abraham et al. 1998; Hyeon-Shik, Hyung Seok & Abraham 2006; Van der Hoop 2010.) Viemäriverkoston nykytilan tuntemus ja luotettavat tulevaisuuden ennusteet verkoston kunnan kehityksestä ovat tärkeitä kunnossapitotöiden ja edelleen saneerausten määrittämisessä (Hyeon-Shik, Hyung Seok & Abraham 2006). Kun verkoston tila tunnetaan, osataan verkoston tarvitsemat kunnossapitotoimet kohdentaa paremmin.

5.2 Kohdentamisen strategia

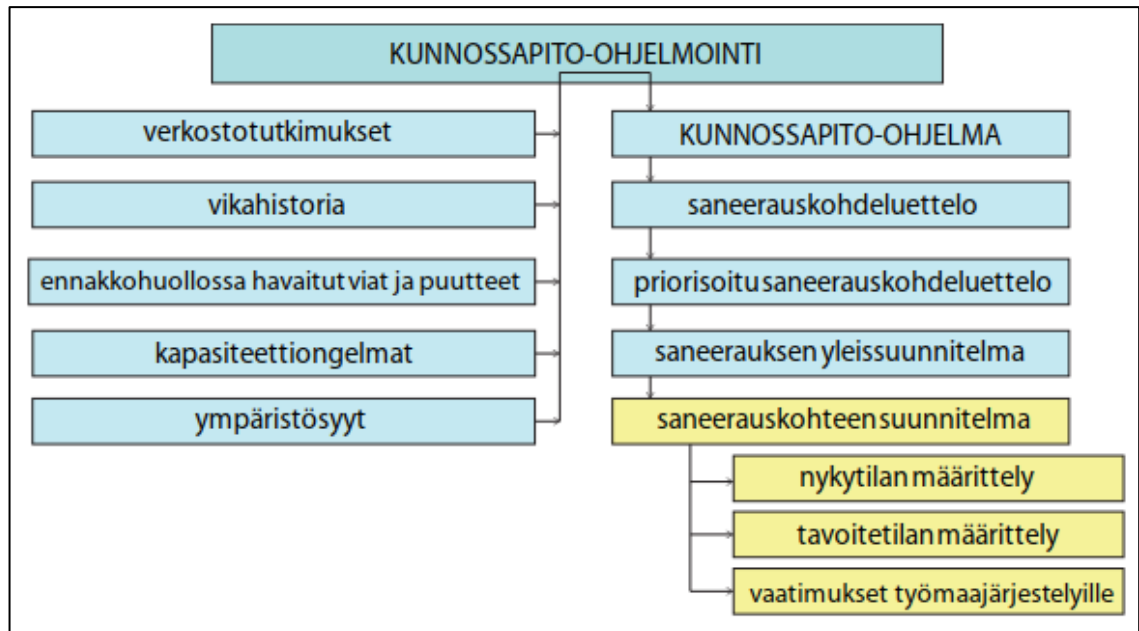
Viemäriverkoston kuntotutkimukset ovat viemäriin saneerauspäätöstä edeltävä vaihe, ja kuntotutkimusten tulokset toimivatkin saneerausten tärkeinä lähtötietoina. Kuntotutkimusten avulla voidaan merkittävästi vaikuttaa siihen, mitkä johto-osuudet päätyvät

saneeraukseen. Saneerausten kohdentaminen on tärkeää, mutta oikean saneerauspäätöksen laadinnassa kuntotutkimusten oikea kohdentaminen on oikeastaan vieläkin tärkeämpää. (Laakso 2015.)

Kuntotutkimusten toteuttaminen on kallista ja tutkimustulosten tulkinta työlästä, joten kuntotutkimuksia on mahdollista toteuttaa ainoastaan muutamiin johto-osuuksiin kerrallaan. Jotkin johto-osuudet edellyttävät kunnan seurantaa ja kunnossapitoa muita enemmän, ja onkin järkevää priorisoida kyseisen kaltaiset johdot. Toisaalta jotkin johdoista ovat verkoston toiminnalle merkittävämpiä kuin toiset, ja niissä ilmenevät häiriöt aiheuttavat merkittäviä haitallisia seurauksia. Kuntotutkimusten kohdentamisessa onkin keskeistä löytää juuri kyseiset johto-osuudet, koska niillä on suurin merkitys verkoston toiminnan ylläpitämisessä ja häiriöiden synnyn ehkäisyssä. (Read & Vickridge 1997.)

Vesihuoltoverkoston kuntotutkimukset ja saneeraukset ovat osa verkosto-omaisuuden hallintaa (Laakso 2014). Verkosto-omaisuuden oikeanlainen hallinta edellyttää, että verkoston kunto tunnetaan. Verkoston kunnan tuntemus puolestaan edellyttää säännöllistä tiedonkeruuta kuntotutkimusten avulla ja kunnan kehittymisen jatkuvaa seurantaa. Verkoston kunnan tuntemus lisääntyy jatkuvasti, mutta edelleen on tavallista, että verkostoa koskeva tietämys perustuu osittain kokemuseräiseen tietoon, paperikarttoihin sekä putkimateriaaliin ja putken ikään. Verkoston kunnan parempi tuntemus mahdollistaisi määrärahojen helpomman kohdistamisen verkosto-omaisuuden kunnossapitoon. Verkoston kunnan tuntemus myös mahdollistaisi verkoston pidemmän aikavälin seurannan, jonka avulla verkoston kunnossa tapahtuvat muutokset olisi helpompi havaita ja siten ajoittaa saneerausinvestoinnit oikein. Tämä on haastavaa, jos verkoston kuntoa ei kunnolla tunneta. (Luomanen, Hanski & Oulasvirta 2013.)

Viemäriverkoston kuntotutkimusten avulla ei määritetä ainoastaan tulevia saneeraustoimia vaan myös oikeanlaisia kunnossapitotoimia. Kuva 15 esittää periaatteellista viemäriverkoston saneerausprosessia. Viemäreiden kuntotutkimuksista saadut tulokset kirjataan kunnossapito-ohjelmaan, ja ne ovat pohjana ohjelmaan sisällytettävien kohteiden valinnalle. (Read & Vickridge 1997.) Kunnossapito-ohjelma on vesihuoltolaitoskohtainen ja toimii esimerkiksi verkkotietojärjestelmän yhteydessä. Kunnossapito-ohjelma sisältää verkoston tutkimusohjelmat, huolto-ohjelmat sekä korjausohjelmat (RIL 237-1-2010). Kunnossapito-ohjelmistoon kerätään tietoa johdoille tehdyistä tutkimuksista, niiden vikahistoriasta, huoltotoimien yhteydessä huomatuista puutteista, kapasiteettiongelmistä ja ympäristöllisistä syistä, jotka saattavat aiheuttaa putkilinjaan häiriöitä. Kerättyjen lähtötietojen perusteella kunnossapito-ohjelmassa kohteet priorisoidaan, minkä perusteella kohteet valitaan edelleen saneeraukseen. (Infra 31–710119 Vesihuoltoverkosten saneeraus 2013.) Kunnossapito-ohjelma toimii siis aputyökaluna verkostosaneerauskohteiden valinnassa. Prosessia kokonaisuudessaan voidaan kuvata strategiseksi viemäriverkoston ylläpito-ohjelmaksi, jonka avulla varmistetaan erilaisten kunnossapito- ja saneeraustoimien avulla jatkuva ja tehokas viemärointijärjestelmän toiminta mahdollisimman pienillä kustannuksilla. (Read & Vickridge 1997.)



Kuva 15. Viemäriverkoston saneerausprosessi. Viemäreiden kuntotutkimusten tulokset kirjataan kunnossapito-ohjelmaan, jonka perusteella määritetään kohteet saneeraukseen. (Infra 31–710119 Vesihuoltoverkkojen saneeraus 2013)

Kuva 15 esittää siis saneerausprosessin periaatteita, mutta kuvan mukaista prosessia voisi täydentää vielä esittämällä, miten eri tavoin verkostosta saatavia kuntotietoja voisi hyödyntää. Kuntotietojen hyödyntämistä on esitetty myöhemmin tässä työssä viemäriverkoston kokonaishallinnan prosessia esittävässä kuvassa 34. Yksi keskeinen tekijä vesihuoltolaitoksen kunnossapito-ohjelman pohjalta tehtävässä kunnossapitosuunnittelussa on osata kohdentaa kuntotutkimukset paitsi huonokuntoisimpiin myös kriittisimpiin johto-osuuksiin. Vesihuoltolaitoksella tulisi olla dokumentoituna ainakin seuraavia tietoja verkostoistaan: verkostojen paikkatiedot, verkostomateriaalit, putkiosuukien rakentamisvuodet, putkien ja kaivojen koot ja liittyneiden asiakkaiden tiedot. (SFS-EN ISO 11295 2010; Mustonen 2010). Asiakkaiden tietojen perusteella voidaan arvioida prioriteetiltään tärkeimpien asiakkaiden, kuten sairaaloiden sekä teollisuuslaitosten, tarpeet ja määrittää niiden kannalta kriittisimmät johto-osuudet. Verkostojen rakenteen tunteminen ei kuitenkaan yksin riitä lisäämään tuntemusta verkoston toiminnasta. Vesihuoltolaitoksen tulee kerätä myös automaatio- ja kaukokäyttöjärjestelmien avulla saatavaa tietoa, kuten verkostoon johdetun ja myydyin vesimäärän suhteen muutokset, tunti-kohtaiset pumppaustiedot, puhdistamolalle tuleva jätevesivirtaama ja sen muutokset sekä jätevedenpumppaamoiden virtaamatiedot. (Mustonen 2010.) Verkkotietojärjestelmän rakenteen tulisi olla sellainen, että tietojen tallentaminen on helppoa. Tällöin verkosto-osuuksia koskevat kunnossapitotöiden tulokset ja havaitut häiriöt voisi helposti kirjata järjestelmään ja tietojen perusteella tehostaa kunnossapitoa. (Read & Vickridge 1997.)

Kuntotutkimusten kohdentamiseksi prioriteetiltään tärkeimpiin kohteisiin eivät nämä tiedot kuitenkaan vielä riitä. Lisätietoja putkiosuukien kunnosta saadaan toimintahäiriöiden, korjausten ja niiden rekisteröinnin sekä asiakaspalautteiden avulla. Vesihuoltolaitoksen verkkotietojärjestelmään kirjattavia toimintahäiriöitä ovat muun muassa verkostovuodot, paineongelmat, viemäriverkoston tukokset, viemäreiden ja pumppaamoiden hajuongelmat, viemäreiden tulvimiset sekä jätevesipumppaamoiden tukokset ja ylivuodot. Lähtötietojen keruun jälkeen seuraavana vaiheena tulee käytäntöön ennakoivan kunnossapidon ja kuntotutkimuksen vaihe, jossa aiemmin kerättyjen tietojen avulla voi-

daan kuntotutkimuksia kohdentaa paremmin niihin johto-osuuksiin, joissa ongelmia on havaittu. (Mustonen 2010.)

Saneeraustarpeen määrittely edellyttää, että tilastotietoa on käytettävissä koko verkostosta runsaasti. Tilastotietojen perusteella voidaan tarkastella kunnossapitotoimien määrän lisääntymistä ja keskittymistä tiettyihin johto-osuuksiin, käyttö- ja kunnossapitokustannuksia yleensä ja niiden mahdollista kasvua, vedenkulutusta suhteessa viemärivereden määrään sekä laitosten kapasiteetin riittävyyttä. Riittävän tilastotiedon kokoaminen edellyttää jatkuvaa verkostojen kunnan ja toiminnan tarkkailua sekä säännöllistä tiedon arkistointia ja sille oman hallinnoimisjärjestelmän luontia. (RIL 237-1-2010.) Kunnossapitotöiden ja saneerausten välille tulee määrittää raja, jolloin kunnossapito ei ole enää kannattavaa vaan verkoston saneeraustyöt tulee aloittaa (Jousmäki & Poutiainen 2015). Taloudelliselta kannalta katsottuna saneerauksen toteutus on ajankohtainen silloin, kun tietyn putkiosuuden vuosittaiset kunnossapito- ja korjauskustannukset ym. lähestyvät uuden rakenteen pääomakustannuksia. Todellisuudessa saneeraustoimiin ryhdytään jo paljon tätä aikaisemmin. (RIL 237-1-2010.)

Suomen kaikilla vesihuoltolaitoksilla tulee verkostotietojen olla sähköisessä muodossa vuoden 2016 loppuun mennessä. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2015; Vuorela 2016.) Sähköisiä verkkotietojärjestelmiä onkin tarjolla useita erilaisia vesihuoltoverkostojen hallinnan apuvälineiksi. Verkkoaineiston ja verkoston ominaisuustietojen lisäksi verkkotietojärjestelmiin voidaan tallentaa kuntotutkimusten ja saneerausten kannalta tärkeää tietoa, josta on apua kuntotutkimusten ja saneerausten kohdentamisessa. Verkkotietojärjestelmiin voidaan verkoston sijainnin ja ominaisuustietojen perusteella tallentaa tietoja kuntotutkimusten ja asukaspalautteiden perusteella todetuista häiriöistä ja niiden korjauksen yhteydessä tehdyistä havainnoista. Verkkotietojärjestelmiin voidaan myös tallentaa viemärikuvauksen avulla saatuja tietoja ja otettuja valokuvia sekä kirjata putkikohtainen kuntoluokitus tai kuntoindeksi, jonka perusteella priorisoidaan saneerauksen kannalta kriittisimmät kohteet. Verkkotietojärjestelmiin voidaan myös tallentaa toteutuneiden saneerausten kustannuksia ja niiden perusteella arvioida myös muiden kohteiden saneerauksen kustannuksia. Verkkotietojärjestelmät siis tarjoavat laajasti mahdollisuuksia viemäriverkostojen kuntotutkimusten ja saneerausten kohdentamisen avuksi.

Saneeraustoimia harkitaan yleisesti perustuen nykyisen verkoston rakenteellisiin tai toiminnallisiin häiriöihin ja niiden vakavuuteen. Saneeraukseen ryhdytään, kun kunnossapitokustannukset ovat korkeat ja nousevat jatkuvasti, sortumien vaara on ilmeinen, kapasiteetti ei mitoituksen perusteella ole riittävä, viemäriin häiriö on ilmeinen ja häiriö saattaa viemäriin sijainnista johtuen aiheuttaa suurta haittaa tai viemäriverkoston vuotojen määrä on liian suuri. (RIL 237-1-2010; Suomen kaupunkiliitto 1991.) Verkoston kunnan huonontuminen on usein tapauskohtainen. Tosin verkosto-osuuksissa, joissa on keskenään samat ominaisuudet, kuten sama rakennusajankohta, sama verkostomateriaali ja sama asennusympäristö, on kunnan kehityksen havaittu olevan suhteellisen samanlainen. Kunnan kehitystä on täten mahdollista arvioida perustuen toisiin, samat ominaisuudet omaaviin verkosto-osuuksiin. Saneeraustoimia ei pidä kohdentaa pelkästään verkoston ikään perustuen, koska vanhat verkoston osat saattavat olla paremmassa kunnossa kuin uudemmat osat. Saneerauskohteen valinnassa tulisikin huomioida myös muita tekijöitä, kuten putkimateriaali, viemäriin kuormitus, ympäristölliset tekijät sekä viemärisä tapahtuvien häiriöiden todennäköisyys ja seuraukset. (Baur & Herz 2002.)

Kasvavan saneerausvelan pysäyttämiseksi on vesihuoltolaitoksilla välttämätöntä kasvattaa vuosittain tehtävien saneerausten määrää. Tärkeää ei ole vain lisätä saneeraus määrää vaan myös keskittyä saneerauskohteiden valintaan, jotta voidaan paikantaa ne kohteet, joissa saneeraustarve on suurin ja joissa myös saavutetaan saneerauksella suurin rahallinen hyöty. (Luomanen, Hanski & Oulasvirta 2013.) Osa vesihuoltolaitoksista perustaa vuotuiset saneeraustoimensa pitkän tähtäimen saneerausohjelmiin ja saneeraussuunnitelmiin, joissa verkoston kunnan lisäksi huomioidaan putken merkitys osana verkostoa (Maa- ja metsätalousministeriö 2008). Saneerausohjelma voidaan toteuttaa sekä lyhyen että pitkän tähtäimen saneerausohjelmana. Lyhyen tähtäimen saneerausohjelman tavoitteena on määrittää verkostosta ne kohteet, jotka saneerataan lähivuosina, eli saneerauksen kannalta kriittisimmät kohteet. Pitkän tähtäimen saneerausohjelman päätavoitteena on määrittää vuosittaisten saneerausmäärien suuruus, jotta muodostunut saneerausvelka korjataan eikä uutta velkaa pääse vuosittain syntymään. (Pietarila 2012.)

Kuntotutkimusten kohdentamisen tavoin myös saneerausten kohdentamisessa esille nousee riskiperusteinen kohdentaminen. Saneerauskohteiden priorisoinnissa tulee huomioida kuntotutkimusten perusteella saatu tieto verkoston kunnosta mutta myös verkosto-osuuden kriittisyys koko verkoston toiminnan tai muiden tekijöiden, esimerkiksi lähiympäristön kannalta.

5.3 Riskiperusteinen kohdentaminen

Riskiperusteisen kohdentamisen lähtökohtina ovat viemäriin kunnan tuntemus, kunnan heikentymisen taso, ilmenevän häiriön aiheuttamat seuraukset sekä vesihuoltolaitoksen määrittämä riskien sietokyky (Kleiner, Rajani & Sadiq 2006). Kuntotutkimusten perusteella huonokuntoisimmiksi todetuissa verkoston osissa ilmenevien toiminnan häiriöiden todennäköisyys on yleisesti suuri ja saneeraustoimet ovat perusteltuja. Huonokuntoisimpien verkoston osien ohessa saneerausten ja kuntotutkimusten kohdentamisessa on tärkeää arvioida, kuinka todennäköistä on, että tietyssä putkiosuudessa ilmenee vakava toiminnan häiriö, ja kuinka merkittäviä ongelmia eri verkoston osissa tapahtuvista häiriöistä voi seurata ihmisille, rakennetulle ympäristölle ja luonnolle. (Laakso 2014.)

Eri viemäriverkoston osissa tapahtuvien riskien seuraukset ovat erilaisia. Riskiperusteisessa kohdentamisessa haastavaa mutta toisaalta tärkeää onkin määrittää hyväksyttävän riskin ilmenemisen todennäköisyyden lisäksi, millaiset seuraukset ovat merkittävimpiä. Kuntotutkittavien ja saneerattavien kohteiden valinnassa on keskeistä määrittää, mikä on kyseisen viemäriosuuden häiriön riski tai todennäköisyys ja millaisia seurauksia häiriö aiheuttaa. Näiden molempien tekijöiden huomioiminen on tärkeää, ja prosessia voidaan kutsua kriittisempien viemäriosuuksien tunnistamiseksi. Häiriön riskin todennäköisyys on riippuvainen erilaisista tekijöistä, kuten putken materiaalista, sijainnista verkostossa, putken iästä, maaperäominaisuuksista, pohjavesiolosuhteista, virtaamasta sekä viemäriosuudessa aiemmin ilmenneistä häiriöistä. Kriittisimmät viemäriosuudet voidaan priorisoida erilaisten ratkaisujen avulla (esimerkkejä on esitetty myöhemmissä kappaleissa), ja pisteytyksen avulla esiin nouseviin, kriittisimpiin viemäreihin voidaan kohdentaa kuntotutkimuksia. (Read & Vickridge 1997.)

Laakso (2014) esittelee eritasoisia riskejä, joita verkoston osiin voi liittyä:

1. Luokka: Putkiosuudet, joissa häiriön ilmenemisen todennäköisyys on pieni mutta häiriön aiheuttamat seuraukset merkittäviä
2. Luokka: Putkiosuudet, joissa häiriön ilmenemisen todennäköisyys on suuri, mutta häiriön aiheuttamat seuraukset eivät ole merkittäviä

3. Luokka: Putkiosuudet, joissa sekä häiriön ilmenemisen todennäköisyys että häiriön aiheuttamat seuraukset ovat merkittävän suuria.
4. Luokka: Putkiosuudet, joissa sekä häiriön ilmenemisen todennäköisyys että häiriön aiheuttamat seuraukset ovat pieniä.

United States Environmental Protection Agency (US EPA) (2015) huomioi julkaisussaan Laakson (2014) tavoin viemärien häiriöiden todennäköisyyden ja seurausten vakaavuuden viemärien kriittisyyden arvioinnissa. US EPA (2015) esittää viemäriverkostossa ilmenevän häiriön todennäköisyyden ja seurausten suuruuden vaikutusta viemäriin kunnon seurantaan ja ylläpitoon oheisen kuvan avulla (kuva 16). Viemäriin, jossa häiriön todennäköisyys on pieni ja sen seuraukset ovat pieniä, voidaan toteuttaa kunnon seuranta pienemmän prioriteetin mukaisesti. Viemäriin, jossa häiriön todennäköisyys ja seurausten suuruus on suurempi, tulee viemäriin kunnon seuranta tehdä säännöllisesti määrätyn väliajoin, esimerkiksi laaditun tutkimusohjelman mukaisesti. Viemäriin, jossa sekä häiriön todennäköisyys että seurausten suuruus ovat kaikkein merkittävimmät, tulee priorisoida kuntotutkimusten kohdentamisessa ja tarvittaessa sisällyttää mukaan saneerausohjelmaan, koska niiden toiminnan ylläpito on erittäin tärkeää.



Kuva 16. Viemäriverkostossa ilmenevän häiriön todennäköisyyden ja sen seurauksen vaikutus viemäriin kunnon seurantaan ja kunnossapitoon. (US EPA 2015)

Verkoston häiriöiden seuraukset voivat aiheuttaa haitan joko rakennetulle tai luonnonympäristölle tai ihmisten terveydelle. Häiriöiden seurausten suuruuden määrittämiseksi tulee riskiperusteisessakin kohdentamisessa jaotella häiriöt niiden tyyppin mukaan rakenteellisiin häiriöihin eli verkoston kunnon pettämiseen sekä toiminnallisiin häiriöihin, kuten tukoksiin. Jaottelussa tulee huomioida, että häiriön aiheuttaja voi olla myös ulkopuolinen, verkostosta riippumaton tekijä. (Laakso 2014.)

Yksittäisen johto-osuuden vaurioitumisen seuraukset voivat vaihdella hyvinkin merkittävästi. Kriittisimpinä voidaan pitää sellaisia johtolinjoja, joiden vaurioitumisen seurauksena haittoja kohdistuu rakennettuun ympäristöön, kuten teihin, rakennuksiin tai luonnonympäristöön, kuten pohjavesi- ja luonnonsuojelualueisiin ja edelleen ihmisten terveyteen. Toisaalta kriittisiä ovat myös sellaiset johto-osuudet, joiden rikkoutuminen heikentää merkittävästi vesihuoltopalveluiden turvaamista suurille ihmismäärille ja aiheuttaa viemäriverkostossa merkittäviä ylivuotoja tai ohipumppauksia. Kriittisimpinä voidaankin pitää sellaisia johto-osuuksia, joiden vaurioitumisen seuraukset ovat kaik-

kein vakavimpia. (Laakso 2015.) Kriittisimmät johtoyhteydet eivät aina ole verkoston vanhimmat johdot, vaan myös johtojen sijainnilla on erittäin suuri merkitys niiden kriittisyydelle ja niiden merkitykselle verkostossa.

5.4 Häiriöiden todennäköisyyden ja putkien elinkaaren mallintaminen

Viemäriverkoston kuntoa kuvaavia tunnuslukuja ovat yleisesti verkostossa ilmenneiden yleisimpien häiriöiden määrä, kuten vuotoveden määrä, vuotojen ja tukosten suhteellinen määrä sekä paineviemärien putkirikkojen määrä. Näiden tunnuslukujen perusteella kohdistetaan usein verkostoon kunnossapito- ja saneeraustoimenpiteitä, koska ne indikoivat verkoston huonoa kuntoa ja sitä, että todennäköisyys häiriöiden ilmenemiselle ja niiden aiheuttamille vakaville seurauksille kasvaa. (Luomanen, Hanski & Oulasvirta 2013.)

Vuotoveden määrä yleisesti antaa hyvän yleiskuvan viemärin kunnosta ja tiiviyydestä. Tämän tunnusluvun käytettävyyttä heikentävät kuitenkin jätevesiviemäriin liitetyt sadevesiliitokset, jotka johtavat esimerkiksi kuivatusvesiä ja lumen sulamisvesiä suoraan verkostoon sisään lisäten vuotoveden määrää, jolloin viemärin kunto vaikuttaa todellista huonommalta. Kaikki verkostot vuotavat, mutta vuotojen määrän sijaan verkoston kannalta merkittävämpää on kuitenkin vuotojen vakavuus ja suuruus. Verkoston vuotavuuden ja vuotojen määrän käyttämiseen verkoston kunnan indikaattorina tulee kuitenkin myös muiden tekijöiden takia suhtautua varauksella. Vesihuoltolaitokset pitävät yllä tilastoa verkostoissaan ilmenneistä vuodoista. Vesihuoltolaitoksen ilmoittama vähäinen vuotojen määrä voi tarkoittaa sitä, että verkoston kunto on hyvä ja vuotavuus alhainen. Verrattaessa aiempien vuosien tietoihin se voi toisaalta tarkoittaa myös sitä, että vuotojen etsintään on käytetty aiempaa vähemmän resursseja, jolloin havaittujen vuotojen määrä on aiempaa vähäisempi eikä verkostojen kunto todellisuudessa ole parantunut. (Luomanen, Hanski & Oulasvirta 2013.)

Viemärin kunnan huononemisen yhtenä seurauksena ovat viemäritukokset, jotka saattavat aiheuttaa viemärin tulvimista ja jäteveden nousemista tukoskohdan takana tapahtuvan padottumisen seurauksena asuinrakennuksiin. Tällöin jätevesi asettaa välittömän riskin ihmisten terveydelle ja saattaa aiheuttaa vahinkoa rakenteille. Viemärin kunnan heikentymisen haitallisimpana seurauksena saattaa olla viemärin sortuminen. (Read & Vickridge 1997.) Tukkeumat johtuvat usein verkostojen painumisesta sekä verkostoon kuulumattomien asioiden, kuten pienten esineiden, oksien tai juurien takertumisesta putkeen. Tukkeumat voivat viitata viemärin huonoon kuntoon, mutta koska ne voivat johtua myös verkostoon kuulumattomasta esineestä, ei niiden avulla välttämättä kuitenkaan saada selville verkoston todellista kuntoa. Tukkeumien raportoinnin yhteyteen onkin tärkeää kirjata, mikä tukkeuman on aiheuttanut. Tukkeumien määrän sijaan on tärkeämpää kiinnittää huomiota siihen, mikä tukkeuman on aiheuttanut. (Luomanen, Hanski & Oulasvirta 2013.)

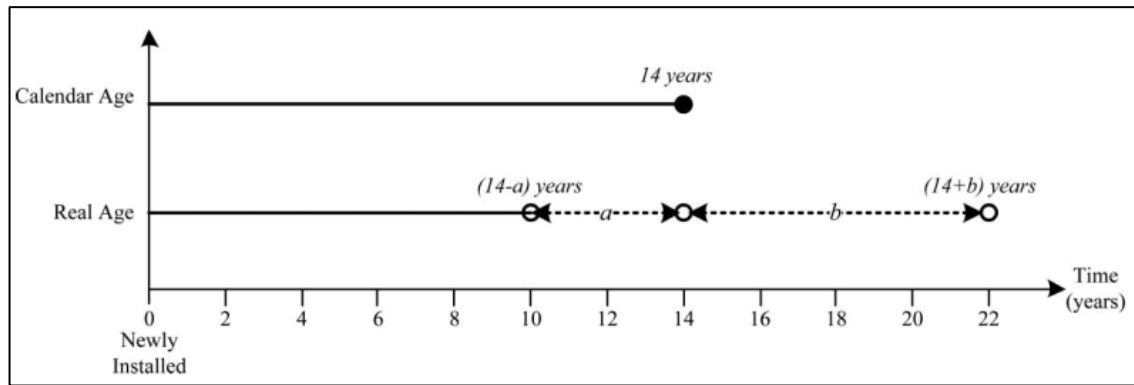
Putkirikkoja voi tapahtua vesijohtoverkoston tavoin myös paineviemäriverkostossa. Putkirikkojen määrä voi indikoida putken huonoa kuntoa, mutta toisaalta putkirikkoja aiheuttavat myös ulkoiset tekijät, kuten onnettomuudet, ympäristön aiheuttama kuormitus sekä liitoskohtien vuodot, joten putkirikkojen yleisyys ei täten välttämättä johdu putkien huonosta kunnosta. Putkirikkojen korjaustoimien yhteydessä on tärkeää arvioida tapahtuneen putkirikon syy ja merkitä syy korjauksesta laadittavan raportin yhteyteen. (Luomanen, Hanski & Oulasvirta 2013.)

Aiemmissa kappaleissa esiteltyjä viemäriverkoston kuntoa kuvaavia tunnuslukuja käytetään yleisesti viemäriverkoston kunnan arvioimiseen. Niihin liittyy kuitenkin epävarmuustekijöitä, jotka on hyvä huomioida tunnuslukuja käytettäessä saneerausten kohdentamisessa. Tunnusluvut ovat toimivia, mutta niihin tulee suhtautua varauksella ja arvioida, miksi kyseisen tunnusluvun ilmeneminen on runsasta. Eri laitosten ilmoittamien tunnuslukujen vertaaminen keskenään ei ole järkevää tunnuslukuihin liittyvistä epävarmuustekijöistä johtuen. Kun epävarmuustekijät tunnistetaan, tunnusluvut toimivat kuitenkin hyvin vesilaitoksen sisäisen kuntotutkimuksen riskiperusteisen kohdentamisen työkaluina. (Luomanen, Hanski & Oulasvirta 2013.)

Häiriöiden todennäköisyyden arviointi on usein haastavaa, koska se edellyttää tietoja verkoston aiemmasta kunnosta, korjaus- ja yläpitotoimista sekä muista tekijöistä, joiden perusteella viemäriin kunnan heikkenemistä on mahdollista arvioida. Yleisimmin viemäriin kuntoa onkin arvioitu viemäriin iän perusteella huomioimatta toiminnallisia tai ympäristöllisiä tekijöitä. Viemäriin kunnan arvioinnin tulisikin perustua arvioon sen todellisesta iästä, johon myös nämä tekijät vaikuttavat. (Syachrani et al. 2013.)

Syachrani et al. (2013) esittävät viemäriin todellisen iän määrittämistä oheisen kuvan perusteella (kuva 17). Todellinen ikä -käsitteellä he tarkoittavat sitä, kuinka pitkä käyttöikä yksittäisellä putkella on jäljellä. Todellisen iän määrittämiseksi he käyttävät matemaattista pääkomponenttianalyysiä (Principal components analysis PCA), jossa pyritään löytämään yhdistäviä tekijöitä, ns. pääkomponentteja, jotka kuvaavat tutkittua kohdetta mahdollisimman monipuolisesti huomioiden kattavasti kaiken käytössä olevan datan. Ominaisarvoon perustuen komponentit laitetaan suuruusjärjestykseen, jotta todetaan, mitkä arvoista kuvaavat aineistoa parhaiten. Pääkomponentteja voidaan olla esimerkiksi pientaloalue, jolla suurin osa johdoista sijaitsee. Pääkomponentti voi olla myös esimerkiksi puut, joita saattaa sijaita suuren verkosto-osuuden asennuskohdan yläpuolella. Pääkomponenttina voi olla myös tie tai liikenne, jos suuri osa verkostosta sijaitsee katu- ja tien alla tai muutoin liikennöinnin kannalta merkittävässä sijainnissa. Pääkomponenttianalyysissä analysoidaan aina samasta putkimateriaalista olevia putkia keskenään. Pääkomponenttien määrittämisen jälkeen tarkastelussa laaditaan regressiomalli.

Viemäriin kunnan todellisesta heikentymisestä riippuen 14 vuotta sitten rakennetun viemäriin kunnan todellinen ikä voi olla vähemmän kuin 14 vuotta (14-a) tai enemmän kuin 14 vuotta (14+b). Syachrani et al. (2013) esittävät esimerkkinä viemäriin, jonka toiminta on heikentynyt viemäriin päässeiden juurien tai öljyn seurauksena. Tällöin viemäriin kunto heikkenee normaalia nopeammin ja viemäriin todellinen ikä on vuosissa 14+b. Normaalilla paremmin toimivan, säännöllisesti huolletun ja otollisiin maaperä- ja ympäristöolosuhteisiin asennetun viemäriin kunnan todellinen ikä voi olla rakennettua ikää vähemmän eli 14-a. Tästä johtuen viemäriin kunnan arvioiminen sen kalenteri-ikänsä perustuen on riskialtista ja saattaa johtaa virhearviointeihin.



Kuva 17. Viemärin kalenteri-ikä ja todellisen iän eroavaisuus. (Syachrani et al. 2013)

Dirksen & Clemens (2008) kirjoittavat artikkelissaan Hollannissa toteuttamansa tutkimuksen tuloksista koskien viemärin iän vaikutusta häiriöiden, kuten halkeamien, vuotovesien, sivu- ja poikkisiirtymien ja korroosioaurioiden ilmenemiseen. Muiden tekijöiden osalta tulokset osoittavat, että iällä ja häiriöiden ilmenemisen todennäköisyydellä ei ole suoraa yhteyttä, mutta korroosioaurioiden osalta tulokset osoittavat, että mitä vanhempi putki on kyseessä, sitä huonompi sen kuntoluokka on korroosioaurioista johtuen.

Häiriöiden todennäköisyyden ilmenemisen arvioimiseksi putkiosuuden elinaikana on olemassa erilaisia matemaattisia malleja. Kleiner, Rajani & Sadiq (2006) esittävät, että matemaattisen mallinnuksen avulla voidaan luoda ennuste sille, koska viemärin heikentymisen taso on edennyt tasolle, jolla sen kunto tulisi varmistaa kuntotutkimusten avulla. Viemärille voidaan siis määrittää ikä, jonka jälkeen sen kunto todennäköisesti on erityisen huono. Kriittisimmän tason määrittää lopulta vesihuoltolaitos. Kleiner, Rajani & Sadiq (2006) esittävät viemärin kunnan tasoja mallinnuksessa huomiotavaksi seitsemän tai tarkemmassa mallinnuksessa yhdeksän siten, että ne alkavat erittäin hyväkuntoisesta ja laskevat erittäin huonokuntoiseen. Mallinnuksen perusteella tehdyllä kuntotutkimuksella voidaan todeta, vastaako mallinnus todellista viemärin kunnan huonontumista vai onko mallinnus yli- tai aliarvioinut viemärin kunnan kehittymisen. Kuntotutkimuksella saatujen tietojen perusteella voidaan kalibroida mallia vastaamaan paremmin todellista tilannetta.

Viemärin toiminnasta saatuun tietoon perustuvassa matemaattisessa mallinnuksessa voidaan arvioida putken eliniän ja tulevaisuudessa ilmenevien häiriöiden kehitystä. Mallinnuksessa onkin siis kyse siitä, että selvitetään, mitkä tekijät vaikuttavat viemärin kunnan kehittymiseen ja miten. Yksittäisten putkien osalta eliniän kehitys ja häiriöiden ilmeneminen on melko haasteellista määrittää, ja mallinnusta toteutetaan yleisesti putkiryhmätasolla. Putken eliniän ja häiriöiden mallinnuksen tavoitteena on ennustaa tulevaisuuden häiriöitä, jotta toimenpiteisiin voitaisiin ryhtyä jo ennen häiriöiden ilmenemistä. Mallit tukevat viemäriverkostojen kuntotutkimuksia siinä, että vaikka kuntotutkimusten avulla saadaankin hyvää tietoa verkoston tämänhetkisestä kunnosta, niiden avulla ei voida suoraa päätellä kunnan kehitystä tulevaisuudessa. Viemärien kunnan heikentymiseen ja häiriöiden ilmenemiseen perustuvien mallien avulla voidaan paremmin ja kustannustehokkaammin optimoida ja kohdentaa kunnossapitotoimet ja saneeraukset myös aikataulullisesti oikein. (Hyeon-Shik, Hyung Seok & Abraham 2006.)

Viemärin kunnan kehitystä voidaan mallintaa eri tavoin, esim. Markovin ketjuun (Markov chain-based model) perustuen. Mallin avulla arvioidaan viemäriverkoston kunnan muutosta tietyn ajanjakson aikana perustuen verkostosta olemassa oleviin kuntotietoi-

hin. Mallinnuksessa kuitenkin todennäköisyys jollekin tulevaisuuden tapahtumalle riippuu ainoastaan nykyisestä tilasta eli viemäriin nykyisestä kunnosta, ja se on riippumaton sen aiemmasta kunnosta. Markovin mallissa mallinnus toteutetaan matemaattisesti matriisien avulla. (Hyeon-Shik, Hyung Seok & Abraham 2006.)

Viemäriin kunnan heikentymistä mallinnettaessa voidaan huomioida ainoastaan ajasta riippumattomia tekijöitä. Useiden viemärikuvaustulosten perusteella on mahdollista mallintaa putken kunnan kehittymistä ja tutkia, mitkä tekijät vaikuttavat kunnan huononemiseen ja miten. Tarkasteltavia tekijöitä voivat olla esim. putken pituus, halkaisija, sijainti, materiaali sekä ympäristöön, asennukseen ja viemäriin kunnossapitoon liittyvät tekijät, kuten korroosion ja pohjaveden vaikutukset ja säännölliset viemäriin puhdistukset ja viemäriin sisälle päässeiden juurien poistaminen yms. (Dirksen & Clemens 2008.) Kun putken kuntoon vaikuttavat tekijät tiedetään, voidaan viemärikuvausta paremmin kohdentaa oikeisiin viemäriverkoston kohteisiin, koska kuntoon vaikuttavien tekijöiden avulla voidaan arvioida, milloin viemäriin kunto heikkenee kuntoluokasta toiseen. (Saastamoinen 2015.) Tällaiseen mallinnukseen voidaan valita esimerkiksi halkaisijaltaan tietyn kokoiset muoviset viemäriputket, joiden kuntoa vertaillaan mallinnuksen avulla keskenään.

Berardi et al. (2008) esittävät artikkelissaan matemaattiset mallit sekä viemäriin tukosten että sortumien mallintamiseen. Kyseisten mallien käytön lähtökohtana on, että mallinnettavasta viemäriinlinjasta on olemassa riittävästi ominaisuus- ja kuntotietoja mallinnusta varten. Tukosten mallinnus perustuu putken kokonaispituuteen, putkessa olevien liitosten määrään, putken halkaisijaan sekä kertoimeen, jolla arvioidaan, onko tukkeutumisen riski alhainen vai korkea. Sortuman mallinnus perustuu puolestaan viemäriinlinjan ikään, putkessa olevien liitosten määrään, putken asennussyvyyteen sekä tutkimuksen perusteella määritettyihin kertoimiin. Viemäriinverkoston ikää käytetään laskennassa olettaen, että ikääntymisprosessi johtaa putkimateriaalin heikentymiseen ja kestävyys heikentymiseen. Viemäriin asennussyvyyttä hyödynnetään puolestaan huomioimalla, että suuremmissa asennussyvyyksissä oleviin putkiin kohdistuu vähemmän maanpäällistä kuormaa. Huomioitavaa kuitenkin on, että syvälle asennetuissa putkissa myös maanpaine putken yläpuolella rasittaa putkea. Tukosten ja sortumien mallinnusta käytetään apuna erityisesti viemäriin kuvausten kohdentamisen työkaluna. Mallinnuksen heikkoutena on kuitenkin se, että se tulee tehdä putkikohtaisesti jokaisen putkilinjan ominaisuudet huomioiden. (Berardi et al. 2008.)

Kleiner, Rajani & Sadiq (2006) huomauttavat, että toteutetun saneerauksen jälkeen viemäriin kunto alkaa ajan kuluessa edelleen heiketä, joko samalla tavoin kuin ennen saneerausta tai eri tavoin muuttuneiden ominaisuuksien johdosta. Huonontumisen kehitystä voidaan tässäkin tapauksessa arvioida matemaattisen mallinnuksen avulla, joka perustuu matriisilaskentaan ja asiantuntijuuteen viemäriin huonontumisen mekanismeja koskien.

Viemäriinverkoston kuntotutkimusten ja saneerausten kohdentamisessa verkostossa ilmenevien häiriöiden todennäköisyyden perusteella on perusteltua huomioida aikaisemmin käytetyt heikommat putkimateriaalit, joissa putkivalmistajien mukaan häiriön ilmenevän todennäköisyys erityisesti putkimateriaalin rakenteellisen kunnan heikkoudesta johtuen on suurempi. Putkimateriaalien valmistajien haastatteluiden perusteella saadut tiedot eri vuosikymmeninä valmistettujen ja asennettujen putkimateriaalien laadullisista eroista ovatkin lisätieto muiden kohdentamistyökalujen ohessa. Aiempina vuosikymmeninä käytettyjen putkimateriaalien heikkouksista on kerrottu aiemmin kohdassa 2.2.

5.5 Häiriön seurausten määrittäminen

McDonald ja Zhao (2001) kirjoittavat, että kuntotutkimusten ja saneerausten kohdentamisessa ei ole tärkeintä yksinomaan putken fyysinen kunto vaan myös viemärissä ilmenevän häiriön seurausten suuruus. Seurausten arviointia artikkelissa esitetään tehtäväksi kuuden tekijän perusteella: viemäriin sijainti, ympäröivän maaperän laatu, asennussyvyys, putken halkaisija, linjan merkitys koko viemärintijärjestelmän kannalta sekä maaperän seismiset ominaisuudet. Jokainen tekijä arvioidaan perustuen siihen, onko sen merkitys alhainen (arvosana 1), keskinkertainen (1,5) vai suuri (3). McDonald ja Zhao (2001) käsittelevät erityisesti häiriöiden seurausten vakavuuden arviointia, mutta osa tarkastelluista tekijöistä liittyy läheisesti myös häiriön todennäköisyyden arviointiin.

Putken sijaintiin perustuva vaikutus arvioidaan perustuen siihen, kuinka suuri vaikutus putkessa ilmenevällä häiriöllä on sen vaikutusalueen ihmisiin ja ympäristöön. Arvioinnissa huomioidaan muun muassa maankäyttö, liikenteen runsaus, viemäriin häiriön korjaamisen helppous sekä sijainti merkittävien rakenteiden läheisyydessä tai alapuolella. Esimerkiksi häiriö vilkasliikenteisen moottoritien tai lentokentän kiitoradan alla sijaitsevassa viemäriinlinjassa on seurauksiltaan paljon merkittävämpi kuin häiriö harvaan rakennetulla teollisuusalueella tai kapean ja vähän liikennöidyn tielinjan alla. (McDonald & Zhao 2001.)

Viemäriin häiriöiden seurauksiin, mutta toisaalta myös häiriöiden ilmenemisen todennäköisyyteen vaikuttaa putkilinjaa ympäröivä maaperä. McDonald ja Zhao (2001) arvioivat, että maalajeista erityisesti hyvin pehmeä savi, siltti ja hiekka tukevat niihin asennettua putkilinjaa huonoimmin, joten kyseisissä maalajeissa maaperän laadun aiheuttamia häiriöitä, kuten painumaa ja liitosten irtoamista, todennäköisimmin tapahtuu. Toisaalta suuren leikkauslujuuden omaava savimaa antaa todennäköisesti putkelle hyvän tuen, joten sen osalta maalajin aiheuttamien häiriöiden todennäköisyys arvioidaan pieneksi.

Häiriön aiheuttamien korjaustöiden suuruus on riippuvainen putken halkaisijasta. Putken halkaisijan suuruus, virtaaman suuruus huomioiden, on suoraan verrannollinen häiriön ympäristölle aiheuttaman haitan eli ympäristön pilaantumisen suuruuteen. McDonald ja Zhao (2001) esittävät, että häiriöiden seurausten suuruuden arvioinnissa halkaisijaa 900 mm pienempien viemäriinlinjojen merkitys on alhainen, halkaisijaltaan 900–1800 mm viemäreiden merkitys keskinkertainen ja yli 1800 mm viemäreiden merkitys suuri. Putkihalkaisijoiden osalta tulee kuitenkin huomioida, että kyseinen tutkimus on tehty Kanadassa ja se on keskittynyt ainoastaan putkihalkaisijaltaan suuriin viemäriinlinjoihin. Suomessa viemärien putkikoot ovat yleisesti huomattavasti pienempiä. Halkaisijaltaan pienempikin viemäriin voi häiriötilanteessa aiheuttaa vakavan ympäristön pilaantumisen, joten putken halkaisijan sijaan viemäriin sijainti on merkittävämpi tekijä häiriön seurausten arvioinnissa.

Putken asennussyvyys puolestaan vaikuttaa siihen, miten helppoa putkessa ilmenneitä häiriöitä on korjata ja miten helposti putken kuntoa on mahdollista päästä tutkimaan. McDonald ja Zhao (2001) arvioivat, että alle 3 metrin syvyyteen asennetuissa putkilinjoissa syvyyden merkitys on alhainen, kun puolestaan yli 10 metrin syvyyteen asennettujen putkien osalta asennussyvyyden merkitys on suuri. Huomioitavaa on kuitenkin, että Suomessa yli 10 metrin asennussyvyyteen asennettujen putkien määrä on hyvin vähäinen. Asennussyvyyteen perustuvan jaottelun voisi Suomessa toteuttaa toisin, esimerkiksi siten, että alle 2 metrin asennussyvyudessa sijaitsevien putkien syvyyden merkitys on vähäinen, kun puolestaan yli 4 metrin asennussyvyudessa sijaitsevien putkien osalta syvyyden merkitys on suuri.

Viemäriinlinjan seurausten merkitystä voi arvioida myös perustuen viemäriinlinjan merkitykseen koko viemäriinlinjajärjestelmän toiminnan kannalta. Häiriö jätteenpuhdistamolle johtavassa päärunkolinjassa aiheuttaa huomattavasti merkittävämpiä ja haitallisempia seurauksia kuin häiriö asuinalueella sijaitsevassa kokoojaviemäriinissä. Toisaalta paine- viemäriin häiriöt saattavat olla myös vakavampia viettoviemäriin verrattuna, koska linjoissa on painetta ja suuri virtausnopeus. Jätteenpuhdistamossa ilmenevien häiriöiden seuraukset ovat yleensä aina vakavampia kuin hulevesiviemäriinissä ilmenevien häiriöiden seuraukset. (McDonald & Zhao 2001.)

McDonald ja Zhao (2001) esittävät artikkelissaan, että viemäriinverkon häiriöiden seurausta on mahdollista arvottaa myös maaperän seismisen toiminnan perusteella. Suomessa tällaista tarkastelua ja arvotusta ei kuitenkaan pidetä tärkeänä. Suomessa seisminen toiminta on viemäriinien häiriöiden seurausten arvioinnin kannalta merkitykseltöntä.

Kun jokainen seurausten vaikutuksen arvioinnissa määritetty tekijä on arvioitu sen merkityksen perusteella (arvo 1, 1,5 tai 3), priorisoidaan kohteet seuraavan laskukaavan (McDonald & Zhao 2001) avulla, jolloin saadaan putkilinjakohtainen painotettu arvo yhdistettynä edellä mainitut kuusi seurausten vaikutuksia arvottavaa tekijää:

$$I_w = (0,2)f_l + (0,16)f_s + (0,16)f_z + (0,16)f_d + (0,16)f_f + (0,16)f_q,$$

jossa f_l on putkilinjan sijainnille annettu arvo (asteikolla 1-3), f_s on putkilinjaa ympäröivälle maaperälle annettu arvo, f_z putkikokoa koskien annettu arvo, f_d asennussyvyyden perusteella annettu arvo, f_f putkilinjan merkitystä koko verkostolle kuvaava arvo sekä f_g seisminen arvo. Laskukaavassa käytetyt kertoimet (0,2 ja 0,16) ovat artikkelissa esitettyjen mukaiset.

Painotettujen arvojen I_w laskennan jälkeen määritetään putkilinjakohtainen kerroin seurausten vakavuudelle. Tätä esittää taulukko 3.

Taulukko 3. Painotetuista arvoista määritetään putkikohtainen seurausten vakavuuskerroin putkilinjojen välistä vertailua varten. (Zhao, McDonald & Kleiner 2001)

Painotettu arvo I_w	Seurausten vakavuuskerroin R_{imp}
1.00	1
1.01 - 1.60	2
1.61 - 2.20	3
2.21 - 2.80	4
> 2.80	5

Viemäriinlinjan häiriöiden seurausten vakavuuskertoimien (R_{imp}) avulla on mahdollista tehdä vertailua muiden viemäriinverkon osien kanssa, joille seurausten vakavuuskerroin on myös määritetty. Tulokset voidaan esittää esimerkiksi verkostokartalla eri värityksellä perustuen siihen, miten merkittäviä viemäriinlinjoissa ilmenevien häiriöiden seuraukset ovat. Näitä saatuja tuloksia on mahdollista hyödyntää muun muassa kuntotutkimusten ja saneerausten kohdentamista koskevassa päätöksenteossa. Ne johto-osuudet, joissa häiriöiden seuraukset ovat merkittävimpiä, tulee priorisoida ennakoivasti kuntotutkimuksiin eli ennen muita saman ikäluokan putkilinjoja, jos muuta kuntotietoa linjoista ei ole saatavilla. Kuntotutkimuksissa saatujen tietojen perusteella voidaan päättää linjoihin kohdistettavista saneeraustoimista. Esimerkiksi jos viemäriinlinjoilla kahden viemäriinlinjan

kunto todetaan huonoksi, voidaan viemärihäiriön seurausten vakavuuskertoimen (R_{imp}) avulla valita saneeraukseen se kohde, jonka vakavuuskertoimen arvo on suurempi. Vakavuuskertoimeen perustuvan arvotuksen avulla huomioidaan siis huonokuntoisimmat johto-osuudet, joista saadaan tietoa viemärikuvauksen avulla, mutta samalla kriittisimmät viemärit, joihin voidaan toteuttaa ennenaikaisia kunnossapito- ja saneeraustoimia ennen haitallisten häiriöiden ilmenemistä. (McDonald & Zhao 2001; Zhao, McDonald & Kleiner 2001.)

Viemäriinjassa tapahtuvien häiriöiden seurausten arvioimiseksi on käytössä myös muita malleja. Esimerkiksi Berardi et al. (2008) esittävät matemaattisen mallin, jonka avulla voi arvioida viemärihäiriön vaikutuksen merkitystä viemäriin yläjuoksulla oleville rakenteille ja korjaustoimien aiheuttamille liikenteen keskeytyksille. Kyseinen mallinnus huomioi myös riskin viemäriin toiminnan häiriön seurauksena aiheutuvasta pohjaveden pilaantumisesta. Kyseisiin kohteisiin kohdistuvien häiriöiden haitallisten seurausten korjaaminen saattaa aiheuttaa hyvinkin suuria kustannuksia.

5.5.1 Kriittisyysluokitus

Aiemmissä kappaleissa esitetyn, viemäriverkostossa ilmenevien häiriöiden seurausten vakavuuden laskennallisen tarkastelun lisäksi voidaan viemäriverkostolle laatia erityinen kriittisyysluokitus. Esimerkiksi Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymällä (HSY) on käytössään jokaista viemäriverkoston putkea koskeva putki-kohtainen kriittisyysluokitus. Kriittisyysluokitus kuvastaa putkeen kohdistuvan häiriön aiheuttamien seurausten vakavuutta. Luokituksen laadinnassa lähtötietona käytettiin kaikkea saatavilla olevaa tietoa verkostoista ja jokaisen verkoston osan merkityksestä koko viemärintäjäjärjestelmässä. Viemärit jaettiin kriittisyysluokkiin 1 ja 2, jotka on esitetty seuraavissa taulukoissa (taulukko 4 ja taulukko 5). Kriittisyysluokitus perustuu erityisesti viemäriverkoston sijaintiin. (Laakso, Lampola & Ahopelto 2015.)

Taulukko 4. HSY:n viemäriverkoston kriittisyysluokan 1 valinnan perusteet. (Laakso, Lampola & Ahopelto 2015)

Pääverkon tunnelit
Suuret pääviemärit
Pääviemärit ja paineviemärit, jotka ovat luokkaan 1 tai 2 kuuluvalla pohjavesialueella
Vedenoton ja varavedenoton kannalta keskeisten kohteiden läheisyydessä olevat viemärit
Rautatien alitukset, jos putki suoraan rautatien alla (suojaputkella tai ilman)
Merkittävien teiden alitukset (suojaputkella tai ilman)
Tuplaamattomat paineviemärit kriittisiltä pumppaamoilta

Taulukko 5. HSY:n viemäriverkoston kriittisyysluokan 2 valinnan perusteet. (Laakso, Lampola & Ahopelto 2015.)

Luokkaan 1 kuulumattomat pääviemärit
Luonnonsuojelualueilla sijaitsevat viemärit
Vedenjakelun tunnelin kanssa risteävät putket
Vesialueiden alitukset
Rakennusten alla olevat viemärit
Suojeltavien purojen läheisyydessä olevat viemärit
Uimarantojen läheisyydessä olevat viemärit
Luokkaan 1 ja 2 kuuluvilla pohjavesialueilla olevat muut kuin pääviemärit
Luokkaan 3 kuuluvilla pohjavesialueilla olevat pääviemärit
Maanalaisten kriittisten kohteiden läheisyydessä olevat viemärit

Viemäriverkosto uusiutuu jatkuvasti. Kaupunkien uudisrakentaminen muovaa viemäriverkostojen lähiympäristöä muuttaen ympäristöä koskevaa dataa ja samalla yksittäisten putkien kriittisyysluokitusta. Tästä johtuen kriittisyysluokitus tulee päivittää säännöllisesti, esimerkiksi vuosittain. Myös luokitusperusteiden päivitys on tärkeää ja ne tulisi-kin valita vesilaitoskohtaisesti soveltuviksi. (Laakso, Lampola & Ahopelto 2015.)

Kriittisyysluokitusta voidaan käyttää yhtenä kriteerinä viemäriverkostojen kuntotutkimusten ja saneerausten kohdentamisessa. Erityisesti kriittisyysluokituksen merkitys korostuu verrattaessa sitä putkikohtaisiin häiriötietoihin, joita saadaan esimerkiksi kunnossapito- ja huoltotoimien yhteydessä sekä vesihuoltolaitoksen asiakkaiden tekemien häiriöilmoitusten avulla. Kriittisyysluokitusta merkittävään johto-osuuteen, jossa ilmenee säännöllisesti häiriöitä tai kunnossapitotoimien tarvetta, on järkevää kohdentaa kuntotutkimuksia ja saneeraustoimenpiteitä.

Fenner (2000) esittelee Belgiassa käytössä olevaa kriittisyysluokitusta. Siinä viemärit kategorisoidaan luokkiin A–C siten, että luokkaan A kuuluvat vähiten strategisesti tärkeät viemäriinlinjat ja luokkaan C strategisesti tärkeimmät viemäriinlinjat, jotka ovat viemärijärjestelmän toimivuuden kannalta merkittävimmät. Myös tämä luokittelu perustuu viemärien aiheuttamaan riskiin. Viemäriverkosto jaotellaan eri kategorioihin rahallisiin, ekologisiin ja sosiaalisiin tekijöihin perustuen hyödyntäen arviota siitä, onko viemäriinlinjassa ilmenevän häiriön todennäköisyys suuri vai pieni ennalla määritettyyn arvoon liittyen (kumulatiivinen analyysi, jolla määritetään ilmiön toistuvuutta verraten sitä ennalla määritettyyn arvoon).

Fenner (2000) esittää huomion, että kunnossapito- ja saneeraustoimien kohdentamisessa voi ohjesääntönä huomioida, että noin 20 % koko viemäriverkostosta on merkityksellään kriittisintä. Kyseisessä osassa verkostoa ilmenevät häiriöt aiheuttavat noin 80–90 % eli valtaosan kaikista merkittävistä rahallisista, sosiaalisista ja ympäristöllisistä ongelmista, joita koko viemäriverkoston kaikki häiriöt yhteensä aiheuttavat. Viidennes verkostosta on siis prioriteetiltään merkittävintä. A–C-luokkiin tehdyn kategorisoinnin jälkeen viemäriverkostossa toteutetaan kuntotutkimuksia keskittyen luokan C strategisesti merkittävimpiin viemäriosuuksiin. Kuntotutkimusten tulosten perusteella päivitetään viemärien kuntotietoja verkkotietojärjestelmään, laaditaan toiminnallisia malleja sekä arvioidaan strategisten viemärien rakenteellista kuntoa, minkä jälkeen viemärien toimin-

takykyä arvioidaan perustuen virtaavan veden määrään, korkeimpiin vedenpinnan tasoihin, mahdollisesti saatavilla oleviin veden laatutietoihin, ylivuotoihin sekä rakenteellista kuntoa käsitteleviin luokituksiin. Arvioinnin tulosten perusteella laaditaan verkostomaisuuden hallinnan suunnitelma, jossa määritetään ne verkoston osat, joihin toteutetaan välittömiä kunnossapidon ja saneerauksen toimenpiteitä. Samoin määritetään ne osat, joiden kunto edellyttää lisätutkimuksia, sekä ne osat, joissa saneeraustoimia ei vielä tarvita vaan verkoston kuntoa voidaan ylläpitää säännöllisillä kunnossapitotoimilla.

Iso-Britanniassa julkaistussa teoksessa Sewerage Rehabilitation Manual (WRc 2001) esitetään, että viemäriverkoston kunnostamistoimet keskitettäisiin kriittisimpiin viemärijohtoihin, jotta niiden kunto säilyisi häiriöttömänä. Kunnan säilyminen häiriöttömänä edellyttää, että kriittisimmät viemärit tunnistetaan ja niiden rakenteellinen ja toiminnallinen kunto selvitetään ja että tarvittavat kunnostustoimet niitä koskien toteutetaan. Kriittisimmillä johdoilla tarkoitetaan erityisesti ilmenevien häiriöiden kannalta merkittävimpiä viemäriinjoja, joissa häiriöiden korjaustoimet olisivat kalliita ja häiriöiden seuraukset merkittäviä. Kriittisyyden peruste ei ole siis pelkästään häiriön riskin suuruus vaan myös häiriön seurausten vakavuus. Kriittisten johto-osuuksien osuus kokonaisverkostopituudesta verrattuna vähemmän kriittisiin johto-osuuksiin vaihtelee viemäriverkostokohtaisesti. (WRc 2001.)

Huomioitavaa on kuitenkin, että häiriöitä esiintyy myös merkitykseltään vähemmän kriittisissä viemäriinjoissa. Niiden häiriöiden aiheuttamat seuraukset ovat vähemmän merkittäviä. Sewerage Rehabilitation Manual (WRc 2001) esittää, että erityisesti saneeraustoimien toteutukseen varattuja resursseja ei olisi järkevää käyttää kyseisiin johto-osuuksiin, joiden merkitys koko viemärintäjäjärjestelmän toiminnalle on vähäisempi. Teos (WRc 2001) ohjeistaa, että kyseisten johtojen osalta kustannustehokkaampaa olisi ilmenevien häiriöiden korjaaminen häiriöiden synnyn ehkäisemisen sijaan. Sewerage Rehabilitation Manual (WRc 2001) esittelee kuitenkin saneeraustilannetta ja saneerausratkaisuja Iso-Britanniassa, jossa verkostopituus on suurempi kuin Suomessa ja verkosto on hyvin huonossa kunnossa. Suomen tilanteessa ei voida kuitenkaan jättää kriittisempien johtojen ohessa muita, vähemmän kriittisiä johtoja kokonaan huomioimatta, vaan niiden toimivuuden ylläpidolle tulee olla erillinen suunnitelma.

Fenner (2000) ja Fenner & Sweeting (1999) kirjoittavat artikkeleissaan, että merkitykseltään vähemmän kriittisten verkoston osat muodostavat noin 80 % verkoston kokonaispituudesta. Arvio on annettu Iso-Britanniassa, ja sen suuruus on aina verkostokohmainen. Merkitykseltään vähemmän kriittisten johto-osuuksien jättäminen ilman kunnossapitoa johtaa siihen, että kyseisissä linjoissa häiriöiden ilmenemisen todennäköisyys ja seurausten vakavuus kasvavat jossakin vaiheessa suuriksi, kun kyseisten verkostojen kunto huononee riittävän heikoksi. Tästä johtuen kyseisiä verkostoja ei saisi kokonaan jättää kunnossapidon ulkopuolelle. Fenner & Sweeting (1999) huomauttavat, että vähemmän kriittiset johto-osuudet ovat yleensä putken halkaisijaltaan kriittisiä johtoja pienempiä. Niissä liettyminen, virheelliset liitokset, vuotovedet, rasva ja putken halkeamista putken sisälle kasvavat johdot aiheuttavat usein suurempia haittoja kuin halkaisijaltaan suuremmissa viemäriinjoissa nostaen ilmenevien häiriöiden todennäköisyyttä.

Fennerin (2000) mukaan Iso-Britanniassa on tehty useita tutkimuksia siitä, miten verkoston vähemmän kriittisten putkiosuuksien kunnan ylläpito tulisi toteuttaa. Kaikkien kyseisten putkiosuuksien viemärikuvauksen toteutus ei ole välttämättä kustannustehokasta. Fenner lainaa tekijöiden Orman & Clarke (1994) esitystä, jonka mukaan kyseiset,

vähemmän kriittiset verkoston osat jaoteltaisiin edelleen kriittisyysjärjestykseen esimerkiksi perustuen sortuman todennäköisyyteen tai ilmenneiden häiriöiden määrään, jotta kyseisistä verkoston osista osattaisiin huomioida saneeraustoimien kohdentamisessa ne, joiden osalta kunnossapidon kustannukset tulevat todennäköisin perustein olemaan tulevana vuosina korkeita. Orman & Clarke (1994) kuitenkin mainitsevat, että kunnossapidon kustannusten todenmukainen ennakoiminen on haastavaa ja että vähemmän kriittisten johto-osuuksien osalta tulisi kuitenkin ensisijaisesti keskittyä sortumien ehkäisemiseen. Vähemmän kriittisten johto-osuuksien osalta voisi toimivana apuvälineenä kunnossapitotoimien kohdentamisen päätöksenteossa olla mallinnus, jolla arvioitaisiin verkoston kunnan heikentymistä ja vakavien häiriöiden ilmenemistä perustuen tunnetuihin, verkoston kunnan heikentymistä aiheuttaviin tekijöihin.

Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:n projektissa ”Vesi- ja viemärlaitosten kunnossapidon kehittäminen (AssetVesi)” (Välisalo et al. 2008) kehitettiin myös kriittisyysluokitus vesihuoltolaitoksen viemäriverkostolle. Luokitus on esitetty alla (taulukko 6). Kyseisessä kriittisyysluokituksessa verkosto-osan kriittisyyden määrittäminen perustuu siihen, miten tärkeä kyseinen verkosto-osuus on vesihuoltopalveluiden tarjoamisen kannalta ja miten vakavat seuraukset sen vioittumisella ovat. Käyttöomaisuuden vikaantumisen arvioinnissa tulee taulukossa esitettyjen vaikutusten lisäksi huomioida vaikutukset rakennuksiin, liiketoimintaan ja tärkeisiin palveluihin, muihin laitoksiin ja liikenteeseen.

Taulukko 6. VTT:n projektissa ”Vesi- ja viemärlaitosten kunnossapidon kehittäminen (AssetVesi)” kehitetty kriittisyysluokitus (Välisalo et al. 2008)

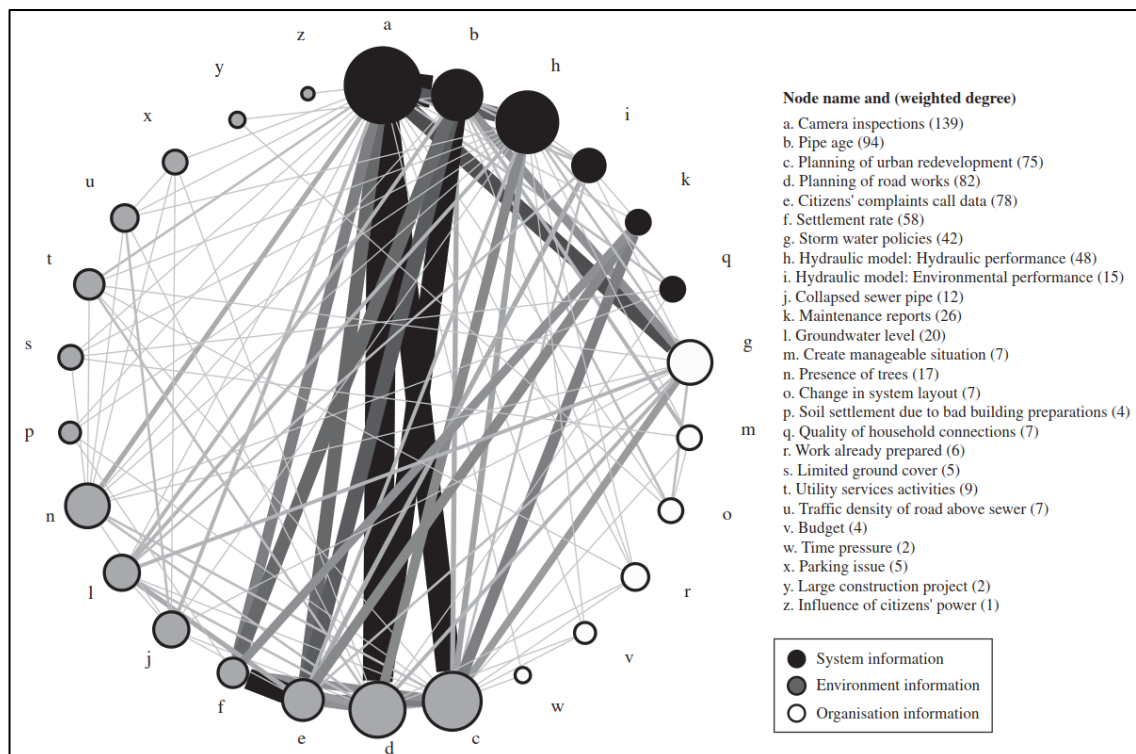
Tärkeyskerroin	Käyttöomaisuuden vikaantumisen vaikutus
Korkea (4–5)	Vaikuttaa merkittävästi palvelun tasoon
	Vaikutus kohdistuu suureen asiakasmäärään
	Aiheuttaa vesihuoltolaitokselle huomattavia kustannuksia
	Vaikuttaa merkittävästi yleiseen turvallisuuteen
Keskinkertainen (2–3)	Todennäköisesti heikentää palvelun tasoa
	Vaikutus kohdistuu keskinkertaiseen määrään asukkaita
	Aiheuttaa todennäköisesti pitkäaikaisia vaikutuksia, jotka aiheuttavat kustannuksia vesihuoltolaitokselle
	Aiheuttaa todennäköisesti pientä haittaa yleiselle turvallisuudelle
Alhainen (0–1)	Ei todennäköisesti aiheuta haittaa palvelun tasoon
	Vaikutus kohdistuu pieneen määrään asiakkaita
	Aiheuttaa pieniä kustannusvaikutuksia vesihuoltolaitokselle
	Ei todennäköisesti aiheuta haittaa yleiselle turvallisuudelle

5.6 Kohdentaminen käytännössä

Hollannissa on tutkittu (Van Riel et al. 2016) vesihuollon asiantuntijoiden haastattelujen avulla perusteita sille, miten jokin kohde valitaan saneeraukseen. Tutkimuksessa tarkasteltiin yhteensä 150 saneerauskohdetta ja periaatteita saneerausten kohdentamiselle juuri kyseisiin kohteisiin. Tutkimustulosten perusteella todettiin, että noin 70 % saneerauspäätökseen vaikuttavista tekijöistä on tapauskohtaisia ja noin 30 % kuntotutkimusmene-

telmiin perustuvia tekijöitä. Useimmin haastatteluissa toistuvia päätökseen vaikuttavia tekijöitä olivat viemärikuvauksissa saadut tiedot, putkilinjan ikä, kaupungin kehitys, katujen kunnostus, asiakkaiden antamat häiriöpalautteet, asutuksen ja asukasmäärän muutokset, hulevesiviemäroinnin tarve, toiminnalliset tekijät, viemärimallinnus, ympäristönäkökohdat, viemäriin sortuminen sekä kunnossapitotöiden yhteydessä tehdyt häiriöraportit. Tuloksista voidaan eritellä kolme erilaista saneerausvalintaan vaikuttavaa tekijää: kuntoon liittyvät tekijät, ympäristöön liittyvät tekijät sekä hallinnolliset/päätöksenteon seurauksena vaikuttavat tekijät. (Van Riel et al. 2016.)

Hollantilaistutkimuksen yhteydessä tarkasteltiin myös, kuinka monia erilaisia tekijöitä ja selvityksiä saneerausten kohdentamisessa hyödynnettiin. Tutkimustulosten perusteella todettiin, että kolmanneksella tutkimuksen aikana tarkastelluista 150 saneeraushankkeesta saneerauspäätös perustui ainoastaan yhteen tekijään, esimerkiksi viemärikuvaukseen. Kaksi kolmasosaa hankkeista perustui vähintään kahteen tekijään ja niiden yhdistelmään. Näissä kohteissa keskeisintä oli osata yhdistää eri tekijöiden avulla saatavat tiedot oikein saneerauspäätöksen tueksi. Kuva 18 esittää eri saneerauspäätökseen vaikuttavia, haastateltavien mainitsemia tekijöitä (a–z) sekä tekijöiden välisiä yhteyksiä. Kuvassa saneerausperusteena olevaa tekijää esittävän ympyrän koko merkitsee kyseisen tekijän esiintymisen yleisyyttä tarkastellussa 150 saneerauskohteessa. Tekijöiden väliset viivat kuvastavat niiden välistä yhteyttä saneerauspäätöksen teossa. Viivan paksuus puolestaan kuvastaa sitä, miten merkittävä kyseinen yhteys on eli kuinka suuri sen toistuvuus tarkasteltujen kohteiden perusteella oli. Kuvan perusteella huomataan, että voimakkaimmat vaikutukset ovat viemäreiden viemärikuvauksen ja putken iän, viemäreiden viemärikuvauksen ja katujen suunnittelun, viemärikuvauksen ja kaupungin kehittämisen suunnittelun, putken iän ja katusuunnittelun sekä asukkaiden häiriöilmoitusten ja asutuksen tiivyyden välillä. (Van Riel et al. 2016.)



Kuva 18. Saneerauspäätökseen vaikuttavien tekijöiden ilmenemisen yleisyys sekä tekijöiden välinen yhteys ja sen voimakkuus. (Van Riel et al. 2016)

Hollantilaistutkimuksessa todettiin myös, että putkisaneerauksen toteutustapa vaihtelee kohdekohtaisesti. Yksittäisen vaurioituneen putkiosuuden korjaus voi olla nopea päätös, joka perustuu yhden tason näkemykseen saneeraustarpeesta siten, että saneerausta puoltaa sen kiireellisyys. Toisaalta saneeraus voi olla yhden tason näkemykseen perustuva harkittu ratkaisu, joka perustuu kuntotutkimuksilla todettuun putkiosuuden huonoon kuntoon ja sen korkeaan prioriteettiin muihin verkosto-osuuksiin verrattuna. Saneerauspäätös voi myös perustua useiden eri tahojen, kuten vesihuolto- ja katuyksiköiden, väliin neuvotteluihin ja päätöksentekoon. Yhteistyö muodostaa usein saneeraushankkeista kustannustehokkaampia kuin eri yhdyskuntateknisten tekijöiden saneerauksen toteutus toisistaan erillään. (Van Riel et al. 2016)

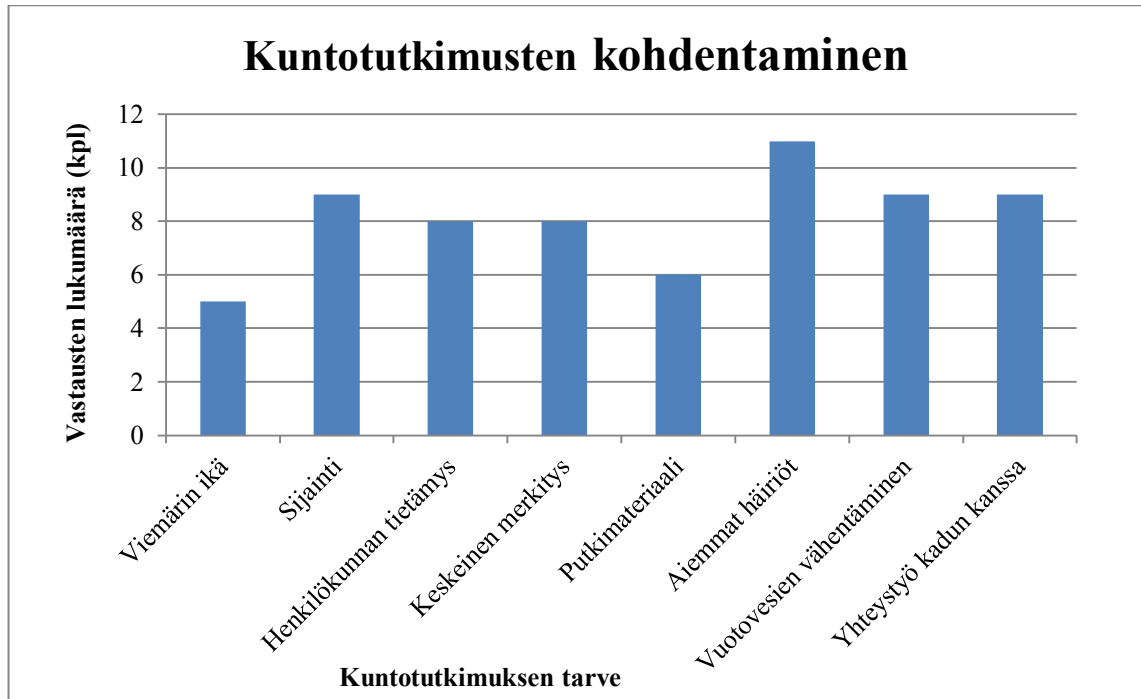
Viemäriverkoston osalta tiedetään, että verkoston kunnan heikentyminen saattaa johtua kymmenistä erillisistä tekijöistä. Kaikkien niiden selvittäminen ei ole kustannusten valossa järkevää. Belgiassa Leuven kaupungissa tehdyssä tutkimuksessa (Ana et al. 2009) avulla pyrittiin selvittämään viemäriin kunnan heikentymisen kannalta merkittävimpiä tekijöitä, jotta ne voitaisiin huomioida saneerausten kohdentamisessa. Tutkimus kuitenkin rajattiin koskemaan ainoastaan viemärien fysikaalisia ominaisuuksia. Tutkimuksen tuloksena todettiin, että viemäriin kunnan heikentymisen kannalta merkittävimpiä tekijöitä ovat viemäriin ikä, putkimateriaali sekä viemärikaivojen välisen putken pituus. Tulokset myös viittasivat tiettyyn putkimateriaaliin (tiili- ja saviviemäriin, joita Suomessa ei kuitenkaan juuri ole käytössä). Tuloksia verrattiin vastaaviin, Kanadassa ja Britanniassa tehtyjen tutkimusten tuloksiin ja niiden perusteella todettiin, että vaikka menetelmästä on apua verkostokohtaisesti, ei selkeää riippuvuutta eri verkostojen ja niissä heikentymistä aiheuttavien tekijöiden välillä löydetty. Tulosten perusteella todettiin, ettei muualta saatuja tuloksia voi hyödyntää yleisesti vaan kunnan huonontumiseen vaikuttavat tekijät ovat kohdekohtaisia. Muiden kuin ainoastaan fysikaalisten ominaisuuksien hyödyntäminen olisi saattanut johtaa erilaisiin tuloksiin, mutta muunlaisten tietojen (kuten maaperän, pohjavesitietojen jne.) saaminen on työläämpää. (Ana et al. 2009.)

Suomen vesihuoltolaitosten laitoshastattelujen (ks. kohta 4.3) perusteella selvitettiin kohdentamisen periaatteita myös Suomessa. Haastatteluun vastanneista vesihuoltolaitoksista kahdella on käytössä erityinen viemäriverkoston kriittisyysluokittelu kuntotutkimusten ja saneerausten kohdentamisen apuvälineenä. Muilla laitoksilla viemäriverkosto on jaoteltuna yleisesti pääviemäriin ja kokoojaviemäriin siten, että pääviemärit ovat kriittisempiä kuin kokoojaviemärit. Kriittisyyteen vaikuttaa näissä tapauksissa siis putken koko ja jätevesivirtaaman suuruus. Pääviemärit on asetettu yleisesti kriittisesti katsottuna tärkeimmäksi osaksi verkostoa, koska niiden toimivuus on ehdoton edellytys muun verkoston osien toiminnalle.

Vesihuoltolaitokset mainitsevat haastatteluissa, että erityisesti vesistöjen alitukset, pohjavesialueilla kulkevat johdot sekä tiheästi rakennettujen kaupunkialueiden verkostot ovat kriittisiä. Lisäksi verkoston kriittisyyteen vaikuttaa sen sijainti verkostossa lähellä kriittisiä toimijoita, kuten teollisuuslaitoksia ja sairaaloita. Viemäriin kriittisyyteen vaikuttaa laitoshastatteluissa saadun tiedon mukaan myös sen arvioitu elinkaari, vahinkoriski, vahingon seuraukset sekä viemäriin toiminnan katkon vaikutukset sekä kunnossapitotöiden ja asiakaspalautteiden perusteella saadut häiriötiedot.

Haastattelujen yhteydessä laitoksilta kysyttiin perusteita, joilla heidän laitoksellaan kuntotutkimukset jätevesiviemäriin johdettiin kohdennetaan. Kuva 19 esittää saatuja vastauksia. Kaikki laitokset ilmoittivat, että verkoston aiemmat häiriötilanteet ovat merkittäviä tekijä kuntotutkimusten kohdentamisen kannalta. Myös viemäriin sijainti ja merki-

tys verkostossa mainittiin tärkeiksi tekijöiksi, samoin kuin vuotovesien määrän vähentäminen ja yhteistyö muiden kunnallisteknisten toimijoiden, kuten kadun saneerauksista vastaavan tahon kanssa. Yhteistyö vesihuollon ja kadun saneerauksessa korostuu erityisesti silloin, kun vesihuollon saneeraus toteutetaan aukikaivamalla. Joillakin laitoksilla viemäriin ikä ja putkimateriaali olivat myös hyvin merkityksellinen tekijä kuntotutkimusten kohdentamisessa, mutta yleisesti haastattelun tulosten perusteella niiden merkitys on kuitenkin muita tekijöitä vähäisempi. Tuloksista voidaan todeta kuitenkin, että kuvassa (kuva 19) esitetyt tekijät ovat keskeisimmät kuntotutkimusten kohdentamisessa ja niiden merkitys on vesihuoltolaitoskohtainen.

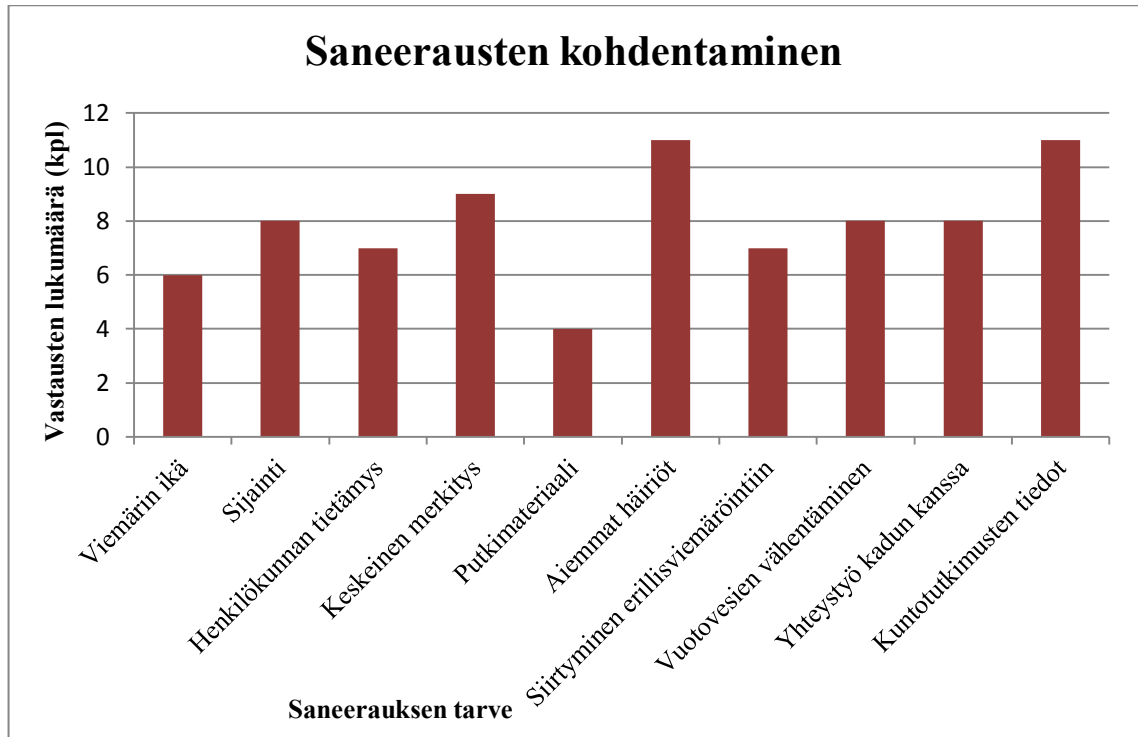


Kuva 19. Haastattelujen perusteella saadut tulokset jätevesiviemäreiden kuntotutkimusten kohdentamisen periaatteista vesihuoltolaitoksilla.

Viemäriverkostossa yleisimmiksi häiriöiksi vesihuoltolaitokset mainitsevat tukokset, juuret, betoniputken syöpymät, halkeamat, muodonmuutokset, painumat, sortumat ja romahtamiset, huonon huuhtoutuvuuden, vuodot ja suuren vuotovesien määrän, luvattomat hulevesiliitokset, paineviemäreiden putkirikot, pumppaamoiden ylivuodot, huonokuntoiset tarkastuskaivot, takakaadon ja viemäriverkoston tulvimisen. Tukosten syyinä ovat rasva, viemäriin kuulumattomat esineet sekä viemäriin painumat. Viemäriverkoston kuntotutkimusten, erityisesti viemärikuvausten, avulla on onnistuttu myös paikallistamaan vesijohtoverkoston vuotokohtia. Kyseisissä vesijohtovuodoissa puhdas vesi purkautuu viemäriin sisään nousematta maanpintaan, mikä ilmenee jatkuvana sisäänvirtauksena viemäriin halkeamasta tai liittymäkohdasta.

Kuva 20 esittää laitoshastattelujen tuloksena saatuja perusteita, joilla vesihuoltolaitoksilla saneeraustoimet kohdennetaan. Merkittävimmät tekijät saneerausten kohdentamisen kannalta ovat viemäriin ilmenneet aiemmat häiriötiedot ja tehtyjen kuntotutkimusten avulla saadut viemäriin kuntotiedot. Saneerausten kohdentamisen kannalta merkittävänä tekijänä pidetään myös putkiosuuden merkitystä viemäriin järjestelmälle. Verkoston sijainti, vuotovesien vähentäminen sekä yhteistyö muiden kunnallisteknisten toimijoiden, kuten kadun saneerausten, kanssa ovat myös merkittäviä tekijöitä saneerausten kohdentamisessa. Saneerausten kohdentamisen kannalta viemäriin ikä ja putkimateriaali vaikuttavat joiltakin osin saneerauspäätökseen muiden tekijöiden ohessa, mutta

ne eivät ole merkittävin tekijä. Verkoston iän merkitys onkin laitoshastattelujen mukaan suurempi vesijohdoilla kuin viemäriinjoilla. Saneerausten kohdentamisen tuloksista on huomattavissa, että nykyisin vesihuoltolaitoksilla saneerauksia pyritään kohdentamaan niihin kohteisiin, jotka ovat eniten saneeraustarpeessa. Saneerauspäätöksestä vastaa laitoksilla yleisesti työryhmä, joka koostuu suunnittelun, kunnossapidon ja rakennuttamisen asiantuntijoista. Viemäri saneerauksen määrittää joissakin tapauksissa myös vesijohdon saneeraustarve tai joltakin muulta taholta tuleva tarve verkostosaneeraukseen, kuten viemäriin siirtotarve tai uuden kaava-alueen rakentamisen edellyttämä kapasiteetin kasvattaminen.



Kuva 20. Laitoshastattelujen perusteella saadut tulokset jätevesiviemäreiden saneerausten kohdentamisen periaatteista vesihuoltolaitoksilla.

Viemäriverkostossa käytettävien putkimateriaalien osalta myös käytännöt vaihtelevat laitoskohtaisesti. Joillakin laitoksilla betoniputkista on luovuttu ja niitä saneerataan muovisiksi. Betonista luovutaan erityisesti syöpymisongelmien takia mutta myös vanhojen betoniputkien vuotojen ja rakentamisen haasteiden takia. Toisaalta taas joillakin laitoksilla edelleen rakennetaan runsaasti sekä betonista että muovista. PVC-materiaalista valmistettuja muoviputkia on myös korvattu PP-materiaalista valmistetuilla muoviputkilla, koska PVC-materiaali voidaan lukea ongelmajätteeksi sen poistuessa käytöstä. Ongelmia on havaittu myös vanhimmissa pallografiittivalurautaisissa (SG) viemäreissä, jotka kärsivät pinnoitteen puuttuessa syöpymästä herkemmin kuin niiden edeltäjät, suomugrafiittivalurautaiset viemärit, erityisesti vanhan merenpohjan korroosiota aiheuttavilla savikkoalueilla. Laitoskohtaisesti vaihdellen on edelleen käytössä myös muita poistuvia viemäriputkimateriaaleja, kuten asbestisementtiä. Asbestisementin korroosionkesto ei ole hyvä, ja vanhan merenpohjan savikot ovat myös asbestisementin kannalta olleet huono asennusympäristö.

Laitokset mainitsevat, että käytetyistä putkimateriaaleista betoni on usein saneeraustarpeessa. Betoni on kuitenkin materiaalina muovia vanhempaa ja aiemmin käytössä ollut, joten myös ikä vaikuttaa siihen, että betonin saneeraustarve on muovia suurempi.

Myös vanhimmissa PVC-johdoissa on ilmennyt saneeraustarvetta. Saneeraustarve ei ole kuitenkaan aina putkesta johtuvaa. Myös asennusvirheet aiheuttavat putkien elinkaaren ennenaikaista päättymistä, ja siksi niiden huomioiminen rakentamisessa on erittäin tärkeää. Useimmin ilmeneviä asennusvirheitä ovat putkien puutteellinen perustaminen sekä putken ympärystäytön puutteellinen tiivistys. Putken ympärystäytön (ns. alkutäytön) materiaalin virheitä, kuten kiviä ja savista täyttömateriaalia, ilmenee ajoittain. Ympärystäytössä käytetyt kivet ovat naarmuttaneet putkea tai tehneet siihen reikiä, ja virheellinen ympärystäytön materiaali on mahdollinen putkien muodonmuutoksen aiheuttaja. Muoviputket vioittuvat betonisia putkia herkemmin virheellisen alkutäytön seurauksena. Putken puutteellinen perustamistapa aiheuttaa putkilinjan painumista. Saneeraustarpeet perustuvat kuitenkin harvoin pelkästään putkien asennusvaiheessa tapahtuviin virheisiin, mutta ajoittain ne hankaloittavat saneerausten toteutusta.

Kaivamalla tehtävän saneerauksen kustannukset ovat Suomessa melko korkeat, koska johdot tulee perustaa routimattomaan syvyyteen, ja tästä johtuen erilliset kaivannot jokaiselle putkilajille tekisivät rakentamiskustannuksista hyvin korkeita. Suomessa yleisesti vesihuoltorakentamisessa kaikki putkilinjat sijoitetaan keskenään samaan kaivantoon. (Katko 2013.) Tästä johtuen on hyvin tavallista, että yhden johdon edellyttämän saneerauksen takia myös sen rinnalla olevat muut johdot saneerataan samanaikaisesti, erityisesti kaivamalla tehtävien saneerausten yhteydessä. Tällöin minimoidaan aukikaivun aiheuttamat haitat liikennöinnille ja yleiselle viihtyvyydelle, mutta toisaalta ajoittain uusitaan huonokuntoisten johtojen rinnalla sellaisia johtoja, jotka eivät vielä ole kriittisesti saneeraustarpeessa. Tämä osaltaan lisää yhden linjaosuuden saneerauksen kuluvan pääoman määrää ja samalla kuluttaa pääoman jonkin toisen kohteen saneeraukselta. Kaivamattomat saneerausmenetelmät mahdollistavat yksittäisten johto-osuuksien saneeraamisen ilman suurempaa aukikaivua, mutta ne eivät sovellu käytettäväksi kaikkiin saneerauskohteisiin. Usein vesijohdon saneeraustarve ohjaa viemärien saneerausta, eikä viemäreiden osalta saneerausta voida kohdentaa kriittisimpiin kohteisiin.

Usein myös katujen saneeraushankkeiden yhteydessä saneerataan vesihuoltoverkostoja, eli sysäys saneeraukselle tulee ulkopuoliselta taholta. Tällaisissa tapauksissa vesihuoltosaneeraukseen kuitenkin ryhdytään tapauksessa, jossa verkoston saneeraus on ajankohtainen lähivuosina. Täysin toimivaa ja hyväkuntoista verkostoa ei näissäkään tapauksissa saneerata ainoastaan yhteishankkeiden tuoman hyödyn takia. Kuntatekniikan, vesihuoltolaitoksen ja muiden operaattoreiden yhteistyön puutteet johtavat nykyäänkin edelleen ajoittain siihen, että eri operaattorit suorittavat toimiaan perättäisinä vuosina, jolloin haitta erityisesti aukikaivettavan kadun käyttäjille toistuu. Saneerausten kohdentaminen tulisi tehdä yhteistyössä muiden operaattoreiden ja kuntatekniikan toimijoiden kanssa haittojen minimoimiseksi. Tässä auttaa erityisten, pitkän ja lyhyen tähtäimen saneerausohjelmien laadinta. Ohjelmat voidaan toimittaa eri toimijoiden tietoon, jotta saneeraustyöt voidaan paremmin sovittaa yhteen eri tahojen välillä. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2015.)

Saneerausten toteuttamiseen käytettävät taloudelliset resurssit ja henkilöstöresurssit vaihtelevat vesihuoltolaitosten välillä. Suuremmilla vesihuoltolaitoksilla on enemmän resursseja verkoston kuntotutkimusten ja saneerausten toteuttamiseen ja samalla paremmat resurssit tehdä verkoston kunnan ja ylläpitotoiminnan kehittämiseen tähtäviä työtä. Resurssien rajallisuus pakottaa pienemmät laitokset kohdentamaan verkostojen saneeraukset pääosin niihin linjoihin, joissa on todettu eniten häiriöitä joko kunnossapitotoiminnan tai kuntotutkimusten tuloksena. Kyseiset linjat kuvataan, minkä jälkeen ne yleensä saneerataan. Pienemmillä vesihuoltolaitoksilla on heikommat mahdollisuudet

toteuttaa ennaltaehkäiseviä saneerausinvestointeja. Verkoston ylläpidossa ennakoivan huollon painottaminen sekä sen ohjelmointi ja raportointi vähentävät kuitenkin tarvetta kalliisiin korjauksiin tai investointeihin. Pienimmillä vesihuoltolaitoksilla saneeraukset kohdennetaankin pääsääntöisesti huonokuntoisimpiin johto-osuuksiin. (Huttunen 2016.)

Asiakaspalvelun näkökulma tulee esille saneerausmäärien kasvattamisessa ja erityisesti sen edellyttämien taloudellisten resurssien kasvattamisessa. Vesihuoltolaitoksen taksan korotus on usein merkittävin ratkaisu kasvattaa pääomaa. Laitoksen asiakkailta se ei kuitenkaan saa kannatusta. Kauppinen (2010) kirjoittaa artikkelissaan, että rahoitusta saneerausten toteutusta varten on saatavilla, mutta rahoitus tulee perustella. Perusteluksi Kauppinen (2010) esittää verkoston kuntotietoja eli kuntotutkimusten, kunnossapitotöiden ja korjaustoimien yhteydessä saatuja verkostotietoja. Rahoituksen saaminen on helpompaa, kun laitoksella on esittää päättäjille konkreettista tietoa siitä, miksi rahoitusta tarvitaan, mihin rahat käytetään, ja jos rahat käytetään saneerausten määrien kasvattamiseen, millaisiin tavoitteisiin niillä pyritään. Verkoston koosta riippumatta saneerauksiin tarvittavan rahoituksen suuruus on merkittävä. Hyvin asetetun tavoitteen toteutumista on helpompi seurata ja sen avulla voidaan perustella mahdollisia uusia rahoitustarpeita saatuihin tuloksiin perustuen. (Kauppinen 2010.)

Saneerausmäärien lisääminen ja erityisesti oikea kohdentaminen edellyttää kuntotutkimusten määrän kasvattamista. Kuntotutkimusten, esimerkiksi viemärikuvausten määrien kasvattaminen edellyttää suuremman kuvausmäärän tulosten tulkintaa. Viemärikuvausaineiston läpikäyntiä ja tulkintaa voidaan tehdä vesihuoltolaitoksen oman henkilöstön toimesta, mutta se on mahdollista ulkoistaa myös konsultille tai viemärikuvauksesta vastaavalle organisaatiolle. Kuvaustulosten tulkintaan käytettävien resurssien määrää tulee siis kasvattaa kuvausten määrän kasvattamisen myötä. Myös saneerausmäärien kasvattaminen edellyttää, että vesihuoltolaitoksilla tulee olla enemmän henkilöresursseja teettää enemmän saneeraussuunnittelua ja toisaalta vastata useamman samanaikaisen saneeraustyömaan urakan kilpailutuksesta, käynnistämisestä, valvonnasta ja käynnissä pitämisestä. Vesihuoltolaitoksilla tarvitaan siis lisää henkilöstöresursseja vastaamaan kasvavaan saneeraustoimintaan. Vuosittaisen saneerausmäärän kasvattaminen edellyttää myös, että saneeraustöiden toteutus tehostuu ja saneeraukset valmistuvat aikataulullisesti suunnitellun mukaan. (Huttunen 2016.)

Kuntotutkimusten ja saneerausten määrän lisääminen edellyttää siis taloudellisten resurssien ja henkilöstöresurssien lisäämistä ja niiden kohdentamista oikein. Ne eivät kuitenkaan yksin riitä. Myös toimintatapoja tulee muuttaa ja tehostaa, jotta suurempia saneerausmääriä voidaan toteuttaa. Toisistaan erillisinä toteutettavien saneerausurakoiden sijaan ajallisesti ja kustannuksellisesti tehokkaampia ovat erityiset aluesaneerausmallit, joissa ensin kuntotutkimukset ja niiden jälkeen saneeraukset kohdennetaan samalla kertaa jonkin määritetyn alueen kaikkiin verkostoihin. Tällöin ensimmäisenä osana urakkaa toteutetaan koko alueen viemäriverkostojen kuvaus ja kuvausten tulkinta. Seuraavana vaiheena tehdään urakan kilpailutus siten, että urakoitsijat voivat kuvaustulosten perusteella esittää verkostoille parhaiten soveltuvaa saneerausmenetelmää. Urakkaan valittu urakoitsija vastaa kohteen saneerauksen toteutuksesta. Aluesaneerausten tapauksissa ongelmallisiksi koituvat kuitenkin pienet vesihuoltolaitokset, joilla resurssit saneerausten tekemiseen ovat pienemmät. (Huttunen 2016.)

Huomioitavaa kuitenkin on, että verkoston kuntotiedon lisääminen ja siihen perustuva kuntotutkimusten ja saneerausten oikeanlainen kohdentaminen ei yksinään riitä kasvavan saneerausvelan taistamiseen. Saneerauksiin tarvitaan riittävästi pääomaa, ja sanee-

rausinvestointien määrän kasvattaminen edellyttää myös saneerauksiin käytettävän pääoman osuuden kasvattamista. Saneerauksia tekevien suunnittelijoiden ja toteutuksesta vastaavien urakoitsijoiden asiantuntemusta tulee lisätä ja tuoda Suomeen maailmalla kehitettyjä uusia toimintamalleja, menetelmiä ja käytäntöjä saneerauksiin. Lisäksi yhteistyötä kuntatekniikan ja muiden maanalaisten johtojen operaattoreiden kanssa tulee tehostaa, jotta yhteissaneerauskohteiden hyödyt saadaan paremmin esiin.

5.7 Kuntotutkimusten kohdentamisen työkaluja ja menetelmiä

5.7.1 Kriittisyysluokitukseen perustuva kuntoindeksilaskenta

Vesihuolto 2016 -päivillä 8.6.2016 Nurmijärven Veden Päivi Kopra (Kopra 2016) esitelti verkostosaneerauskohteiden priorisointia kuntoindeksilaskentaan perustuen. Nurmijärven Veden käyttämä, kuntoindeksilaskennan pohjana oleva verkoston kriittisyysluokitus perustuu aiemmissa kappaleissa esiteltyihin, Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymässä (HSY) kehitettyihin kriittisyysluokituksiin (taulukko 4 ja taulukko 5). Kriittisyysluokituksen laadinnassa putken kuntoa arvioidaan monien eri tekijöiden, kuten putken ominaisuustietojen, verkostomallinnuksen sekä erilaisten kunnossapitotöiden perusteella saatujen kuntotietojen avulla. Kriittisyysluokituksen perusteella tehtävä kuntoindeksilaskelma toimii työkaluna erilaisten viemärikohteiden priorisoinnissa. (Kopra 2016.)

Kuntoindeksilaskenta huomioi putkien kriittisyyden lisäksi putkien toiminnallisen ja rakenteellisen kunnon. Kuntoindeksilaskennassa erilaiset tekijät pisteytetään ja niitä painotetaan halutulla tavalla pisteytyksen avulla. Kaikkien määritettyyn kohteeseen (esim. putki, kaivo, alue jne.) liittyvien tekijöiden pisteet lasketaan yhteen, ja tuloksesta muodostuu kuntoindeksi. (Kopra 2016.) Laskelmissa kriittisyys perustuukin aina laskelmia laativan henkilön henkilökohtaiseen mielipiteeseen, joten kuntoindeksilaskennan tuloksiin tulee suhtautua kriittisesti, koska erilaisten laskennassa käytettävien pisteytysten ja painostusten avulla voidaan laskennasta saada hyvin toisistaan poikkeavia tuloksia.

Kriittisyysmäärittelyn ensimmäisessä vaiheessa viemäriverkosto jaettiin kokoojaviemäreihin ja keräilyviemäreihin. Luokittelu perustui viemäriverkostomallista saataviin putkivirtaustietoihin. Seuraavassa vaiheessa tarkasteltiin vaikutuksia verkoston toimintaan, jos kyseinen putkiosuus on poissa käytöstä, tai paljonko putkirikkotapauksessa putkesta vuotavat vesimäärä on ja miten merkittäviä riskejä vuoto aiheuttaa. Seuraavassa vaiheessa tunnistettiin kriittiset kohteet, kuten terveyskeskukset, vanhusten hoitokodit, päiväkodit, teollisuuslaitokset yms., jotka ovat vedenkulutuksen kannalta erittäin tärkeitä ja joiden viemäroinnin pitää olla jatkuvasti toimiva. Lisäksi huomioitiin verkoston kriittinen sijainti maantieteellisesti. Näiden tietojen avulla selvitettiin, mitkä kriittisyysluokan määräävistä tekijöistä toteutuivat kullakin putkiosuudella. Tekijät pisteytettiin ja tulosten perusteella laskettiin kriittisyysluokkaindeksit, jotka tallennettiin verkkotietojärjestelmään. (Kopra 2016.)

Kuntoindeksilaskennan avulla voidaan määrittää yksittäisen putkiosuuden kuntoindeksi tai alueellinen kuntoindeksi. Kuntoindeksin perusteella voidaan kohteita listata suuruusjärjestykseen ja järjestystä voidaan hyödyntää saneerauskohteiden valinnassa. Erityisesti korkeimman kuntoindeksin saaneet kohteet valitaan tarkempaan läpikäyntiin, jonka perusteella voidaan tehdä lopullinen päätös saneerausjärjestyksestä tai ainakin hyödyntää laskelman tuloksia päätöksenteossa. (Kopra 2016.)

5.7.2 Riskien arvioiminen riskimatriisin avulla

Vesihuoltolaitoksilla käytetään monenlaisia menetelmiä verkostojen kunnan ja suorituskyvyn arvioimiseen. Yleensä nämä menetelmät ovat osana kunnossapito-ohjelmaa. Viemäriverkoston kunnan arvioiminen riskiperusteisesti on mahdollista tehdä esimerkiksi riskimatriisin avulla.

Taulukko 7 esittää esimerkkiä viemärikuvausten priorisointia varten laaditusta riskimatriisista, jossa verkoston tärkeystaso on määritetty luokkiin A–C ja verkosto on kunnan mukaan jaettu luokkiin 1–5. (Välisalo et al. 2008). Matriisin käytön kannalta haasteellista on kuitenkin se, että viemäriverkoston tärkeystaso tulee määrittää vesihuoltolaitoskohtaisesti. Tärkeystason määrittäminen perustuu riskimatriisin laativan henkilön henkilökohtaiseen mielipiteeseen, joten matriisin käyttöön tulee suhtautua kriittisesti. Lisäksi riskimatriisin käyttö edellyttää, että sen käyttäjällä on käytössään jokin toinenkin työkalu, jolla käyttöomaisuus on mahdollista jaotella eri tärkeystasoihin esimerkiksi elinkaari-mallinnukseen perustuen. Matriisi tulee katselmoida kokeneen henkilökunnan toimesta ennen sen toteutusta.

Taulukko 7. Esimerkki viemärien viemärikuvausten priorisointiin käytettävästä riskimatriisista. Harmaat rasteroinnit tarkoittavat, ettei kyseisillä kohteilla ole lähivuosina tarvetta viemärikuvaukselle. (Välisalo et al. 2008)

Alustava kuntoluokka	Käyttöomaisuuden tärkeystaso		
	A	B	C
1			
2	Viemärikuvaus 3 v:n kuluessa		
3	Viemärikuvaus 12 kk:n kuluessa	Viemärikuvaus 3 v:n kuluessa	
4	Välitön viemärikuvauksen tarve	Viemärikuvaus 12 kk:n kuluessa	Viemärikuvaus 3 v:n kuluessa
5	Välitön viemärikuvauksen tarve	Välitön viemärikuvauksen tarve	Viemärikuvaus 12 kk:n kuluessa

5.7.3 RCM-työkalu ja kriittisyysluokitus

Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:n projektissa ”Vesi- ja viemärlaitosten kunnossapidon kehittäminen (AssetVesi)” (Välisalo et al. 2008) kehitettiin erityinen Verkosto-RCM-työkalu (Reliability Centered Maintenance) verkoston osien kriittisyysluokituksen tueksi. Verkosto-RCM-työkalun käytön tavoitteena on vertailla keskenään eri verkoston osia erilaisista näkökulmista ja vertailun perusteella määrittää prioriteetiltaan kriittisimmille kohteille soveltuvat kunnossapito- tai kuntotutkimustoimenpiteet. (Välisalo et al. 2008)

Verkosto-RCM-työkalun mukaisessa analyysiprosessissa verkosto jaetaan aluksi osiin perustuen kohteisiin, joihin yksittäinen saneeraus päätös tullaan todennäköisesti kohdentamaan. Näitä ovat esimerkiksi muutamien korttelien kokoisen alueen yksittäiset katuosuudet ja niissä sijaitsevat viemäriverkostot. Muodostetuille verkosto-osille toteutetaan häiriöanalyysi asiantuntijaryhmän toimesta. Asiantuntijaryhmään kuuluvien henkilöiden tulee omata näkemystä ja kokemusta valitun alueen verkostojen kunnosta, suoritetuista kunnossapitotoimista ja verkoston käytöstä. Häiriöanalyysissä tunnistetaan esimerkiksi katuosuuksittain viemärijohdon todennäköisin vioittumistapa summataen kaikki vioittumiseen vaikuttavat tekijät, kuten rakentamisvuosi, materiaali, maaperä, liikenne-

kuorma, virtaama jne. Laadinnassa käytetään lähtötietona rajatun alueen verkoston vika- ja kunnossapitotietoja ja analyysi tehdään asiakasnäkökulmasta eli tarkastelleen asiakkaalle aiheutuvia haittoja. Tiedot kootaan analyysitaulukkoon kyseisen viemäriputken ominaisuustietojen perään. Taulukko 8 esittää mallia analyysitaulukosta. (Välisalo et al. 2008; Välisalo 2008.)

Taulukko 8. Analyysitaulukko, johon on kirjatuna arvioitavan viemäriosuuden todennäköisin vikamuoto ja sen syy (Välisalo 2008).

Arvioitavan yksikön tiedot	Putki-tyyppi	Asennus-vuosi	Putki-materiaali	Putki-koko (mm)	Putken pituus (m)	Todennäköisin vikamuoto	Todennäköisin vioittumistapa ja -syy
Jokikatu	Viemäri	1966	Betoni	400	150	Tukkeuma	Romahdus

Todennäköisimmälle vikamuodolle määritetään häiriöanalyysissä seurauksen vakavuus perustuen neljään tarkastelukohtaan, joiden luokat on määritetty AssetVesi-hankkeen yhteydessä tehdyillä tapausperusteisilla analyyseillä (Välisalo 2008):

1. Häiriön aiheuttaman käyttökatkoksen pituuteen
 - a. Alle 4 tuntia
 - b. 4–8 tuntia
 - c. 8 tuntia – 1 vuorokausi
 - d. Yli 1 vuorokausi
2. Käyttökatkoksesta kärsivien henkilöiden määrään
 - a. Vaikutusalueella maksimissaan 20 henkilöä
 - b. 20–200 henkilöä
 - c. 200–1000 henkilöä
 - d. Yli 1000 henkilöä
3. Käyttökatkoksesta kärsivän teollisen toiminnan määrään
 - a. Ei teollista toimintaa / laitoksia
 - b. Tavanomainen katkoksen sieto
 - c. Katkoksia sallitaan määritettyinä vuorokaudenaikoina/viikonpäivinä
 - d. Katkoksia ei sallita lainkaan
4. Häiriöstä vesihuoltolaitokselle aiheutuvat kustannuksiin
 - a. Kustannukset maksimissaan 5 000 €
 - b. Kustannukset 5 000–50 000 €
 - c. Kustannukset yli 50 000 €
 - d. Ympäristö- tai henkilövahinko

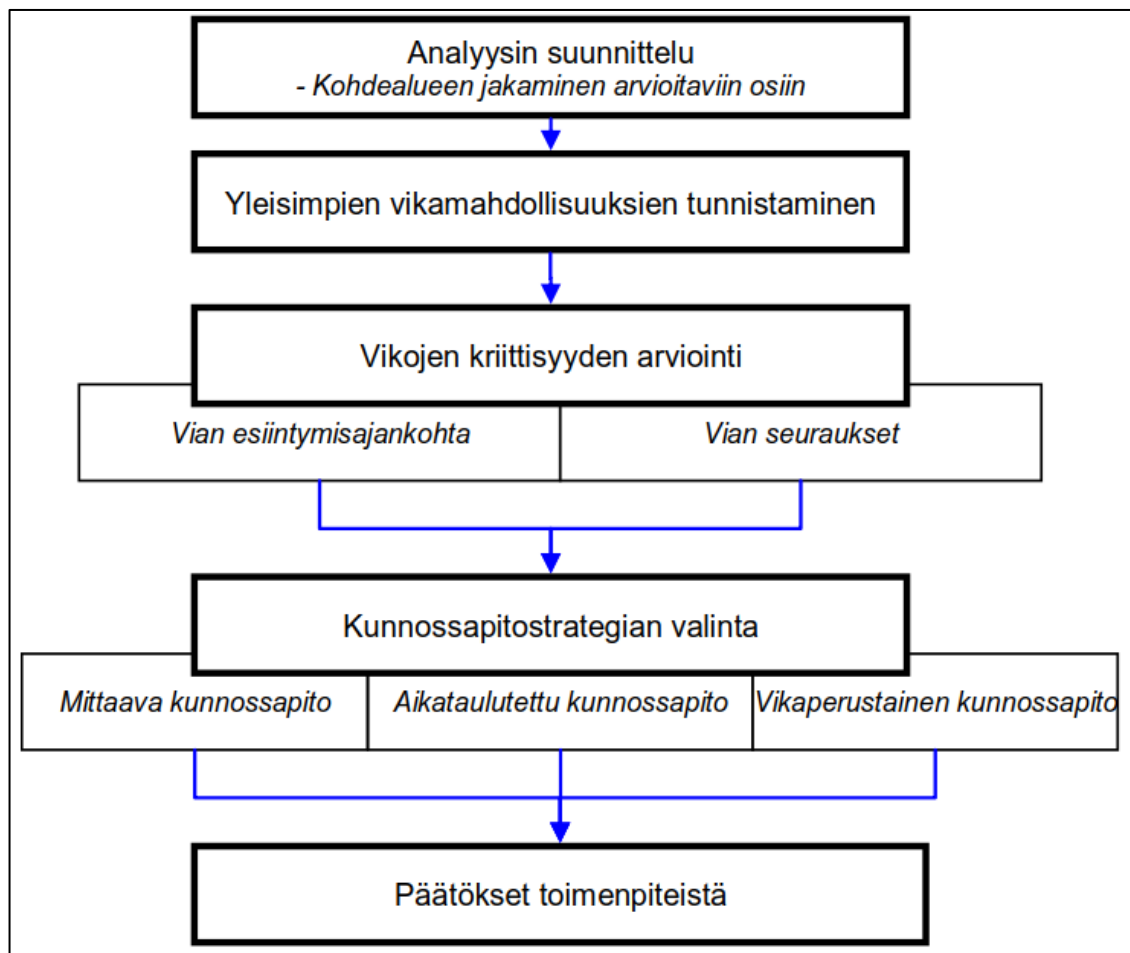
Näiden lisäksi arvioidaan häiriötapauksen todennäköisyys neljästä näkökulmasta, joiden määrittäminen perustuu AssetVesi-hankkeen yhteydessä tehtyihin tapausperusteisiin analyyseihin (Välisalo 2008):

1. Häiriön ilmeneminen seuraavan 2 vuoden aikana
2. Häiriön ilmeneminen seuraavan 2–10 vuoden aikana
3. Häiriön ilmeneminen seuraavan 10–20 vuoden aikana
4. Häiriön ilmeneminen yli 20 vuoden kuluttua.

Analyysiprosessin perusteella määritetyille kriittisimmille verkostokohteille, joiden seuraukset ovat vakavat ja joiden tapahtumisen todennäköisyys lähivuosina on suuri, määritetään RCM-työkalun avulla soveltuvat kuntotutkimus- ja kunnossapidon toimenpiteet.

ja edelleen saneeraustoimenpide. Analyysi siis kokonaisuudessaan koostuu vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysistä sekä kriittisimpien johto-osuuksien kunnossapitotoimien valinnasta. Analyysin avulla voidaan myös määrittää teknisiä ratkaisuvaihtoehtoja riskien vakavuuden pienentämiseksi. Verkosto-RCM-työkalun mukaisen analyysiprosessin kaaviota esittää kuva 21. (Välisalo et al. 2008; Välisalo 2008.)

Analyysin teossa tulee kuitenkin huomioida, ettei kriittisyyden määrittäminen ole yksiselitteistä. Esimerkiksi tukos viemäriin alkupäässä voi asiakasnäkökulmasta tarkasteluna olla huomattavasti haitallisempi kuin tukos linjan loppupäässä. Samoin käyttökatkoksen pituuden arvioiminen on usein vaikeaa. Käyttökatkos voidaan määrittää päättyväksi silloin, kun viemäriin on jälleen toiminnassa, tai vasta silloin, kun liikennöinti korjauskohdassa toimii jälleen normaalisti. Analyysia tehdessä tulee huomioida analyysin teko siten, että eri viemäriverkostojen analyysitiedot ovat verrattavissa keskenään. Analyysi perustuu mukana olevien asiantuntijoiden tietämykseen, joten analyysin avulla saatavia tuloksia ei voida pitää absoluuttisesti oikeina. Analyysi toimii kuitenkin hyvänä työkaluna vesihuoltolaitoksille. (Välisalo 2008.)



Kuva 21. AssetVesi-projektissa kehitetyn Verkosto-RCM-työkalun mukaisen analyysin prosessi-kaavio. (Välisalo et al. 2008; Välisalo 2008)

5.8 Rakenteellisen ja toiminnallisen kunnan huomioiminen saneerauksissa

5.8.1 Kuntoluokitus ja toiminnallisuus kohdentamisen työkaluna

Viemärin kuntotutkimusten yhteydessä määritetään viemärin kuntoluokitus. Viemäriverkoston kuntoluokitteluun on olemassa erilaisia tapoja. Mitä tarkemmat kuntotiedot verkostosta on saatavilla, sitä tarkemmin myös kuntoluokittelu voidaan laatia. Verkoston kuntotiedot ovatkin kuntoon perustuvan luokittelun lähtökohta. Vesi- ja viemärilaitosyhdistyksen vuonna 2005 laatimassa julkaisussa ”Viemäreiden tv-kuvauksen tulkin-taohje” (Vesi- ja viemärilaitosyhdistys 2005) esitetään viemärikuvauksessa todettujen vikahavaintojen jaottelu neljän eri vakavuusluokituksen mukaan. Jos virhepisteitä on 0, putki on ehjä. Viemäreiden jaottelua vakavuusluokkiin esittää taulukko 9. Vian suuruuden esitys prosentteina viittaa prosenttiosuuteen putken halkaisijasta. Viemäriverkoston pitkän tähtäimen tavoitteita koskien Kleidorfer et al. (2013) esittävät, että vesihuoltolaitoksen tulisi pyrkiä siihen, että kaikkien verkoston osien kunto olisi huonoimmillaan luokan 3 mukainen eli verkosto saneerattaisiin jo ennen sen huononemista kuntoluokkaan 4.

Taulukko 9. Viemärikuvauksessa todettujen häiriöiden vakavuusluokitus (Vesi- ja viemärilaitosyhdistys 2005, Vesi- ja viemärilaitosyhdistys 1998)

Vakavuusluokka	Vian suuruus (% putken halkaisijasta)	Vian kuvaus
1	$x \leq 5 \%$	Putkilinja kunnossa
2	$5 \% \leq x \leq 15 \%$	Vähäinen vika, ei vaadi korjaustoimia
3	$15 \% \leq x \leq 30 \%$	Kohtalainen vika, vaatii korjausta lähitulevaisuudessa
4	$x \geq 30 \%$	Vakava vika, vaatii korjausta nopeasti

Tarkastellaan tätä esitettyä vakavuusluokitusta esimerkkinä putken halkeaman osalta. Viemärikuvauksen vakavuusluokkaan 1 kuuluvat hiushalkeamat. Vakavuusluokan 2 osalta on kyseessä avoin halkeama, joka ei kuitenkaan vielä edellytä toimenpiteitä. Vakavuusluokan 3 halkeama tarkoittaa, että putkesta voi irrota tai on jo irronnut palasia tai putkessa on muodonmuutosta, joka edellyttää korjausta lähivuosina. Vakavuusluokkaan 4 luetaan kuuluvaksi putket, joissa halkeamien seurauksena putki on menettänyt rakenteellisen lujuutensa, putkessa on merkittävää muodonmuutosta tai jopa reikä, joka edellyttää nopeita korjaustoimia. (Vesi- ja viemärilaitosyhdistys 2005.)

Viemärikuvauksen avulla saadaan siis kuvauksen tulosten perusteella luokiteltua putkessa ilmenneet häiriöt niiden vakavuuden mukaan. Putkessa ilmenneiden häiriöiden perusteella taas voidaan laatia putkelle kuntoluokitus perustuen siihen, miten vakavia häiriöitä kuntotutkimuksen yhteydessä putkessa on havaittu. Kuntoluokituksen perusteena voidaan käyttää putken rakenteellista kuntoa, toiminnallista kuntoa ja vuotavuutta. (Vesi- ja viemärilaitosyhdistys 1998.)

Taulukko 10 esittää toisenlaista esimerkkiä kuntoluokituksesta, joka on laadittu esimerkiksi juuri viemärikuvausten tulosten perusteella ja jonka avulla voidaan arvioida verkoston jäljellä olevaa käyttöikä. Kyseisessä luokittelussa kuntoluokkia on yhteensä kuusi. Suomessa yleisimmin käytössä oleva kuntoluokitus on kuitenkin aiemman taulukon (taulukko 9) mukainen, koska se perustuu luokitukseen suoraan ilmenneen vian

suuruuden perusteella. Alemman taulukon mukainen, kuusiportainen kuntoluokitus edellyttäisi tarkempien luokitusperusteiden määrittämistä eli perusteita sille, miksi viemärin kunto luokitellaan kuhunkin kuntoluokkaan. Kyseisen kuntoluokituksen käyttö kuitenkin edellyttää, että viemärikuvauksia toistetaan säännöllisesti, jotta viemärin kunnon muutokset tiedetään, jotta niiden perusteella on mahdollista päivittää luokitusta. Samoin käyttö edellyttää, että tarvittavat kunnossapidon toimet määritetään tarkemmin putkilinjakohtaisesti. Näiden lisämääritysten jälkeen kuusiportaisen kuntoluokituksen käyttö on kuitenkin toimiva.

Taulukko 10. Esimerkki viemärin kuntoluokittelusta (Välisalo et al 2008)

Kunto-luokka	Käyttöomaisuuden kunto	Kuvaus	Vaihtoehtoinen kuvaus
1	Erinomainen	Tarvitsee vain tavanomaista kunnossapitoa	Jäljellä oleva käyttöikä yli 50 vuotta
2	Vain pieniä puutteita	Erityistä kunnossapitoa tarvitaan vain vähän	Jäljellä oleva käyttöikä 20–50 vuotta
3	Kunnossapidon tarve on ilmeinen	Merkittävää kunnossapidon tarvetta	Jäljellä oleva käyttöikä 6–20 vuotta
4	Vaatii huomattavaa uusimista	Huomattava uusimisen tai päivityksen tarve	Jäljellä oleva käyttöikä 2–5 vuotta
5	Vikojen esiintyminen erittäin todennäköistä	Yli 50 % kohteesta vaatii uusimista	Jäljellä oleva käyttöikä alle 1 vuosi
6	Käyttöomaisuus ei toimi	Vaatii täydellistä uusimista	Käyttöikä on päättynyt

Suomen LVI-liiton julkaisemassa kuntotutkimusoppaassa (Suomen LVI-liitto 2013) ohjeistetaan kiinteistöjen sisäisten lämmitys-, vesi- ja viemäriputkistojen kuntotutkimusten analysointi tehtäväksi viisiportaisen arvosteluasteikon avulla (taulukko 11). Vaikka kyseinen analysointi on tarkoitettu rakennusten sisäpuolisille viemäriinjoille, on sen mukaista arvosteluasteikkoa mahdollista hyödyntää myös yhdyskuntateknisissä viemäriinjoissa. Kyseinen taulukko on tässä työssä huomioitu, koska se on aiemmin esitettyjen taulukoiden tavoin yksi mahdollinen ja toimiva ratkaisu kuntoluokituksen tekemiseksi.

Yleisesti kiinteistöjen sisäpuolisten viemäreiden kuntoa tarkastellaan 10 vuoden tarkastelujaksoilla, niin kuin myös alla olevan taulukon mukaisen arvioinnin yhteydessä. Arviointi aloitetaan teknisen käyttöiän määrittelyllä, jonka jälkeen sovitetaan järjestelmien korjaustoimenpiteiden järjestys huomioiden muun muassa järjestelmän korjaus- ja uusimistarve, riskit, kiireellisyys, synergiaedut, taloudellinen käyttöikä ja lisä- ja jatkotutkimustarve. Kuntoluokan 1 (KL1) osalta jäljellä olevaa käyttöikää ei voi määrittää. Kyseisen kuntoluokituksen käyttö edellyttää kuitenkin putkiryhmien elinkaarimallien laadintaa kuntoluokituksen toteutuksen lähtöaineistoksi, jotta liian subjektiivinen, kuntoluokituksen laatijan mielipiteeseen perustuva luokitus voidaan täsmentää.

Taulukko 11. Suomen LVI-liiton kuntotutkimusoppaan mukainen putkien kuntoluokitus (Suomen LVI-liitto 2013)

Kuntoluokka	Toimenpide-, uusinta- tai kunnostustarve	Tekninen käyttöikä
KL5	Ei tarvetta 10 vuoden aikana	Yli 10 vuotta
KL4	5–10 vuoden aikana	5–10 vuotta
KL3	3–5 vuoden aikana	3–5 vuotta
KL2	1–3 vuoden aikana	1–3 vuotta
KL1	Toimenpiteisiin ryhdyttävä välittömästi	

Kuntoluokitus voidaan tehdä myös toiminnallisuuteen perustuen eli siihen, kuinka hyvää viemärin toimiminen on ja kuinka paljon viemärissä ilmenee häiriöitä, jotka haittaavat toimimista. Taulukko 12 esittää viemärikuvauksessa havaittujen korjaustarpeiden vaikutusta viemärintijärjestelmän toimintaan. Kuntoluokkakohtainen tekninen käyttöikä on tässä yhteydessä sama kuin aiemmassa taulukossa (taulukko 11).

Taulukko 12. Viemäriverkoston toiminnallisuuden analysointi ja verkoston kunnan määritys viemärikuvauksessa havaittujen häiriöiden pohjalta. (Suomen LVI-liitto 2013)

Vauriotyyppi	KL5	KL4	KL3	KL2	KL1
Putken muodonmuutokset	Putken yläpinnassa maanpaineesta aiheutuneita muodonmuutoksia	Putken kyljessä maanpaineesta aiheutuneita muodon- ja suunnanmuutoksia	Putken alaosassa maanpaineesta aiheutuneita muodonmuutoksia	Putkessa merkittävä muodonmuutos yli 60 %	Putki poikki, putkessa halkeama
Putkessa vettä	0–10 %	10–30 %	30–60 %	yli 60 %	Putki täynnä vettä
Putkessa kiinteää kertymää	0–10 %	10–30 %	30–60 %	yli 60 %	Putkessa on veden virtauksen estävä tukos
Putkessa juuri-kasvustoa	Ei kasvustoa	Kasvusto ei vielä vaikuta veden virtaukseen ja putken mekaaniseen kuntoon	Kasvusto vaikuttaa veden virtaukseen ja mekaaniseen kuntoon aiheuttaen haittaa	Kasvusto estää veden virtausta ja on vaurioittanut putkea	Kasvusto on tukkinut putken täysin
Muita puutteita	Kaivojen viat ja puutteet	Kaivojen viat ja puutteet	Kaivojen viat ja puutteet, putket liian ylhäällä, väärä putkimateriaali	Kaivojen viat ja puutteet, putket liian ylhäällä, väärä putkimateriaali	Putkisto on rikkoutunut, kaivo on sortunut

Verkoston kunnan hyvä tuntemus helpottaa saneerauskohteiden joukosta seuraavan 10 vuoden aikana saneeraukseen menevien kohteiden valintaa. Tällöin voidaan priorisoin-

tiin käyttää myös esimerkiksi kriittisyysmatriiseja, joita voidaan laatia erilaisia eri käyttöomaisuusryhmiä koskien. Taulukko 13 on esimerkki kriittisyysmatriisista.

Taulukko 13. Esimerkki käyttöomaisuuden saneeraustarpeiden priorisointiin käytettävästä kriittisyysmatriisista. (Välisalo et al. 2008)

Alustava kunto-luokka	Käyttöomaisuuden tärkeystaso		
	A	B	C
1			
2			
3			
4	Saneerataan 3 vuoden kuluessa	Saneerataan 5 vuoden kuluessa	Saneerataan 10 vuoden kuluessa
5	Saneerataan 1 vuoden kuluessa	Saneerataan 1 vuoden kuluessa	Saneerataan 5 vuoden kuluessa

5.8.2 Viemäriverkoston hydraulinen mallinnus

Viemäriverkoston toimintaa voidaan tarkastella aiemmin esiteltyjen matemaattisten mallien lisäksi myös hydraulisten mallien avulla. Hydraulinen mallinnuksen lähtökohdiana on verkostomallin laadinta. Mallinnuksen lähtötietona tulee olla mallinnettavan verkoston verkostokartta mieluiten sähköisessä muodossa, jossa on esitettyinä viemäriputkien koko-, korko- ja materiaalitiedot. Erityisesti hydraulista mallia laadittaessa tulee mallinnettavan viemäriverkoston alueelta saada virtaamatiedot sopivat ajanjakson, esimerkiksi kahden vuoden ajalta. Toimiva hydraulinen mallinnus edellyttää lisäksi mallinnettavan alueen vedenkulutustietojen lisäämistä malliin. Hydraulisen mallinnuksen luotettavuutta lisäävät myös pumppaamoiden tarkat tiedot, jätevedenpuhdistamon virtaamatiedot sekä mallinnusalueen sadanta- ja lämpötilatiedot. (Ronkainen 2016.)

Hydraulisen mallinnuksen toteutuksessa tulee huomioida, että lähtöaineistona käytetyt verkostokartat ovat harvoin täysin oikeellisia. Niiden sisältämät tiedot ovat osittain puutteellisia ja epätarkkoja, eivätkä korkotiedot yleensä perustu tarkemittattuun tietoon. Luotettavan mallinnuksen teko saattaa edellyttää maastomittauksia, joilla täydennetään ja varmistetaan verkostokartalla esitettyjä tietoja. Samoin pumppaamoilta ja puhdistamoilta tulevissa virtaustiedoissa on usein puutteita, koska mittaukset perustuvat säiliötilavuuteen, pumppausaikaan ja pumppauskertoihin eli niin sanottuun astiamittaukseen. (Ronkainen 2016.)

Hydraulinen mallinnus tehdään tietokoneavusteisesti. Hydraulisen mallinnuksen avulla voidaan esimerkiksi tarkastella viemäriverkoston kapasiteetin riittävyyttä. Riittämätön kapasiteetti saattaa aiheuttaa viemäritulvia, jotka aiheuttavat riskin ympäristölle ja viemäriin liittyville asuinrakennuksille. Toisaalta ylikapasiteetti saattaa haitata viemäriin huutoutuvuutta ja edellyttää viemäriin säännöllistä huutelemista tukkeutumisen estämiseksi. Viemärimallinnuksen lähtökohdiana ovat vedenkulutustiedot, joiden perusteella arvioidaan syntyvän jäteveden määrä. Jätevesimäärään lisätään vuotovesien osuus kertoimella, joka on yleisesti noin 30 %. Laaditun mallin luotettavuus edellyttää aina kalibrointia ja validointia eli mallista saatavien tietojen vertaamista mittauksen avulla saatuihin virtaamatietoihin. Viemäriverkoston kapasiteetin hydraulinen mallinnus siis edellyttää runsaiden virtausmittauksen tekoa tarkasteltavassa verkoston osassa, jotta mallinnuksen tuloksista saadaan mahdollisimman luotettavat. Mallinnuksessa voidaan huomioida myös alueen sademäärä, jota voidaan käyttää vuotovesimäärän arvioimiseen. Vuoto-

vesimäärän arvioiden avulla voidaan selvittää, missä osissa tarkasteltavaa verkostoa vuotovesimäärät ovat suurimpia, ja kohdentaa kyseisiin verkosto-osiin kuntotutkimuksia verkoston tarkan kunnon määrittämiseksi. (Sänkiaho 2016.)

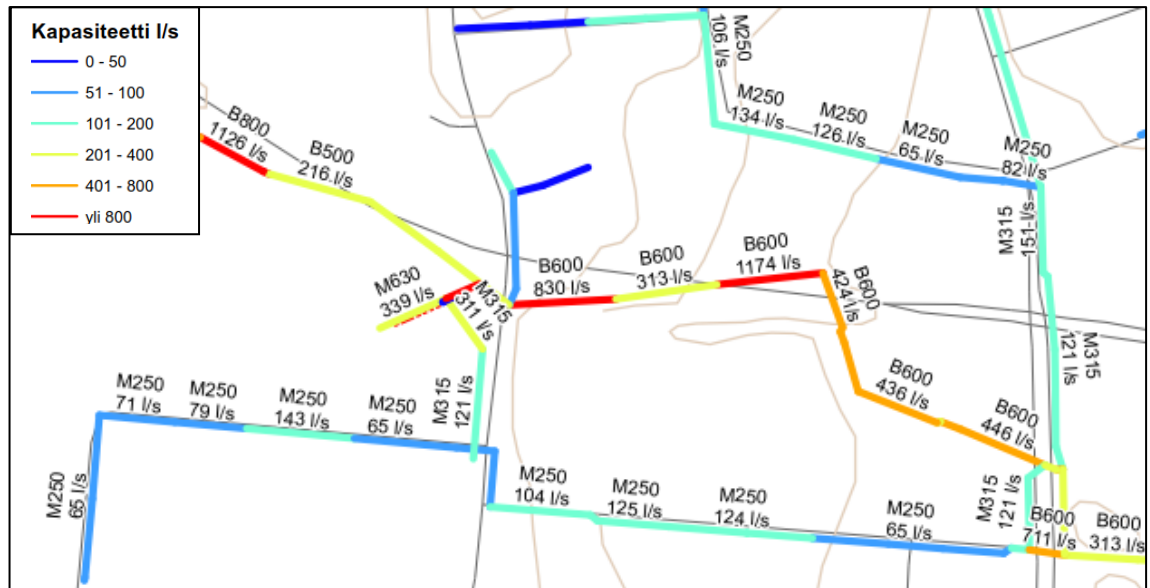
Giovanelli & Maglionico (2008) esittelevät artikkelissaan SCRAPS-mallin (Sewer Cataloging, Retrieval and Prioritisation System), jonka avulla on mahdollista arvioida viemäriputkijonon kriittisyyttä. SCRAPS-mallinnusta varten ohjelma tarvitsee lähtötiedoiksi mallinnettavan verkoston ominaisuustiedot, kuntotutkimuksilla todetut häiriöt sekä ympäristölliset näkökohdat, kuten tiedot pohjaveden pinnan tasosta sekä putken asennussyvyydestä. Ohjelmistolle annettujen lähtötietojen avulla SCRAPS-malli määrittää viemäriverkostossa ilmenevän häiriön todennäköisyyden sekä häiriön seurausten suuruuden putkikohtaisesti. Häiriön todennäköisyyteen ja seurausten vakavuuteen perustuen ohjelmisto priorisoi putket viisiportaisen kriittisyysluokituksen mukaisesti ja tallentaa tiedot ohjelmistolle määritettyyn tietokantaan.

5.8.3 Verkostokapasiteetin tarkastelu paikkatieto-ohjelmalla

Kuva 22 esittää Pöyry Finland Oy:n Leena Sänkiahon (2016) HSY:n viemäriverkostolle paikkatieto-ohjelmistolla laatimaa kapasiteettitarkastelua. Kapasiteettitarkastelu edellytti, että suunnittelualue jaettiin erillisiin viemäriputkialueisiin, joille määritettiin veden huippuputuntikulutus, syntyvä jäteveden määrä sekä vuotovesimäärä. Näiden määrityksessä käytettiin apuna kirjallisuutta sekä HSY:n laatimaa suunnitteluohjeistusta. Viemäriverkostoon kapasiteetti arvioitiin jokaiselle putkiosuudelle hyödyntämällä verkkotietoaaineistosta kaltevuus-, korko-, pituus-, putkimateriaali- ja kokotietoja. Täyden putken kapasiteetin arvioimiseen käytettiin putkimateriaalikohtaisia, Manningin kaavaan perustuvia nomogrammeja. Nomogrammeista saadaan arvioitua laskentakaava lähes täyden putken virtaamalle, missä hyödynnetään putkiosuuden kaltevuutta. Lisäksi määriteltiin putkikoko-kohtaiset, suunnitteluohjeiden mukaiset minimi- ja maksimikaltevuudet, jotka on esitetty liitteessä 5. Mikäli putken kaltevuus on raja-arvojen ulkopuolella, virtaaman arvioitiin vastaavan joko minimi- tai maksimikaltevuuden mukaista virtaamaa. Laskenta suoritettiin Excelissä. Putkimateriaalikohtaisten nomogrammien sijasta voidaan myös käyttää Manningin kaavaa ja kaavassa huomioida putkimateriaalikohtaiset Manningin kertoimet. (Sänkiaho 2016.)

Kuvassa on jokaista viemäriputkijonosta kohden esitetty sen putkikoko ja putkimateriaali sekä legendan mukaisella värikoodituksella esitetty kapasiteetti putkijonossa. Haluaisijaltaan tietyn kokoiset ja tietyistä materiaalista valmistetut putket pystyvät johtamaan erilaisiin kaltevuuksiin asennettuina eri määriä jätevettä. Nämä kaikki tekijät on huomioitu kapasiteettitarkastelun yhteydessä. (Sänkiaho 2016.)

Viemäriverkostoon kapasiteettitarkastelua voidaan hyödyntää saneerausten ja kuntotutkimusten kohdentamisen apuna esimerkiksi siten, että johdot luokitellaan arvolla 0, jos kapasiteetti on riittävä, ja arvolla 1, jos kapasiteetissa on puutteita, ja kirjata nämä tiedot esimerkiksi laitoksen verkkotietojärjestelmään (Vuorinen 2011).



Kuva 22. Paikkatieto-ohjelmiston avulla laadittu verkoston kapasiteettitarkastelu. (Sähköaho 2016)

6 Sphinx-ohjelmiston esittely

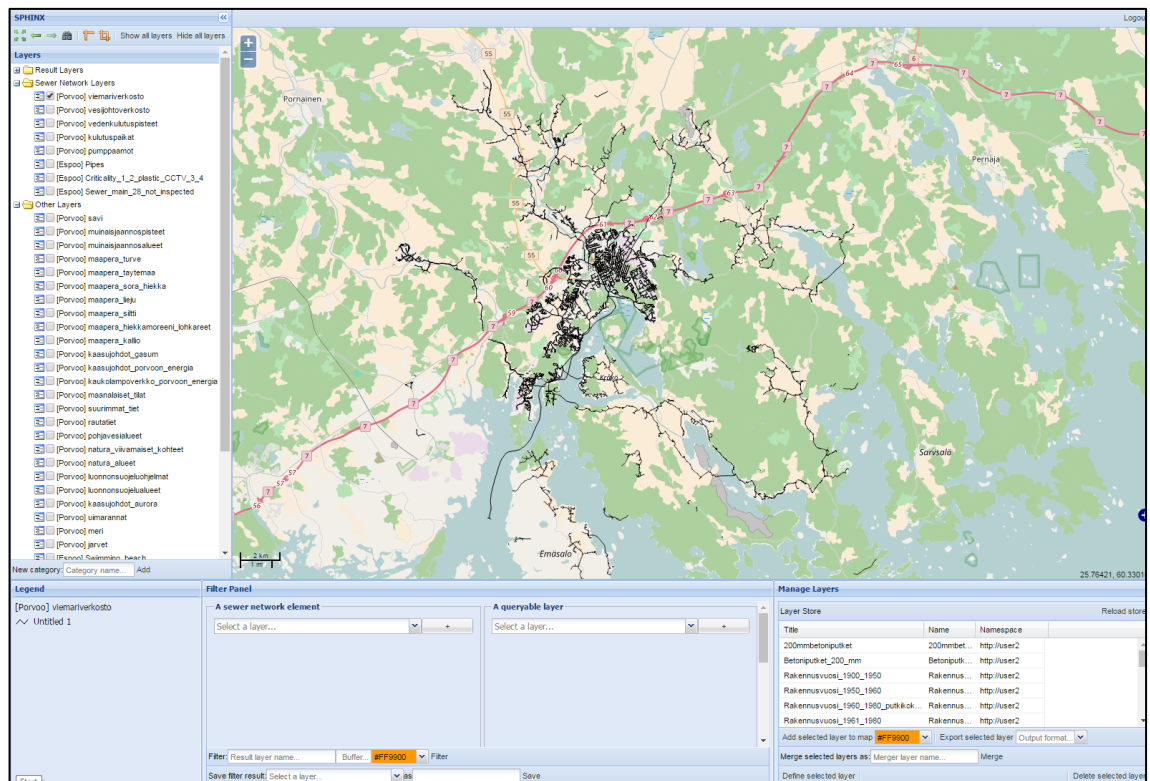
6.1 Ohjelmiston kuvaus

Sphinx-ohjelmistoprototyyppi kehitettiin Efesus-hankkeen yhteydessä saneeraus päätösten teon työkaluksi. Kehityksen tavoitteena oli luoda ohjelmisto, jonka avulla on mahdollista kohdentaa kuntotutkimukset ja saneeraukset prioriteetiltaan tärkeimpiin verkoston osiin. Järjestelmä toteutettiin paikkatietosovelluksena siten, että järjestelmän käytössä voitiin hyödyntää nykyisin hyvin saatavilla olevaa avointa paikkatietoaineistoa. Myös vesihuoltolaitosten verkkotietojärjestelmän tiedot ovat saatavissa paikkatietomuodossa ja sisältävät tiedot putkimateriaaleista, putkien halkaisijoista, rakennusvuosista jne. Sphinx-ohjelmisto toimii palvelimella, ja ohjelman avulla pystytään vertailemaan keskenään eri paikkatietoaineistoja ja siten verkoston sijaintia suhteessa ympäristöön. Vertailua ja viemäriinlinjojen valintaa voidaan siis tehdä esimerkiksi perustuen verkoston sijaintiin tai verkoston osien ominaisuuksiin (esimerkiksi asennusvuosi, materiaali, halkaisija). Ohjelmiston avulla voidaan vertailu tehdä koko verkostolle kerralla, mikä nopeuttaa analyysiä. (Laakso 2015.)

Sphinx-ohjelmiston käyttöä varten ladatut paikkatietoaineistot vietiin shape-muodossa PostGIS-paikkatietokantaan. PostGIS-paikkatietokanta on avoimeen lähdekoodiin perustuva tietokanta, jonka avulla voidaan tallentaa, analysoida ja käsitellä paikkatietoaineistoa erityisten paikkatietofunktioiden avulla. (CSC Training and events 2016.) Lähdeaineiston lataaminen PostGIS-paikkatietokantaan edellytti pgAdmin-ohjelmiston lataamista. PgAdmin-ohjelmisto on ilmaisohjelma, jonka lataaminen onnistuu internetistä. PgAdmin loi yhteyden PostGIS-paikkatietoserverille sekä uuden, vapaasti nimettävän tietokannan paikkatietoaineistojen lataamista varten. Yhteys tietokantaan varustettiin salasanalla, jota ei tallenneta ohjelmiston muistiin vaan pidetään salassa. Paikkatietoaineistojen lataus edellytti myös Windows-käyttöjärjestelmän komentotulkki cdm.exe:n käyttöä. Tietokannasta ladatut paikkatietoaineistot julkaistiin lopuksi Sphinx-ohjelmiston käyttöön. Myös Sphinx-ohjelmistoon kirjautuminen varustettiin salasanalla.

Sphinx-ohjelmistolla voidaan tehdä erilaisia paikkatietoanalyysyjä. Esimerkiksi voidaan valita halutun kokoiset ja halutusta materiaalia olevat, pohjavesialueilla sijaitsevat putket. Lisäksi analyysien tuloksia voidaan yhdistää, tarkastella käyttöliittymässä ja viedä

ulos ohjelmasta. Sphinx-ohjelmisto muodostaa hakutuloksista oman tason, joka on mahdollista export-toiminnon avulla viedä ohjelmistosta ulos shape-muodossa. Ohjelmiston käyttäjä voi määrittää värin, jolla haettu tulos ohjelmistossa esitetään, sekä nimeä vapaasti uuden tason, jonka ohjelmisto hakutuloksista luo. Kuva 23 esittää yleiskuvaa Sphinx-ohjelmiston käyttöliittymästä. Keskellä näkyy karttaote, jossa valitut aineistot esitetään. Oikeassa reunassa olevista valikoista voi asettaa näkyviin käytössä olevia tasoja. Sinne myös uudet, valittuja ominaisuuksia sisältävät tasot muodostuvat. Käyttöliittymän alareunassa ovat valintatyökalut, joiden avulla voidaan valita haluttuja ominaisuuksia yhdestä paikkatietoaineistosta tai tehdä vertailua eri paikkatietotasojen välillä. Käyttöliittymän alaosa löytyvät myös toiminnot uusien paikkatietotasojen luomiseen ja niiden viemiseen ohjelmasta ulos.



Kuva 23. Kuva Sphinx-käyttöliittymästä. Mustalla kuvassa Porvoon veden viemäriverkosto.

6.2 Käytetyt paikkatietoaineistot

Sphinx-ohjelmiston käyttöä varten ladattiin erilaisia avoimia paikkatietoaineistoja Porvoon alueelta sekä Porvoon veden viemäriverkkoaineisto. Paikkatietoaineistoiksi valittiin luontokohteita ja rakennetun ympäristön kohteita, joille jätevesiviemäriin häiriöt saattavat aiheuttaa riskin ja joissa häiriön tapahtuessa seurauksen kohdistuvat ympäristöön, ihmisten terveyteen tai muuhun kunnallis- ja yhdyskuntatekniseen toimintaan. Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) avoimen tiedon palvelun kautta ladattiin Porvoon alueen luonnonsuojelu- ja Natura 2000 -aluerajaukset, pohjavesialuerajaukset, järvet ja merialueiden rajaukset. Digiroad-palvelusta ladattiin katu-, tie-, ja rautatieverkostoa. Museoviraston avoimen paikkatiedot lataamispalvelun kautta ladattiin Museoviraston kulttuuriympäristörekisterin mukaiset suojelukohteet. Lisäksi maanalaisten johtojen operaattoreilta, kuten kaasu- ja kaukolämpöverkostojen omistajilta, pyydettiin verkostotietoa sähköisessä vektorimuodossa (dwg tai dxf). Avoimen palvelun ulkopuolelle jäävä aineisto, kuten uimarantojen sijainti ja maanalaisten tilojen sijainti, piirrettiin itse ArcMap-ohjelmistoa käyttäen. ArcMap-ohjelmistoa tarvittiin myös koordinaatistomuutosten tekemiseen eri lähteistä ladattujen paikkatietoaineistojen välillä. ArcMap-ohjelmisto

edellyttää maksullisen lisenssin hankintaa, mutta vastaava paikkatietosovellus QGIS on ilmaisohjelma, joka on ladattavissa internetistä (<http://www.qgis.org/en/site/forusers/download.html>). Geologian tutkimuskeskukselta on saatavissa lisäksi maaperätietoja paikkatietomuodossa. Maaperätietoja ei kuitenkaan tämän tarkastelun yhteydessä huomioitu.

7 Sphinx-ohjelmiston testaus ja Porvoon viemäriverkoston riskikohteiden määrittäminen

Seuraavissa kappaleissa on esitelty Porvoon vesihuoltolaitoksen toimintaa, jätevesiviemäriverkoston rakennetta ja verkoston ikä- ja materiaali-jakaumaa sekä nostettu esiin lyhyesti muutamia verkoston riskikohteita, jotka on huomioitu myöhemmin Porvoon veden kriittisyysluokituksessa ja kuntotutkimusohjelmassa.

7.1 Porvoon vesihuoltolaitos

Porvoon vesi on vuonna 1913 perustettu kunnallinen liikelaitos, jonka vastuulla on vesihuoltopalvelujen tuottaminen eli veden hankinta ja jakelu sekä jätevesien pois johtaminen ja käsittely vesihuoltolain mukaan vahvistetulla toiminta-alueellaan. Ensimmäisenä toimintavuotena laitoksella oli 12,5 km vesijohtoverkosta, joka palveli 131 kiinteistön vedenjakelua, muttei lainkaan viemäriverkosta. Jätevesiviemäröinnin rakentamisen aloittamisen tarkka ajankohta Porvoossa ei ole tiedossa, mutta on todennäköistä, että jätevesiviemäreiden yleistyminen on seurannut vesijohtoverkoston laajenemista. Ensimmäiset viemäriverkostot on Porvoossa toteutettu sekavesiviemäröintinä ja erillisviiemäreiden rakentaminen on aloitettu 1960-luvulla. (Porvoon vesi 2013; Saarinen et al. 2015.)

Jätevesiä johdettiin Porvoossa puhdistamattomina vesistöihin 1970-luvun alkupuolelle saakka, kunnes Kokkonniemen jätevedenpuhdistamo otettiin käyttöön ja Hermanninsaaren puhdistamon rakentaminen aloitettiin. Vuodesta 1974 alkaen Porvoossa toimi kaksi kunnallista jätevedenpuhdistamoa, Kokkonniemi ja Hermanninsaari. Vuonna 1994 voimaan tullut EU:n direktiivi yhdyskuntavesien käsittelystä edellytti biologista prosessia jätevedenkäsittelyssä, ja sen seurauksena Kokkonniemen kemiallinen puhdistamo ei ollut riittävä, ja tämä johti Hermanninsaaren puhdistamon saneeraukseen biologis-kemialliseksi keskuspuhdistamoksi. (Porvoon vesi 2013.)

Nykyisin Porvoon veden asiakkaina on yhteensä noin 43 000 asukasta ja 700 yritystä. (Porvoon vesi 2013). Laitoksen verkostopituus on nykyisin yhteensä noin 1000 km, josta vesijohtoverkosta on noin 500 km, jätevesiviemäriverkosta 400 km ja hulevesiviemäriverkosta 100 km. Sekavesiviemäröityä verkosta on edelleen käytössä noin 10 km. (R. Kuronen & P. Ekstam 18.2.2016.) Jätevesien puhdistus on keskitetty nykyisin Hermanninsaaren jätevedenpuhdistamolle, minkä lisäksi Porvoossa on nykyisin käytössä haja-asutusalueella kolme jatkuvatoimista pienpuhdistamoa (Hinthaarassa, Sannaisissa ja Kulloossa). Hermanninsaareissa käsitellään vuosittain hieman yli 4 miljoonaa m³ jätevettä ja pienpuhdistamoissa noin 95 000 m³. (Porvoon kaupunki 2016.)

Porvoossa sijaitsee myös 11 vesiosuuskuntaa, joista kolmella on alueillaan viemäriverkostoja. Osuuskuntien viemäröintipalveluja hyödyntää yhteensä noin 800 henkilöä. Porvoon veden ja yksityisten vesiosuuskuntien ulkopuolella, haja-asutusalueella, asuu kuitenkin noin 8000 asukasta, joilla ei ole mahdollisuutta liittyä kunnalliseen viemäriverkoston. Kyseisten kiinteistöjen jätevesien käsittely on toteutettu kiinteistökohtaisesti.

ti vanhoissa kiinteistöissä sakokaivojen ja uudemmissa sakokaivojen ja maasuodatuksen tai vastaavan biologisen käsittelyn avulla. (Saarinen et al. 2015.)

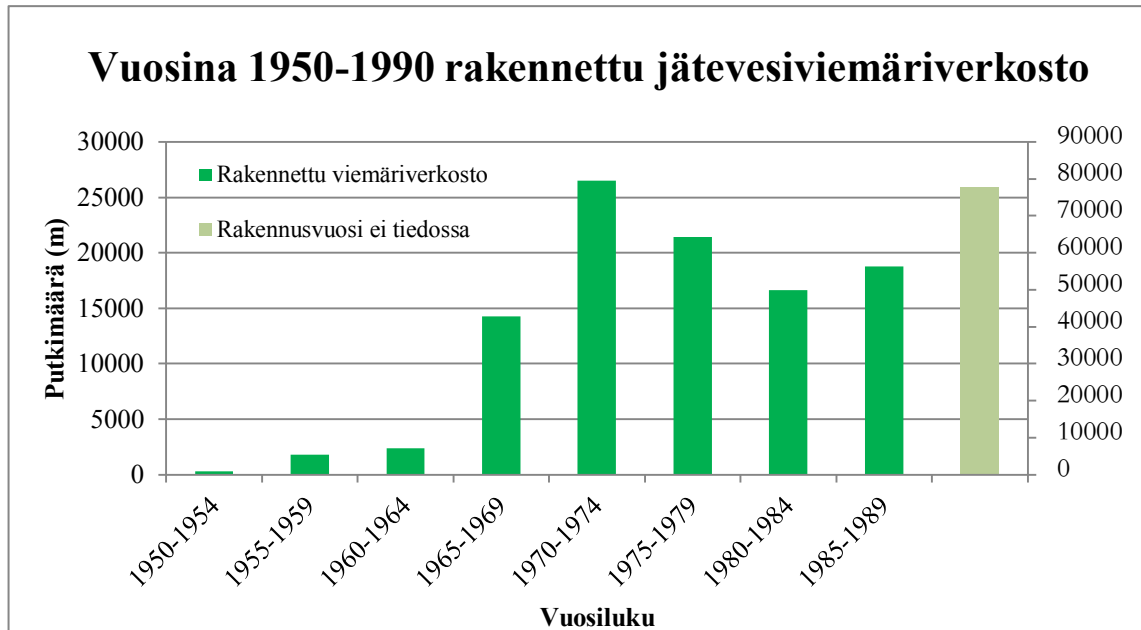
7.2 Porvoon jätevesiviemäriverkoston rakenne ja tiedostetut ongelmakohdat

Porvoon veden suunnittelupäällikkö Reetta Kurosen ja työpäällikkö Peter Ekstamin mukaan (R. Kuronen & P. Ekstam 18.2.2016) Porvoon vedellä on jätevesiviemäriverkostoa yhteensä 400 km, josta noin puolet on viettoviemäroityä ja puolet paineviemäroityä verkostoa. Paineviemäroinnin suhteellinen osuus koko jätevesiviemäreiden verkostopituudesta on siis melko suuri. Paineviemäriverkoston rakentamisen avulla on laajennettu viemäriverkostoa kaupungin keskustan ulkopuolelle, ja pääosin paineviemäriinjat ovatkin siirtolinjoja, joilla jätevesiä johdetaan erillisiltä taajama-alueita jätevedenpuhdistamoille. Pääosin paineviemäriverkosto on rakennettu 2000-luvulla, ainoastaan keskustan alueella on joitakin vanhoja paineviemäriinjoja. Osa paineviemäroidystä jätevesiverkostosta sijaitsee meren pohjassa. Paineviemäroidyn verkoston osalta painetaso on alhainen, ainoastaan muutamia baareja. (R. Kuronen & P. Ekstam 18.2.2016.)

Vuosina 1950–1960 rakennettujen viemäreiden putkimateriaalina on pääosin betoni. Muovimateriaaleihin, erityisesti PVC-putkilinjoihin siirryttiin Porvoossa 1960–1970-lukujen vaihteessa. Putkimateriaalin vaihdoksen jälkeen ovat viemäreissä esiintyneet kunnossapidolliset ongelmat vähentyneet. Vuosina 1950–1960 rakennetut betoniset jätevesiviemärit ovat paikoitellen pahasti syöpyneet viemärikaasujen vaikutuksesta. 1970-luvun alussa asennetut betoniputket on todettu Porvoon kunnossapidossa kuitenkin betonilaadultaan kaikkein heikoimmiksi. Porvoossa on valmistettu ja asennettu omana työnä halkaisijaltaan 200 mm:n betoniputkia, jotka eivät ole standardikokoisia betoniputkia ja joiden laatu on myös jälkikäteen todettu huonoksi. Näitä betoniputkia on kuitenkin edelleen jonkin verran käytössä. Vanhan merenpohjan savikkoalueiden on myös todettu aiheuttavan syöpymiä valurautaisiin johtoihin, joita kuitenkin Porvoon viemäriverkostossa on hyvin vähän. (R. Kuronen & P. Ekstam 18.2.2016.)

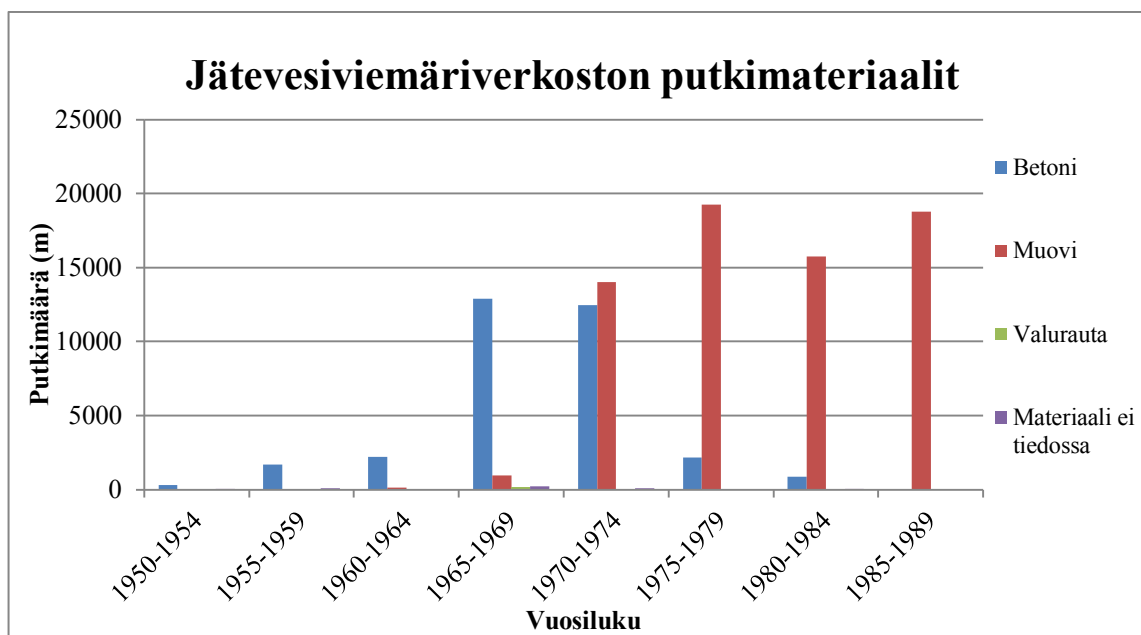
Porvoon keskustassa jätevesiviemärointi on toteutettu pääosin viettoviemärointinä. Keskustassa viemäriverkoston vanhimmat linjaosuudet on rakennettu 1950-luvulla. Kuva 24 esittää jätevesiviemäriverkoston periaatteellisia rakentamismääriä vuosien 1950–1990 välisenä aikana Porvoossa. Kuvassa on esitetty ainoastaan runkoviemäriverkostot niiltä osin kuin verkoston rakentamisvuosi on verkkotietoaineiston perusteella saatavissa. Kuva esittää ainoastaan runkojohtoja. Tonttijohtoja ei ole putkimäärissä huomioitu. Kuvasta huomataan, että jätevesiviemäriverkostojen rakentaminen on vilkastunut 1960-luvun puolivälissä ja ollut runsainta 1970-luvun alkuvuosina.

Kuvan 24 putkimäärät ovat kuitenkin suuntaa-antavia, koska kokonaisuudessaan noin 36 %:sta viemäriverkostoa puuttuu rakentamisvuoden tiedot verkkotietojärjestelmästä. Tämä on noin 80 000 m viemäriverkostoa. Kyseisten putkien rakentamisvuoden tiedoilta saattaisi olla huomattava vaikutus kuvassa 24 esitettyihin rakentamismääriin.



Kuva 24. Viemäriverkoston suuntaa-antavat rakentamismäärät Porvoossa vuosien 1950–1990 välisenä aikana sekä kokonaispituus siitä verkostosta, jonka rakennusvuoden tiedot ovat puutteellisia. Tiedot perustuvat verkkotietoaaineistoon.

Kuva 25 esittää vuosien 1950–1990 välisenä aikana rakennetun jätevesiviemäriverkoston runkoverkon putkimateriaaleja Porvoossa. Kuvan 25 tiedot ovat suuntaa-antavia. Putkimateriaalien jaottelu perustuu rakennusvuoteen, joten niiden putkiosuukien, joiden rakennusvuosi ei ole tiedossa, putkimateriaalia ei ole voitu huomioida. Kuvassa ei ole huomioitu talojohtojen materiaaleja. 1970-luvun alkuun saakka jätevesiviemärien putkimateriaalina on pääsääntöisesti ollut betoni. 1970-luvun alkuvuosina muovimateriaalien käyttö on Porvoossa kasvanut huomattavasti, ja kyseisinä vuosina viemäriverkoston rakentaminen on muutoinkin ollut runsasta. Vuonna 1974 Porvoossa muoviputkien käyttö viemärirakentamisessa syrjäytti betoniputkien käytön. Vuodesta 1975 alkaen betoniputkien käyttö jätevesiviemäriinjoissa on rajoittunut suurten (> 500 mm) viemäriinjojen rakentamiseen sekä yksittäisiin viemäriinjoin.



Kuva 25. Putkimateriaali niille putkille, joille on tiedossa sekä rakennusvuosi että putkimateriaali vuosien 1950–1990 välisenä aikana rakennetuissa viemäriverkostoissa.

Jätevesiviemäreiden saneeraustarve tulee Porvoossa lisääntymään 2020-luvulle mentäessä, jolloin putkien 50 vuoden teoreettisen käyttöiän perusteella voidaan olettaa saneeraustarpeen kasvavan. Vuonna 2015 verkostosaneerauksia toteutettiin Porvoossa yhteensä noin 4,3 km, josta jäteveden viettoviemäreiden saneerausten osuus oli noin 2 km. Tämä tarkoittaa viettoviemäreiden osalta noin 1 % kokonaisverkostopituudesta, ja kyseinen saneeraustahti edellyttää viemäreiltä 100 vuoden kestoikää. (R. Kuronen & P. Ekstam 18.2.2016.)

Yleensä Porvoossa saneeraus päätökseen johtaa huonokuntoinen vesijohto tai tarve hulevesiviemärin rakentamiselle, ei niinkään yksin jätevesiviemärin saneeraustarve. Harvemmin saneeraus päätös johtuu yksinomaan jätevesiviemärin saneeraustarpeesta. Kuntatekniikan ilmoittama tarve kadun rakentamiselle määrittää myös usein vesihuollon saneerauskohteet. Jos jokin rinnakkaisista johdoista vaatii saneerausta, saneerataan kaikki johdot samalla kertaa. Saneeraustapa määritetään aina tapauskohtaisesti. Saneerauksia tehdään Porvoossa kaivamalla, mutta myös erilaisia kaivamattomia saneeraustekniikoita, kuten sukkasujutusta, muotoputkisujutusta, pätkasujutusta ja pitkasujutusta on ollut käytössä viemäreiden saneerauksissa viimeisen 10–15 vuoden ajan. Viime vuosina menetelmä saneerauksista erityisesti sukkasujutusta on tehty Porvoossa paljon. Porvoossa viemäriverkosto ei ole ylimitoitettu, joten saneeraukset tehdään yleensä putkikoko pienentämättä. (R. Kuronen & P. Ekstam 18.2.2016.)

Porvoossa käytetään viemäreiden kuntotutkimuksen menetelmänä pääosin viemärikuvausta. Savukokeita käytetään myös jonkin verran erityisesti verkoston vuotokohtien selvityksissä. Myös veden laatuun perustuvilla mittauksilla selvitetään vuotovesien määrää. Verkosto on jaoteltu pääjohtoihin ja kokoojajohtoihin, mutta erityistä riskiperusteista luokitusta ei Porvoon jätevesiviemäriverkostolle ole laadittu. Saneerauskohtien valinta perustuu kuntotutkimuksiin sekä toistuvasti ilmeneviin toiminnan häiriöihin. Valintaan vaikuttaa myös putkilyn ikä sekä putkimateriaali. (R. Kuronen & P. Ekstam 18.2.2016.)

Porvoon kaupungin ympäristönsuojelutarkastaja Arto Lankisen mukaan (Lankinen 2016) Porvoossa sijaitsee huonokuntoisia jätevesiviemäreitä sekä sekavesiviemäreitä. Jätevesiviemäriverkostoon pääsevät vuotovedet ja hulevedet heikentävät Hermanninsaaressa keskuspuhdistamon ja Hinthaaran puhdistamon toimintaa, erityisesti keväisin lumien sulamisaikaan. Huonontunut puhdistustulos heikentää hieman puhdistamoiden purkuvesistöjen (Svartbäckinselkä, Mustijoki) vedenlaatua ja aiheuttaa ylimääräisiä kustannuksia.

7.3 Verkoston merkittävimpien riskikohteiden määrittäminen

Seuraavissa kappaleissa on Sphinx-ohjelmiston avulla selvitetty Porvoon veden jätevesiviemäreiden rakennetta ja johtojen sijaintia sekä niiden aiheuttamia riskejä. Samalla on tutustuttu käytännössä ohjelmiston toimivuuteen riskianalyysin aputyökaluna. Sphinx-ohjelmiston paikkatietoanalyysien avulla tarkasteltiin ensin yksinomaan Porvoon veden viemäriverkostoa valiten sieltä ominaisuuksia, kuten eri vuosikymmeninä rakennettuja verkosto-osuuksia ja putkimateriaaleja, jotka ovat verkoston kriittisyyden ja toiminnan kannalta merkittäviä. Verkoston ominaisuuksien tarkastelun perusteella pyrittiin arvioimaan ja valitsemaan niitä johto-osuuksia, joissa ilmenevän häiriön todennäköisyys olisi kaikkein suurin. Tarkastelu jouduttiin laatimaan verkoston ominaisuuksien perusteella, koska verkoston kuntotietoja ja erityisesti jo ilmenneiden häiriöiden tietoja ei ollut tarkastelua varten riittävästi käytettävissä.

Tarkastelu aloitettiin valitsemalla koko viemäriverkostosta ensiksi tiedossa olevat heikoimmat putkimateriaalit ja verkoston vanhimmat osat, joihin tulisi ensisijaisesti kohdentaa kuntotutkimuksia. Samalla tavoin käytiin läpi koko Porvoon viemäriverkoston ominaisuudet häiriön ilmenemisen kannalta kriittisimmistä osuuksista vähiten kriittisiin osuuksiin valiten tiedot aina Sphinx-ohjelmassa omalle tasolleen. Verkoston ominaisuuksien läpikäynnin jälkeen tiedot tuotiin Sphinx-ohjelmasta ulos ArcMap-paikkatieto-ohjelmistoon kriittisyysluokittelun laadintaa varten.

Verkoston ominaisuuksien tarkastelun jälkeen laadittiin paikkatietoanalyysi verkoston sijainnin perusteella, kuitenkin huomioiden myös verkoston ominaisuudet. Sphinxin avulla valittiin verkosto-osuuksia, joissa sijainti arvioitiin kriittiseksi ja joissa ilmenevä jätevesipäästö saattaisi tapahtuessaan aiheuttaa haittaa alueen eliöstölle, monimuotoisuudelle, ihmisten terveydelle tai kulttuuriperinnölle. Näitä kriittisiä sijainteja ovat luonnonsuojelualueet, pohjavesialueet, vesistöt, rautatiet, suurimmat katu- ja tielinjat, uimarannat, maanalaiset tilat ja Museoviraston kulttuuriympäristörekisterin muinaisjäänköhteet. Myös sijainnin kannalta kriittiset johto-osuudet tuotiin ohjelmasta ulos ArcMap-ohjelmistoon. ArcMap-ohjelmiston avulla koottiin Sphinx-ohjelmistosta tuoduista tiedostoista Porvoon veden viemäriverkostolle kuntotutkimusohjelma, jossa verkosto on jaettu kriittisyysluokituksiin ja niihin perustuviin, vuosittain toteutettaviin kuntotutkimuksiin. Sphinx-ohjelmiston lisäksi tarkastelussa on ollut työkaluna myös Porvoon veden verkkotietojärjestelmä KeyAqua, jolla on täydennetty Sphinx-ohjelmiston avulla tehtyjä tarkasteluja. Esille nousseet Sphinx-ohjelmiston kehitysehdotukset on esitetty myöhemmissä kappaleissa.

Sphinx-ohjelmistolla tehdyn paikkatietoanalyysin aikana esille nousseita Porvoon veden viemäriverkoston erityispiirteitä on koottu lyhyesti taulukkoon 14. Taulukkoon on sisällytetty myös kaukolämpö- ja kaasujohtoja koskevat selvitykset huomioitavaksi erityisesti viemärien saneeraushankkeiden yhteydessä.

Taulukko 14. Porvoon veden viemäriverkoston erityispiirteitä viemäriverkoston kriittisyyden määrittämistä varten.

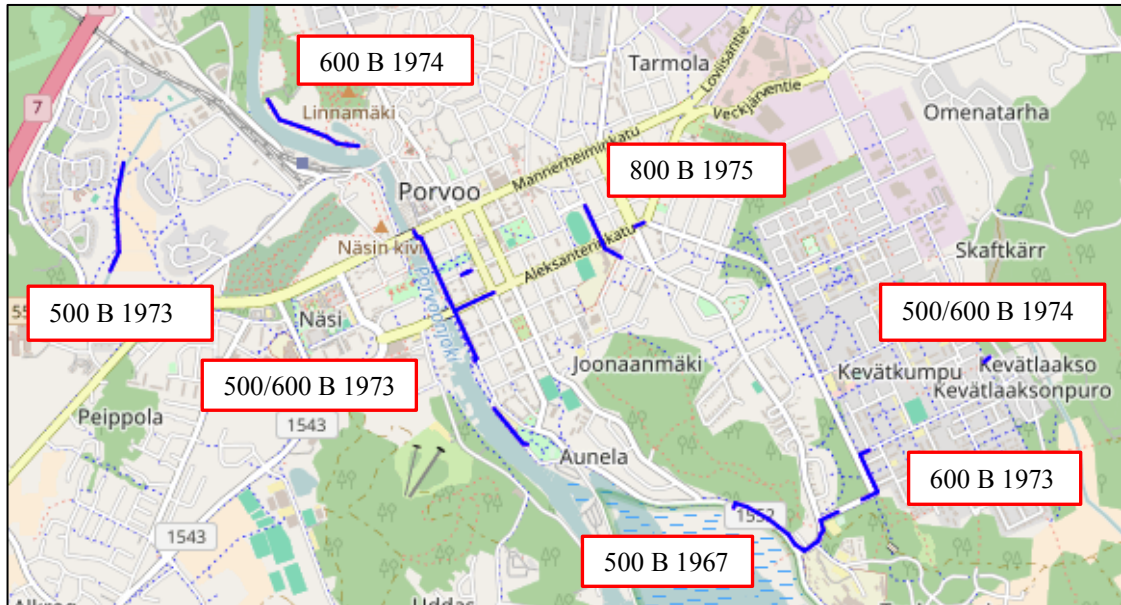
Viemäriverkoston rakennusvuodet ja materiaali-jakauma	Ennen vuotta 1950 rakennettuja runkoviemärijohtoja ei Porvoossa ole. 1950-luvulla ja 1960-luvun alkuvuosina rakennetusta viemäriverkostosta sijaitsee valtaosa Porvoon keskusta-alueella Pappilammässä sekä muutamia johto-osuuksia muualla verkostossa. Valtaosa näistä linjoista on rakennettu betonista, ja putkien halkaisija on 200–400 mm. Kyseisten johtojen iän perusteella niiden kunnan tutkiminen on perusteltua.
	1960-luvun puolivälin ja 1980-luvun lopun välisenä aikana on rakennettu valtaosa viettoviemäriverkostosta. Muutamia suuria runkoviemäriinjoja lukuun ottamatta pääosa tästä verkostosta on halkaisijaltaan alle 400 mm. Putkimateriaalina on käytetty runsaasti sekä betonia että muovia. Kyseisistä johdoista vanhimmat ja betoniset johdot ovat kriittisyydeltään muita johtoja tärkeämpiä, ja niiden kunto tulee tutkia ensin.
	Putkihalkaisijaltaan suurimmista viettoviemäriinjoista (500–800 mm:n betoniviemärit) on valtaosa rakennettu 1960-luvun lopulla ja 1970-luvulla (kuva 26). Porvoon keskustan alueella sijaitsee myös 1970-luvun lopulla rakennettu, halkaisijaltaan 600 mm oleva betoninen viettoviemäri. Putkikooltaan suurimmat paineviemärit sijaitsevat meren pohjassa. Ne on rakennettu vuoden 2000 jälkeen. Verkoston suurimmissa putkissa tapahtuvan häiriön seuraukset saattavat olla vakavia, joten kyseisten putkien kunnan tutkiminen on tärkeää.
	Porvoon viettoviemäriverkoston rakentaminen on kokonaisuudessaan ollut runsasta 1960-luvun puolivälistä aina 2000-luvun puolelle saakka. 2000-luvun puolella rakentaminen on keskittynyt pääosin haja-asutusalueelta puhdistamolle johtavien paineviemäreiden rakentamiseen. 1990-luvun jälkeen rakennettujen verkostojen kunnan selvittäminen iän perusteella ei ole kriittistä.
Porvoon veden edustajien (R. Kuronen & P. Ekstam 18.2.2016) kertoman mukaan Porvoossa on valmistettu ja asennettu omana työnä halkaisijaltaan 200 mm:n betoniputkea. Kyseisiä betoniputkia on käytössä Pappilammässä sekä joitakin yksittäisiä linjoja myös muualla viemäriverkostossa. Kyseiset johdot ovat huonokuntoisia, joten niiden kriittisyys on suuri ja niiden kunto tulee varmistaa.	

	Rakentamisvuosien lisäksi Sphinx-ohjelmistolla tarkasteltiin myös kaikki käytössä olleet putkimaateriaalit. Asbestisementistä, lasitetusta savesta, okrasta, ruukkuputkesta ja valuraudasta on verkkoaineiston mukaan rakennettu talojohtoja, ei runkolinjoja. Muutamissa teiden alituksissa on käytetty rauta-, teräs-, valurauta- ja spiro-putkea virtausputken suojaputkena.
Luonnon-suojelualueet,-kohteet ja Natura 2000-alueet	Porvoon keskustan tuntumaan sijoittuu Porvoonjoen suisto - Stensböle Natura 2000 -alue (kuva 27). Porvoonjoen suisto – Stensbölen Natura-alueella sijaitsee Porvoon veden jätevesiviemäreitä Linnanmäen harjualueella (kuva 27) sekä etelässä Ruskiksen kosteikkoalueella. Näiden johtojen kunto on hyvä varmistaa kuntotutkimusten avulla. Porvoon keskustataajaman pohjoispuolella sijaitsee lisäksi Porvoonjokilaakson luonnonsuojeluohjelman alue. Kyseisellä alueella sijaitsee runsaasti sekä viettoviemäri- (1980–1990-luvuilta) että paineviemäriverkostoa (2000-luvulta).
	Porvoon kaupungin ympäristönsuojelutarkastaja Arto Lankisen mukaan (Lankinen 2016) Porvoon veden jätevesiviemäriverkoston alueella on harvassa luontokohteita, joiden arvoa jätevesipäästöt merkittävästi heikentäisivät. Tällaisia kohteita Lankinen mainitsee olevan kooltaan pienet järvet sekä purot, joihin on istutettu taimenta, jonka menestymistä jätevesipäästö uhkaisi. Jätevesipäästöillä on tietysti merkitystä myös muiden vesieliöiden menestymiselle.
	Porvoon veden jätevesiviemäriverkostot ja jätevedenpumppaamot sijaitsevat Lankisen (2016) mukaan siten, että rikkoutumisesta syntyneet jätevesivirtaamat valuvat pääosin isompiin jokiin tai mereen, jolloin päästöt laimenevat, eikä pieniin puroihin kohdistuvia haittoja pääse syntymään. Vuototilanteessa täten negatiivisimmat vaikutukset kohdistuvat ennemminkin veden hygieenisen laadun heikentymiseen ja edelleen virkistyskäytön vähentymiseen.
Rautatiet	Porvoon jätevesiviemäriverkosto alittaa Porvoon keskustaan johtavan rautatielinjan kolmessa kohdassa: kerran Hinthaarassa ja kahdesti Hornhattulassa. Kaikissa alituskohdissa on kyseessä viettoviemäri, putkikoko vaihtelee 160–400 mm:n välillä ja materiaalina on muovi. Kaksi alituksesta on tehty 1980-luvulla ja kolmas 2010-luvulla. Alitukset eivät ole suojaputkessa. Kaikkien näiden viemäreiden kunto tulee tutkia kuvauksen avulla, myös uusimman alituksen sen kunnan seurantaan varten.
Kaasujohdot	Aurora kaasunjakelu Oy:llä on Porvoon alueella halkaisijaltaan suurimmillaan 200 mm:n kaasujohtoja. Kaikki kaasuverkostot on rakennettu 2000-luvulla. (Lindholm 2016.) Lisäksi myös Porvoon Energia Oy:llä on Porvoon alueella maakaasuverkostoa, joka on rakennettu 1990–2000. Verkoston halkaisija on suurimmillaan 160 mm. (O. Tillander 2.5.2016.)
Suurimmat katu- ja tielinjat	Porvoon viemäriverkoston toiminta-alueella sijaitsee useita merkittäviä katu- ja tielinjoja, joiden alla sijaitsee viemäri- ja tielinjoja. Merkittävimpiä näistä esittää kuva 29. Kuvassa 29 esitetyissä linjoissa on suojaputket sijoitettu Mäntsäläntien alitukseen (1), Valtatie 7:n alitukseen (3) ja Aleksanterinkadun joen länsipuolella sijaitsevaan alitukseen (6). Kolmessa Valtatie 7:n alituskohdassa (2, 4, 5) Valtatien alittava paineviemäri ei ole suojaputkessa. Suojaputkea ei ole myöskään Helsingintien alittavassa paineviemäri- (7). Mannerheiminkadun alituksia (8) ei ole varustettu suojaputkilla. Lisäksi Veckjärventien katualueella (9) sijaitsee halkaisijaltaan 400 mm:n betoniviemäri, joka ei sijaitse suojaputkessa. Kaikki nämä johdot on huomioitu kuntotutkimusohjelmassa.
Pohjavesialueet	Porvoon kaupungin vesihuoltosuunnittelussa on Lankisen (2016) mukaan ollut keskeisenä tavoitteena pohjavesialueella sijaitsevien rakennusten liittäminen kunnalliseen viemäriverkkoon, jotta jätevedet saadaan johdettua pois tärkeiltä pohjavesialueilta. Toisaalta kuitenkin jätevesien kerääminen erilliskäyttöistöltä yhtenäiseen suurempaan viemärintäjäjestelmään muodostaa riskin pohjavedelle putkirikon tai pumppaamon toimintahäiriön yhteydessä, jos häiriötä ei havaita ja saada hallintaan nopeasti.
	Pohjavesialueilla sijaitsevia rakennuksia on suurelta osin liitetty Porvoon veden viemäriverkoston, esimerkiksi Sannaisissa, Saksalassa, Jernbölessä, Suomenkylässä ja Kerkkoossa (kuva 28). Saksalan, Ilolan, Sannaisten ja Yliken taajamien kohdalla sijaitsevat viemäriverkostot ovat pääsääntöisesti paineviemäriverkostoja, jotka on rakennettu noin kymmenen viime vuoden aikana. Peippolan ja Suomenkylän verkostojen tiedot ovat rakennusvuoden suhteen osittain puutteellisia, mutta kyseiset muoviset verkostot on oletettavasti rakennettu 1980- ja 1990-luvuilla. Pohjavesialueella sijaitsevista johdoista riskialttiimpina voidaan pitää Peippolassa ja Jernbölessä sijaitsevia johto-osuuksia, joista osa on rakennettu 1960-luvulla betonista. Nämä ovat kriittisyysluokaltaan merkittäviä, ja niiden kunto tulee tutkia.
Vesistöt	Pääosin merenalaiset paineviemärit on rakennettu muovista vuoden 1990-jälkeen muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta. Vesistön pohjassa sijaitsevasta paineviemäriverkosta vanhimpia ovat 1970-luvulla rakennetut verkostot, joita ovat Tolkkisista Hermanninsaareen johtava paineviemäri, Porvoonjoen alittava paineviemäri Porvoonjoen suulla sekä Porvoonjoen alittava toinen paineviemäri pohjoisempana. Lisäksi Haikkoon ja Hamarin itäpuolella meren pohjassa kulkevasta paineviemäristä puuttuvat rakennusvuoden tiedot. Halkaisijaltaan paineviemärit ovat 250–400 mm. Meren- ja Porvoonjoen lisäksi huomioitiin myös järvet. Porvoon keskustan itäpuolisen Veckjärven rannan välittömässä läheisyydessä sijaitsee viemäriverkostoa. Muilta osin viemäriverkostoa ei sijaitse järvien tuntumassa tai järvien pohjassa.

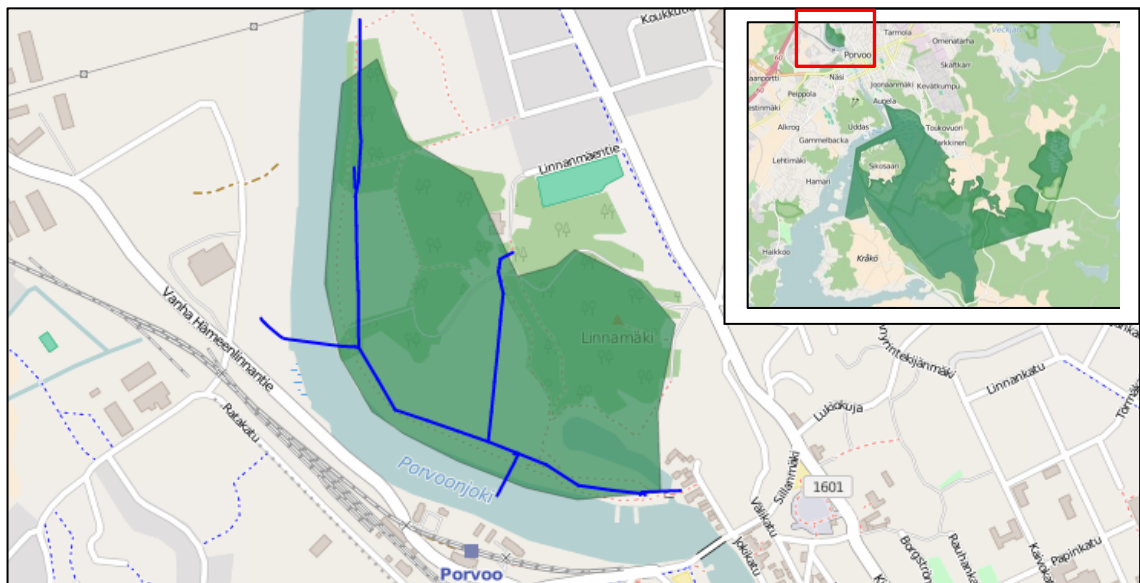
Uimarannat	Tarkastelussa huomioitiin Porvoon Emäsalon, Hasselholman, Köttbodan, Lindvikin, Sondbyn (I ja II), Tervajärven, Venjärven ja Virvikin uimarannat sekä Kokkonniemen maauimala. Uimarannoista Emäsalon, Lindvikin ja Virvikin sekä Kokkonniemen maauimalan läheisyydessä on rakennettua viemäriverkostoa. Uimarantojen läheisyydessä olevat viemäriverkostot ovat halkaisijaltaan pieniä paineviemäreitä, jotka sijaitsevat osittain meren pohjassa ja jotka on rakennettu 2000-luvun aikana. Maauimalan läheisyydessä on viettoviemäriverkostoa, joka johtaa läheiselle rakennukselle. Uimarantojen läheisyydessä sijaitsevat viemärijohdot eivät ole kriittisiä.
Kaukolämpöjohdot	Porvoon kaupungin kaukolämpöverkoston omistaa ja verkostoa hallinnoi Porvoon Energia Oy. Porvoon vanhimmat kaukolämpölinjat on rakennettu 1970-luvun lopulla ja 1980-luvun alussa. Ne sijaitsevat Kevätkummun, Gammelbackan ja Ernestasin kaupunginosissa. Osa vanhimmasta verkostosta on saneerattu, mutta osittain vanhaa verkostoa on vielä käytössä. (O. Tillander 2.5.2016.)
Maanalaiset tilat	Tarkastellut maanalaiset tilat rajattiin koskemaan ainoastaan suurimpia tiloja, kuten paikoitushalleja. Porvoon keskustan suurimmat maanalaiset paikoitustilat sijaitsevat kaikki Mannerheiminkatuun, Runeberginkatuun, Raatihuoneenkatuun ja Rauhankatuun rajautuvalla alueella. Keskusta-alueen lounaispuolella sijaitsevassa Taidetehtaassa on myös maanalaisia paikoitustiloja. Maanalaisten tilojen sijainti perustuu kaupungin rakennusvalvonnan arkistossa oleviin suunnitelmiin. Maanalaisten tilojen alla ei sijaitse viemäriverkostoa. Lähimmät viemäriverkostot sijaitsevat rakennusten välisillä katualueilla. Suurimmat maanalaisia tiloja lähinnä olevat viemäriinjohtajat ovat Mannerheiminkadulla sijaitseva, vuonna 1976 rakennettu muovinen 400 mm:n viettoviemäri ja Raatihuoneenkadulla sijaitseva, vuonna 1972 rakennettu betoninen 400 mm:n jätevesiviemäri.
Muinaisjäännöskohteet	Museoviraston kulttuuriympäristörekisterin mukaan erityisesti vanhan Porvoon alueella sijaitsee suojelukohteita, jotka ovat arkeologisesti merkittäviä. Suojelukohteiden alueella sijaitsee viemäriverkostoa. Kyseiset alueet ovat vesihuoltosaneerauksen kannalta haastavia, koska ne tulisi pyrkiä rauhoittamaan rakentamiselta ja aukikaivulta. Sijainti suojelualueella ei itsessään ole peruste viemäriverkoston saneeraukselle vaan tekijä, joka tulee saneerauksen toteutuksessa huomioida. Suojelualueiden lisäksi Porvoossa on myös yksittäisiä suojelukohteita, jotka on merkitty rekisteriin.
Viemäriinjohtajien huuhtelukohteet	Porvoon vedellä on viemäriverkostossaan muutamia huuhtelukohteita. Huuhtelukohteilla tarkoitetaan kohteita, joissa viemäri ei ole itsepuhdistuva. Harju (2007) kertoo julkaisussaan, että viemäriinjohtajien toiminta ja sen kyky kuljettaa kiinteistä aineita riippuu sen virtaamasta ja kaltevuudesta. Harjun (2007) mukaan viemäriinjohtajien pyritään rakentamaan itsepuhdistuviksi, mikä tarkoittaa sitä, että viemäriinjohtajien putkissa virtaavalla vedellä on ajoittain niin suuri virtausnopeus, että putken pohjalle laskeutuneet partikkelit irtoavat virtauksen vaikutuksesta. Viemärikohteissa, joita joudutaan huuhtelemaan, ei itsepuhdistuvuus toteudu. Porvoon veden viemäriverkoston huuhtelukohteita ei ole tarkasteltu Sphinx-ohjelmiston avulla, mutta ne on huomioitu muutoin Porvoon veden kuntotutkimusohjelman laadinnassa muiden verkoston toiminnassa kirjattujen häiriöiden tavoin.

Muutamia verkoston erityiskohteita, jotka ovat kriittisyysluokituksen ja kuntotutkimusten kannalta keskeisiä, on lisäksi esitetty Sphinx-ohjelmistosta saatujen kuvakaappaus-ten avulla taulukon jälkeen (kuva 26–kuva 29).

Kuva 26 esittää osaa putkihalkaisijaltaan suurimmista verkoston osista. Kyseiset johdot ovat myös iältään melko vanhoja, joten niiden kunnon tutkiminen on perusteltua.



Kuva 26. 1960-luvun lopulla ja 1970-luvulla rakennetut betoniset viettoviemäriinlinjat, joiden halkaisija on 500–800 mm, on esitetty sinisellä korostettuina.

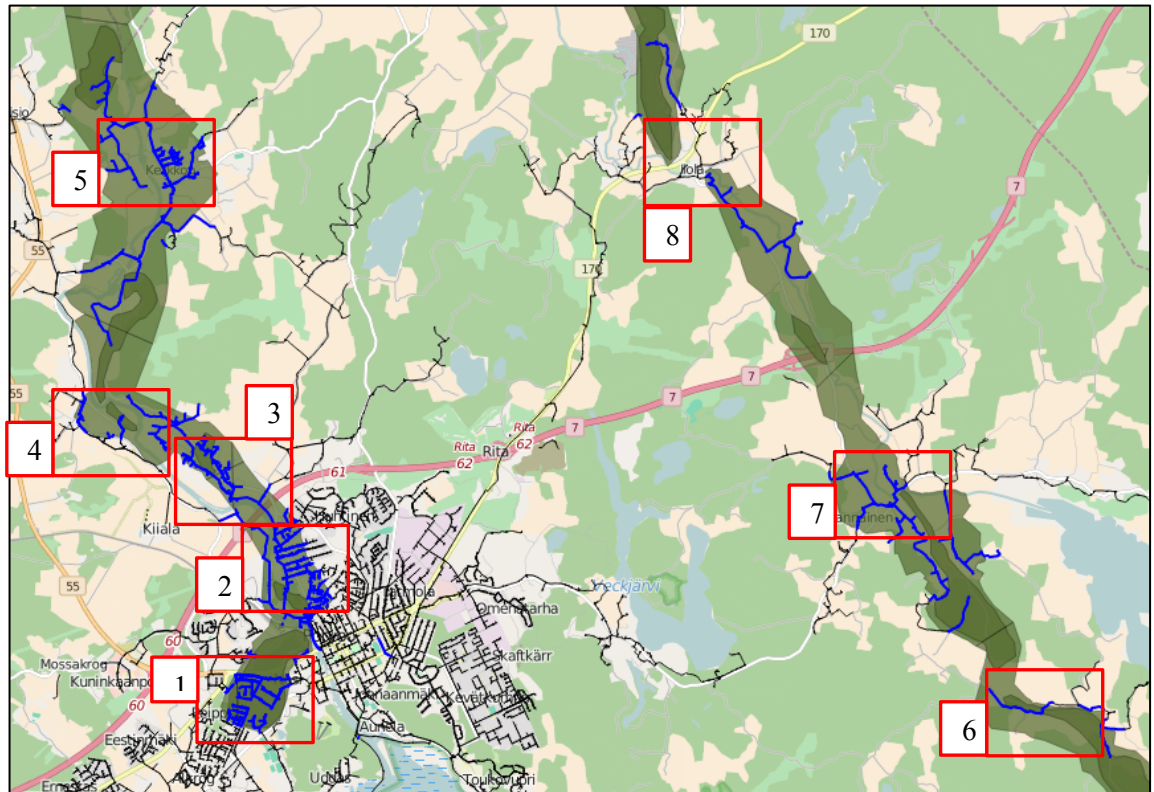


Kuva 27. Linnamäen harjualueen Natura 2000 -alue on esitetty vihreällä rasterilla, ja Sphinx-ohjelmiston kohdistamat alueella sijaitsevat jätevesiviemärit on korostettu sinisellä. Jätevesiviemäreiden halkaisija on 355–600 mm ja putkimateriaaleina betoni ja muovi. Verkostot on rakennettu 1970-luvun puolivälissä.

Kuva 28 esittää pohjavesialueilla sijaitsevia jätevesiviemäriinlinjoja. Tummanvihreällä rasteroinnilla on esitetty pohjavesialueet, joilla jätevesiviemäriverkostoa sijaitsee. Kaikki kyseiset pohjavesialueet ovat vedenhankinnan kannalta tärkeitä. Mustalla viivoituksella on esitetty Porvoon jätevesiviemäriverkosto, josta sinisellä korostettuina näkyvät ne putkiosuudet, jotka sijaitsevat pohjavesialueella.

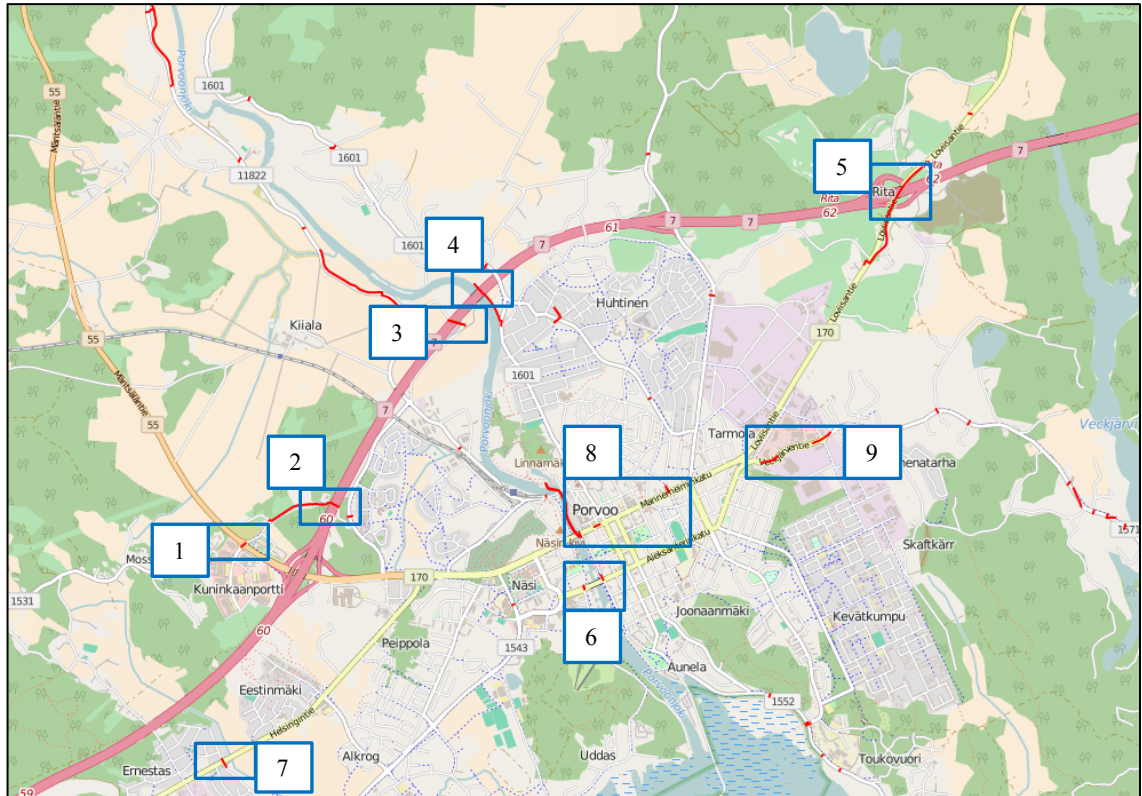
Porvoon keskusta on nähtävissä kuvan vasemmassa alareunassa. Keskustan tuntumassa on kaksi pohjois-eteläsuuntaista pitkänmallista pohjavesialuetta. Pohjavesialueista läntisempi rajautuu etelässä Peippolan kaupunginosaan (1). Keskustan pohjoispuolella pohjavesialueella sijaitsevat Jernböle (2), Suomenkylä (3), Saksala (4) sekä pohjoisimpana

viemäroitynä alueena Kerkkoo (5). Itäisemmälle pohjavesialueelle sijoittuvat Yliken (6), Sannaisten (7) ja Ilolan (8) viemäriverkostot.



Kuva 28. Pohjavesialueella sijaitsevat jätevesiviemärit on korostettu sinisellä.

Kuva 29 esittää numeroituina suurimpien katu- ja tielinjojen alittavia viemärijohtoja. Taulukossa 14 on kerrottu, sijaitsevatko viemärit alitusten kohdalla suojausputkessa.

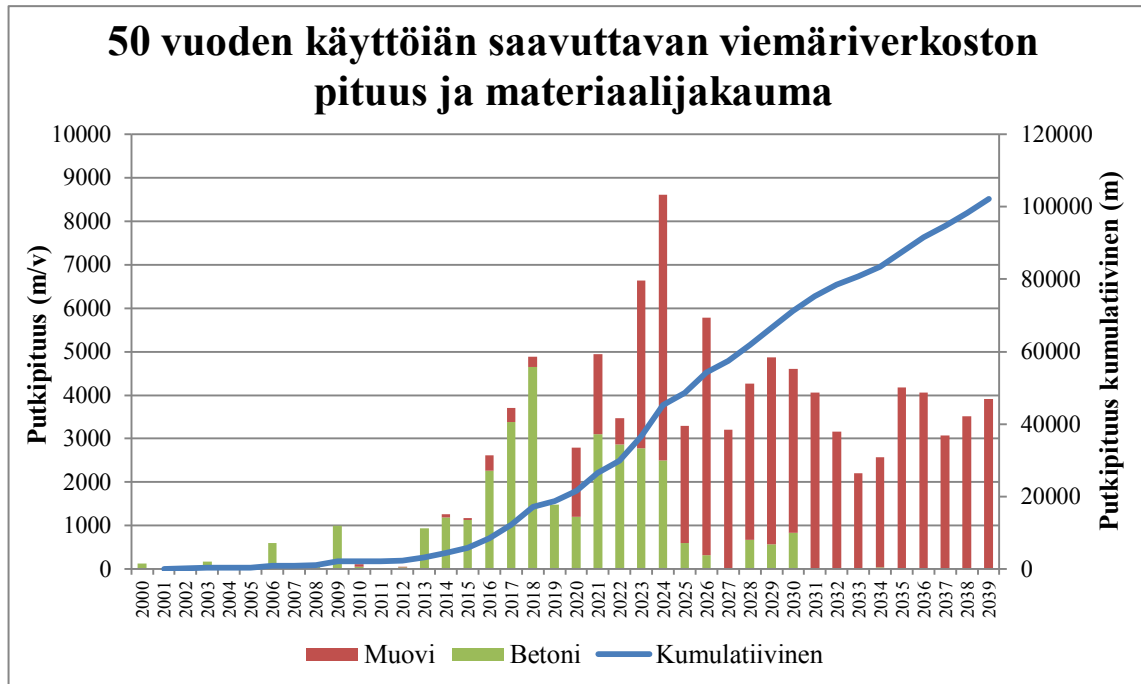


Kuva 29. Katu- ja tielinjojen alla olevat, halkaisijaltaan suurimmat viettoviemärin putkiosuudet sekä katu- ja tielinjojen alittavat paineviemärit.

8 Tutkimustulokset

8.1 Porvoon veden kuntotutkimusohjelma

Kuva 30 esittää tulevien vuosikymmenien aikana vuosikohtaisesti 50 vuoden käyttöiän saavuttavan viettoviemäriverkoston pituutta ja materiaali-jakaumaa Porvoossa. Kyseiset verkostot on siis rakennettu 1950–1980-luvuilla pääosin betonista ja muovista, ja tarkastelussa on huomioitu, että kyseisinä vuosina rakennettujen verkostojen teoreettinen käyttöikä on noin 50 vuotta. Todellinen käyttöikä kuitenkin vaihtelee. Kuvassa 30 esitetyt tiedot perustuvat verkkotietojärjestelmästä saatuihin verkoston rakentamisvuoden tietoihin, ja niistä puuttuvat ne verkostot, joiden rakentamisvuosi ei ole tiedossa (yhteensä noin 80 000 m). Nämä verkosto-osuudet saattavat todellisuudessa vaikuttaa kuvassa esitettyihin putkipituuksiin merkittävästi. Huomioitavaa on, ettei kaikki verkosto ole välttämättä saneeraustarpeessa vielä saavuttaessaan 50 vuoden käyttöiän, ja saneeraustarve tulee arvioida myös muihin tekijöihin kuin rakentamisvuoden tietoihin perustuen. Voidaan kuitenkin arvioida, että kun suuri verkostopituus saavuttaa teoreettisen käyttöikänsä päättymisen, on todennäköistä, että saneeraustarve kyseisissä verkoston osissa kasvaa. Erityisesti 2020-luvun puolivälissä 50 vuoden käyttöiän saavuttavan verkoston pituus on merkittävä. Kuva 30 liittyy työssä aiemmin esitettyyn kuvaan (kuva 24), joka esittää viemäriverkoston suunta-antavia rakentamismääriä Porvoossa vuosien 1950–1990 välisenä aikana. Kumulatiivinen käyrä kuvastaa periaatteellisesti vuosittain kertyvän saneerausvelan määrää, jos verkostoa ei saneerata lainkaan.



Kuva 30. Porvoossa tulevien vuosikymmenien aikana 50 vuoden käyttöiän saavuttavan verkoston pituus ja materiaalijakauma.

8.1.1 Kriittisyysluokitus

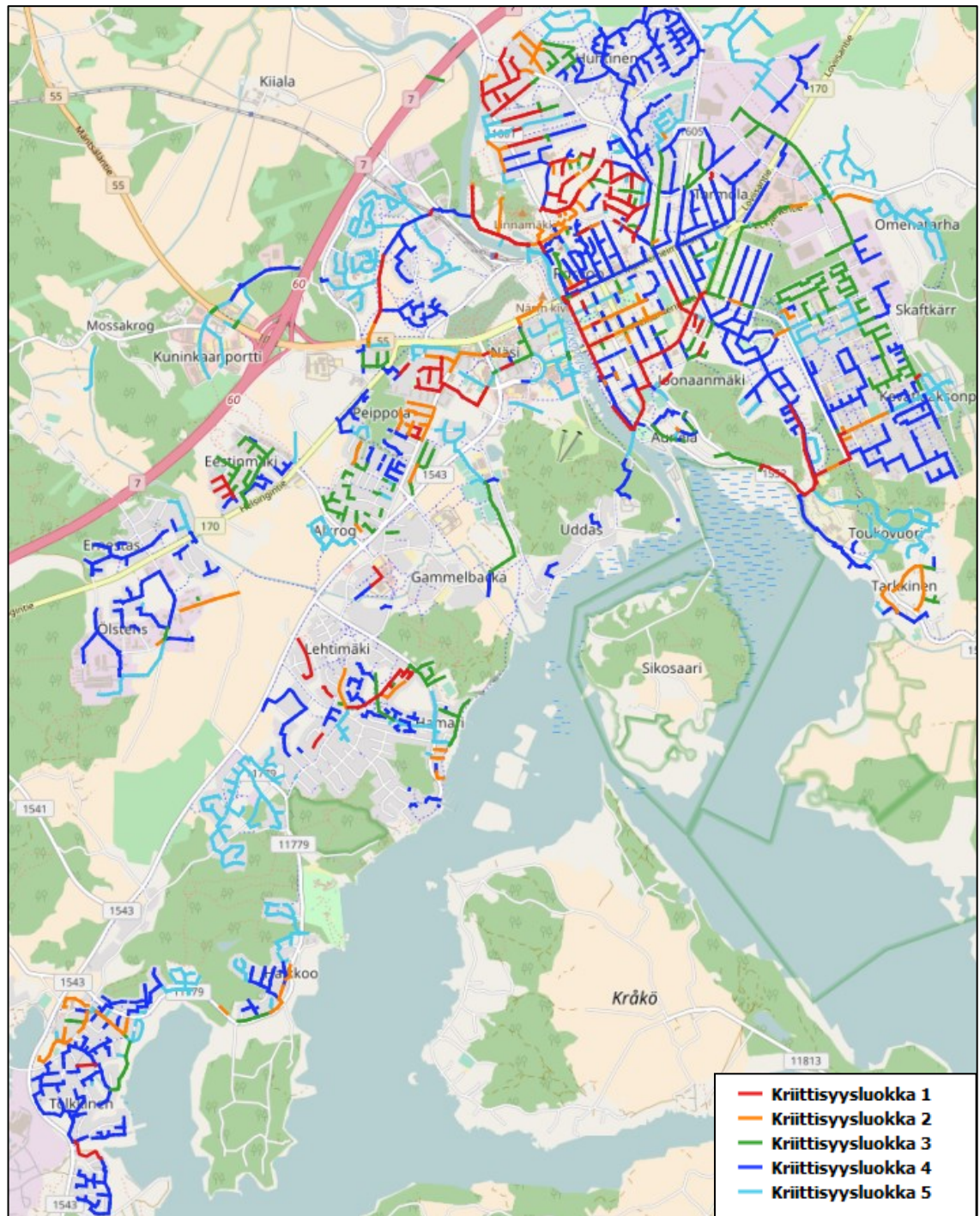
Seuraavissa kappaleissa on esitetty Sphinx-ohjelmiston avulla laadittu Porvoon veden kuntotutkimusohjelma aiemmissä kappaleissa käsiteltyjen Porvoon verkoston riskikohdeiden tarkastelun perusteella. Kuntotutkimusohjelmassa on ensin eritelty viettoviemäri- linjat kriittisyysluokkiin (luokat 1–5) perustuen linjassa ilmenevän häiriön todennäköisyyteen tai häiriön seurausten vakavuuteen. Johdot, joissa rakennusvuoteen, putkimateriaaliin, putken halkaisijaan sekä viemäri- linjan sijaintiin perustuen arvioidaan viemärisä ilmenevän häiriön todennäköisyyden olevan suurin tai häiriön seuraukset vakavimpia, on valittu kriittisyysluokkaan 1. Kriittisyysluokkaan 5 valitut johto- osuudet arvioidaan tällä hetkellä verkostosta vähiten kriittisiksi. Jotkin linjat täyttävät luokittelussa useita kriteereitä. Nämä linjat on sijoitettu kriittisyysluokkaan kriittisimmän tekijän mukaisesti. Lähtötietojen puutteesta johtuen kaikkia viemäri- linjoja ei ole voitu kriittisyysluokituksessa huomioida (puuttuvat rakennusvuoden tiedot yms.). Kriittisyysluokituksen mukaisesti viemäri- linjat on jaoteltu vuosittain kuntotutkittaviin johtoihin. Kriittisyysluokituksen ulkopuolelle jäävät johdot on kuitenkin huomioitu viemäri- kuvauksissa, jotta niiden kriittisyysluokka voidaan määrittää viemäri- kuvauksen jälkeen.

Kriittisyydestä puhuttaessa tarkoitetaan tietoa sekä häiriön todennäköisyydestä että seurausten vakavuudesta. Porvoon tapauksessa on ollut haastavaa määrittää häiriöiden ilmenemisen todennäköisyyksiä, koska verkoston kuntotietoja ei ollut kriittisyysluokituksen laadinnassa käytettävissä. Luokituksessa on huomioitu viemäri- verkoston huuhtelu- kohteet sekä verkkotietojärjestelmään johtokohtaisesti kirjatut häiriötiedot, mutta muilta osin verkoston nykyinen kunto ei ollut luokituksen laadinnan aikana tiedossa. Luokitus- ta ei ole siis voitu tehdä samanaikaisesti sekä perustuen häiriöiden todennäköisyyteen että seurausten vakavuuteen, ja tästä johtuen terminä kriittisyysluokitus ei ole tässä yhteydessä täysin oikea. Tavoitteena kuitenkin on, että tulevaisuudessa Porvoossa luoki- tusta päivitetään verkostosta saatujen kuntotietojen avulla, jotta luokitus huomioisi myöhemmissä vaiheissa sekä häiriöiden todennäköisyyden että seurausten vakavuuden.

Taulukko 15 esittää eri kriittisyysluokkiin valitut viettoviemärijohdot. Kuva 31 esittää yhteenvedoa Porvoon keskusta-alueen ja sen tuntumassa olevien viettoviemäriverkostojen kriittisyysluokituksesta, jossa eri kriittisyysluokkiin kuuluvat johdot on esitetty eri värityksellä. Jotkin haja-asutusalueella sijaitsevat johdot rajautuvat kuvan ulkopuolelle, mutta ne on kuitenkin luokituksessa huomioitu. Kriittisimmät johdot sijoittuvat pääosin Porvoon keskusta-alueen tuntumaan, jossa verkosto on iältään vanhinta, putkimateriaaliltaan pääosin betonia ja jossa johdot sijaitsevat pohjavesialueella. Kriittisyysluokitukseseen on valittu viisi erillistä luokkaa johtojen kriittisyyden hahmottumisen helpottamiseksi.

Taulukko 15. Viettoviemäriverkoston kriittisyysluokitus

Kriittisyysluokka 1	1950-luvulla tai 1960-luvun alkupuolella rakennetut viemäriinjat, jotka ovat verkoston vanhimpia.
	Merkittävimmät katu- ja tielinjojen alla sijaitsevat viettoviemärit, joiden putken halkaisija on 400 mm tai suurempi ja jotka ovat iältään vanhoja.
	Rautatien alittavat viemäriinjat.
	Halkaisijaltaan 600 mm oleva viemäriinja, joka on rakennettu vuosina 1978–1980.
	Halkaisijaltaan 500–800 mm olevat betoniset viemäriinjat, jotka on rakennettu vuosina 1964–1977.
	Ennen vuotta 1977 rakennetut betoniset viemäriputket, jotka sijaitsevat pohjavesialueella.
	Huuhtelukohteet, jotka edellyttävät viikoittaisia kunnossapitotoimia.
Kriittisyysluokka 2	Vuoden 1997 jälkeen rakennetut betoniset viemäriinjat, jotka sijaitsevat pohjavesialueella.
	Huuhtelukohteet, jotka edellyttävät kuukausittaisia kunnossapitotoimia.
	Pohjavesialueella sijaitsevat muoviset viemäriinjat, joissa on betonisia tarkastuskaivoja tai joiden tarkastuskaivojen materiaali ei ole tiedossa.
	Viemäriinjat, joissa on ilmennyt useita toiminnan häiriöitä.
	Viemäriinjat, joiden läheisyydessä sijaitsevassa vesijohdossa on havaittu useita toiminnan häiriöitä.
	1970-luvun alussa rakennetut betoniset viemäriinjat, jotka materiaalin valmistajan mukaan ovat laadultaan huonoimpia.
Kriittisyysluokka 3	Halkaisijaltaan 200 mm olevat betoniviemärit, jotka Porvoon kunnossapidossa on todettu huonolaatuisiksi.
	1960-luvun puolivälissä ja 1960-luvun lopulla rakennetut betoniset viemärit.
	Suurimpien tielinjojen alla sijaitsevat viettoviemärit, joiden halkaisija on pienempi 400 mm.
	1960-luvulla ja 1970-luvun alussa rakennetut muoviviemärit, jotka materiaalivalmistajan mukaan ovat muoviputkista huonolaatuisimpia.
	1980-luvulla pohjavesialueella rakennetut viemärit.
Kriittisyysluokka 4	Viettoviemärit, joiden putkimateriaalina on ruukku.
	1970-luvun lopulla ja 1980-luvulla rakennetut muoviset viemärit.
	1990-luvulla rakennetut muoviset viemärit, jotka sijaitsevat pohjavesialueella.
	1990-luvulla rakennetut viemäriverkostot, jotka eivät kuulu aiempien kriittisyysluokkien mukaisiin kriteereihin.
Kriittisyysluokka 5	Vuoden 2000 jälkeen rakennetut viettoviemäriinjat.



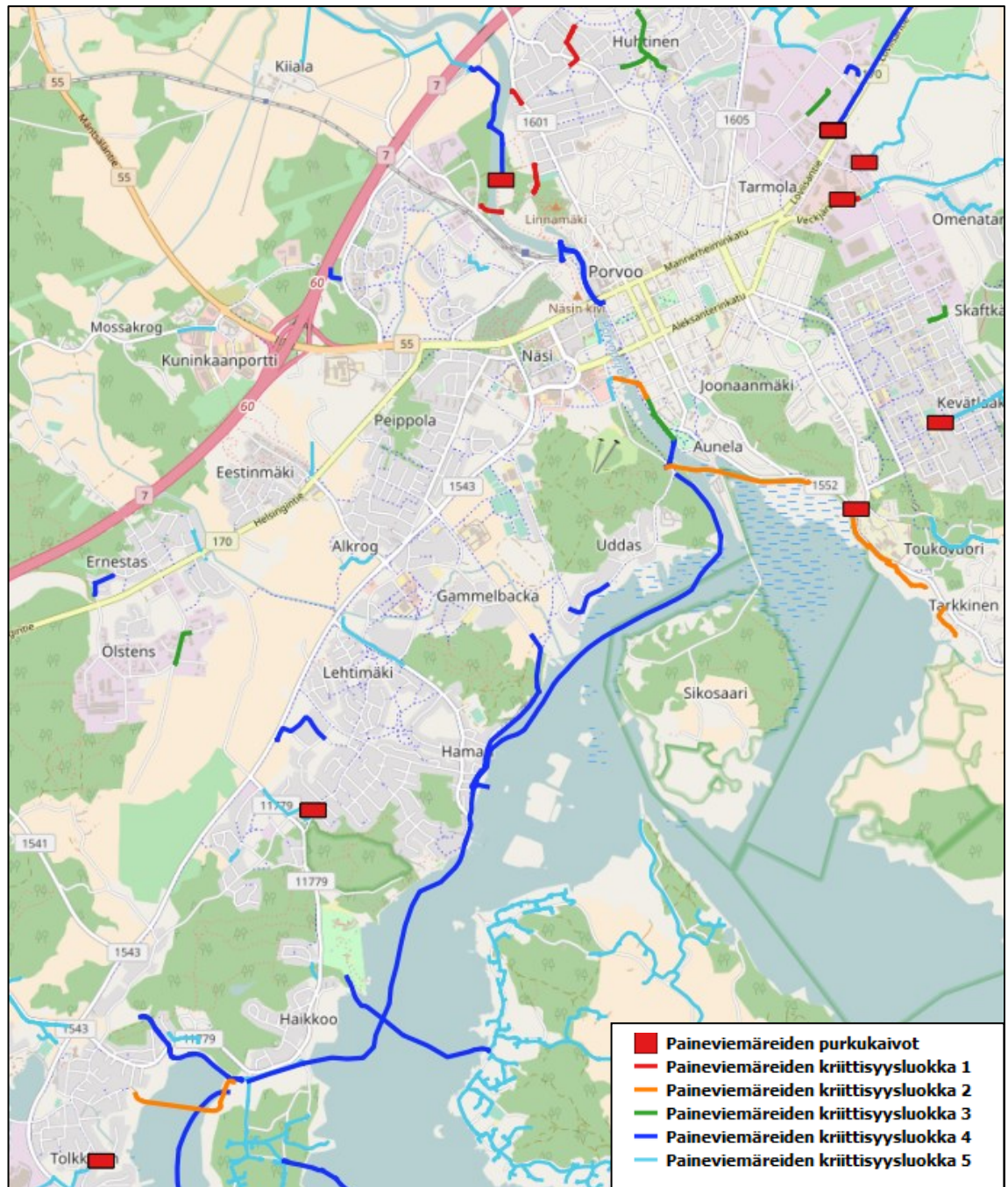
Kuva 31. Porvoon keskustan ja keskusta-alueen tuntumassa olevien viettoviemäreiden kriittisyysluokitukset eri värityksellä esitettyinä. Kuvasta puuttuvat muutamien haja-asutusalueiden viettoviemärien kriittisyysluokitukset, jotka ovat kuitenkin mukana luokituksessa.

Yllä esitetystä kriittisyysluokituksen jaottelusta on huomioitu ainoastaan viettoviemärit. Paineviemäreiden luokitus on tehty erikseen, koska niiden kuntoa ei ole yhtä helppoa selvittää kuvauksilla. Yleisesti paineviemäriin huonoa kuntoa ilmentävät linjassa esiintyvät toistuvat tukokset tai vuodot. Paineviemäriverkoston kriittisyysluokituksessa on huomioitu myös paineviemäreiden purkukaivot. Erityisesti betoniset purkukaivot ovat riskialttiina pitkissä paineviemäreissä syntyvälle rikkivedylle, joka saattaa aiheuttaa betoniin syöpymää. Paineviemäreiden kriittisyysluokitusta esittävät taulukko 16 ja kuva 32.

Taulukko 16. Paineviemäriverkoston kriittisyysluokitus

Kriittisyysluokka1	Paineviemäreiden purkukaivot.
	Suurten tielinjojen alla sijaitsevat painevisärit.
	Pohjavesialueella sijaitsevat painevisärit.
	1960-luvulla rakennettut painevisärit.
Kriittisyysluokka2	1970-luvulla meren ja Porvoonjoen pohjaan rakennettut painevisärit.
	1970-luvulla muualle rakennettut painevisärit.
Kriittisyysluokka3	1980-luvulla rakennettut painevisärit..
Kriittisyysluokka4	1990-luvulla rakennettut painevisärit.
	Vuoden 2000 jälkeen rakennettut painevisärit, jotka sijaitsevat meren tai Porvoonjoen pohjassa.
Kriittisyysluokka5	Vuoden 2000 jälkeen rakennettut painevisärit.

Kuva 32 esittää Porvoon keskusta-alueen ja sen tuntumassa olevien painevisäriverkostojen kriittisyysluokitusta, jossa eri kriittisyysluokkiin kuuluvat johto-osuudet on esitetty eri väriyksellä. Kriittisyysluokkaan 5 kuuluvat, 2000-luvulla rakennettut painevisäriilinjat jatkuvat pitkälle kuvan ulkopuolella sijaitseville haja-asutusalueille. Myös kriittisyysluokkaan 4 kuuluvia, meren pohjaan 2000-luvulla asennettuja johtoja sijaitsee kuvan ulkopuolella eteläisessä Porvoon saaristossa. Kuvan ulkopuolelle länteen rajautuu myös Hinthaaran asutusalue, jossa sijaitsee yksi 1990-luvulla rakennettu, kriittisyysluokkaa 4 kuuluva painevisäri. Myös painevisäreiden kriittisyysluokitus on laadittu paikkatietomuodossa Porvoon verkkotietojärjestelmää varten.

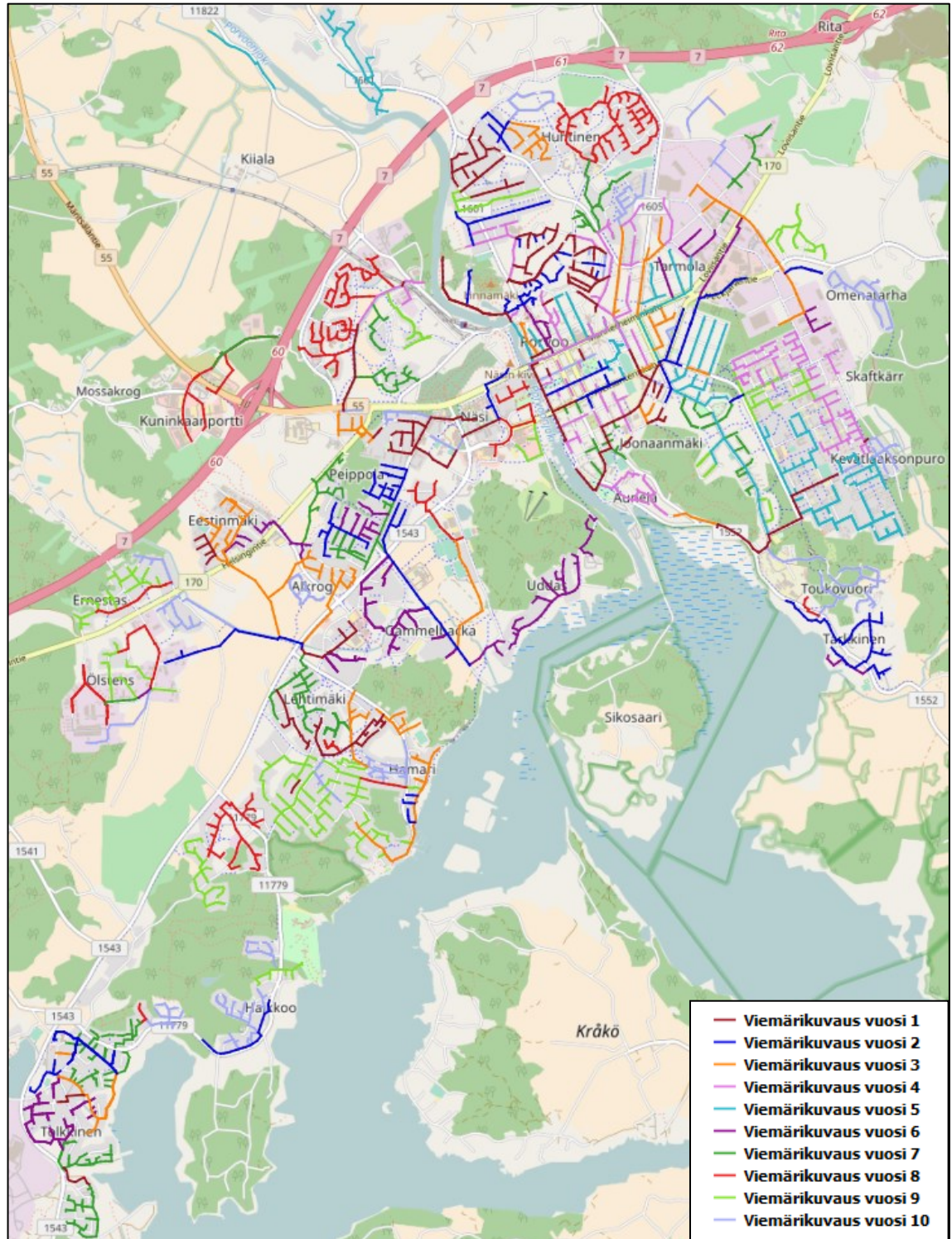


Kuva 32. Porvoon keskustan ja keskusta-alueen tuntumassa olevien painevismäreiden kriittisyysluokitus eri värityksellä esitettyinä.

8.1.2 Kuntotutkimusohjelma

Viettoviemäriverkoston kuntotutkimusohjelma perustuu verkoston kriittisyysluokittukseen, ja kuntotutkimusohjelmassa esitetään verkostoon vuosittain toteutettavat kuntotutkimukset. Reetta Kuronen (2016) Porvoon vedestä kertoo, että Porvoossa on tavoitteena aloittaa systemaattinen viemärikuvausten toteutus siten, että koko viemäriverkosto kuvattaisiin kertaalleen kymmenen vuoden aikana. Kuvattavan viettoviemäriverkoston kokonaispituutta varmisteltiin paikkatieto-ohjelmiston avulla. Verkosto rajattiin siten, että tarkastelusta jätettiin pois kaikki painevismärit sekä viettoviemäriosuudet, joiden halkaisija on pienempi kuin 150 mm eli talojohdot. Kuvattavan viemäriverkoston kokonaispituus on noin 216 km. Jotta jokainen putkiosuus tulisi kuvattua kymmenen vuoden aikana, tulisi vuodessa kuvata 21,6 km viemäriinjoja.

Kuntotutkimusohjelman laadinnan aikana ei ollut tiedossa, mihin viemäriosuuksiin kuntotutkimuksia on jo toteutettu. Kuntotutkimusohjelman toteutuksessa on huomioitava, että ensimmäisenä vuonna kuvattavien, kriittisyysluokan 1 johtojen joukkoon on luettu mukaan halkaisijaltaan viemäriverkoston suurimpia johtoja, joiden viemärikuvaus on kustannuksiltaan huomattavasti kalliimpaa kuin pienempien johtojen. Kuva 33 esittää Porvoon veden kymmenen vuoden kuntotutkimusohjelmaa, jossa eri vuosina kuvattavat johdot on esitetty eri värityksellä.



Kuva 33. Porvoon veden viettoviemäriverkoston 10 vuoden kuntotutkimusohjelma, jossa eri vuosina kuntotutkittavat johto-osuudet on esitetty eri värityksellä.

Kuvassa 33 esitetyn ohjelman tarkoituksena on sen ensimmäisen kerran tehdyn toteutuksen jälkeen saatujen kuntotietojen perusteella päivittää verkoston kriittisyysluokitus siten, että joitakin johtoja nostetaan ylempään kriittisyysluokkaan ja puolestaan joitakin johtoja voidaan laskea alhaisempaan kriittisyysluokkaan. Kuvausohjelman ensimmäisen toteutuskerran jälkeen voidaan myös arvioida sitä, onko kuvausjärjestys järkevä vai tulisiko sitä muuttaa esimerkiksi paremmin aluekohtaiseksi ohjelmaksi, jossa kuvattavat verkosto-osuudet ovat alueellisempia kokonaisuuksia ympäri verkostoa sijaitsevien yksittäisten johto-osuuksien sijaan. Aluekohtaisella ohjelmalla olisi mahdollisuus saavuttaa kustannushyötyjä myös siinä tapauksessa, jos verkostojen saneeraus on tarkoitus toteuttaa aluesaneerausmallin mukaisesti. Verkostosta saatavien kuntotietojen avulla voidaan määrittää ne alueet, joissa verkoston kunto on huonompi ja jotka vaativat tiiviimpää seurantaa ja mahdollisesti kunnossapidon tehostamista. Samoin voidaan määrittää ne alueet, joissa verkoston kunto on hyvä ja jotka eivät ole kriittisen kunnossapidon tarpeessa. Kunnossapidon kohdentaminen samassa laajuudessa kaikkiin verkoston osiin ei ole resurssien puolesta mahdollista. Jo ensimmäisenä vuonna kuvattavien johtojen kuvaustulosten perusteella on mahdollista aloittaa verkoston elinkaarimallien laadinta.

Vuosittaiset kuvattavat viemäriinjat sijaitsevat eri puolilla viemäriverkostoa. Kuntotutkimusohjelman laadinnassa on kuitenkin huomioitu viemäriinjat kokonaisuuksina, jotta linjaisuus voidaan kuvata alusta loppuun eli ensimmäisestä tarkastuskaivosta viimeiseen. Ensimmäisenä vuonna kuvattaviin johtoihin on sisällytetty kriittisyysluokan 1 johto-osuudet sekä osa kriittisyysluokan 2 johdoista. Kaikki ensimmäisenä vuonna kuvattavat johdot ovat sellaisia, joiden rakentamisvuosi on tiedossa.

Toisena vuonna kuvattavien johtojen ohjelmaan on luettu mukaan kriittisyysluokan 2 ja 3 johto-osuuksia: kriittisyysluokan 2 johdot, jotka ovat riskialttiita kriittiseen sijaintiinsa perustuen, ja luokan 3 johdot, joiden sijainti ei ole kriittinen mutta jotka ovat iältään verkoston vanhimpia, ja siksi niissä ilmenevän riskin todennäköisyyden arvioidaan kasvavan. Toisen kuvausvuoden johtoihin on luettu mukaan sellaisia johtoja, joiden rakentamisvuosi ei ole tiedossa eikä siten myöskään kriittisyysluokitus mutta jotka ovat verkoston toiminnan kannalta merkityksellisiä. Näihin kuuluu esimerkiksi asuinalueita toisiinsa yhdistäviä runkojohtoja, joiden putkikoko vaihtelee koon 300–400 mm välillä.

Kolmantena ja neljäntenä vuonna kuvattavien johtojen ohjelmat sisältävät kriittisyysluokan 3 johtoja sekä niiden tuntumassa olevia kriittisyysluokan 4 johtoja, joiden kuntotutkimus samanaikaisesti järkevän kuvauskokonaisuuden muodostamiseksi on perusteltua. Näitä kriittisyysluokan 4 johtoja ovat 1970-luvun lopulla ja 1980-luvun aikana rakennetut muoviset viemäriinjat. Lisäksi neljäntenä vuonna kuvattavien johtojen ohjelma sisältää putkiosuuksia, joiden rakentamisvuosi ei ole tiedossa, minkä vuoksi niiden ikään perustuvasta todennäköisyydestä toiminnan häiriön ilmenemiselle ei ole tietoa. Voi olla, että verkostot, joiden rakentamisvuosi ei ole tiedossa, ovat paremmassa kunnossa kuin niiden sijoitus kuntotutkimusohjelmassa antaisi olettaa, mutta koska kyseisiin verkostoihin liittyy paljon epävarmuustekijöitä, on niiden kunto hyvä selvittää mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, jotta niiden kriittisyys ja tarvittavat kunnossapitotoimet osataan määrittää oikein.

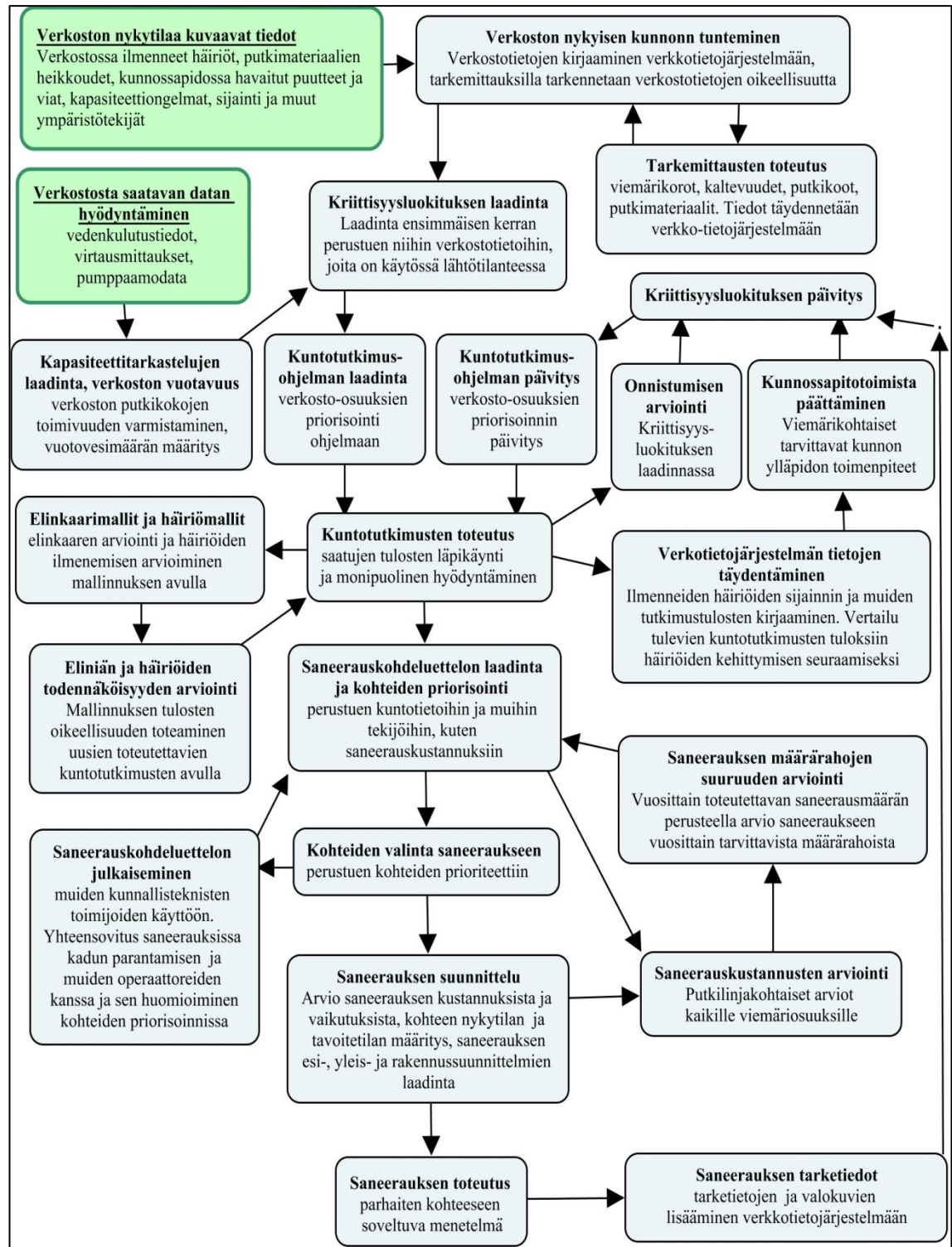
Viidentenä ja kuudentena vuotena kuvattavat johdot ovat kriittisyysluokan 4 johtoja. Kyseisenä vuonna esitetään kuvattavaksi jälleen myös johtoja, joiden rakentamisvuosi ei ole tiedossa. Seitsemäntenä vuotena tehtävä kuvaus sisältää 1990-luvulla rakennettuja muovisia viemäriinjohtoja sekä myös johtoja, joiden ominaisuustiedoissa on puutteita. Kahdeksantena, yhdeksäntenä ja kymmenentenä vuotena kuvattavat johdot on kaikki

rakennettu vuoden 2000 jälkeen. Kyseisten johtojen osuus verkoston kokonaispituudesta myös viettoviemäri linjoissa on suuri, paineviemäri verkoston tavoin. Kahdeksantena vuotena on esitetty kuvattavaksi erityisesti vuosina 2000–2005 rakennettuja verkostoja ja vuosina yhdeksän ja kymmenen sitä uudempia johtoja. Kuitenkin osa iältään uusimmista verkostoista on sijoitettu myös aiempiin kuvausryhmiin viemäriin riskisijaintiin perustuen, esimerkiksi sijaintiin pohjavesialueella.

On mahdollista, että myös yksittäisten kiinteistöjen viemäri liittymät aiheuttavat huonon kuntonsa takia pohjaveden pilaantumisen riskin tai tuovat vuotovesiä sisään verkostoon. Vanhimpien verkoston osien kuntotutkimusten yhteydessä olisi hyvä varmistaa myös talojohtojen kunto ja runkojohtojen saneerauksen yhteydessä harkita myös talojohtojen saneerausta. Talojohtot on kuitenkin jätetty kriittisyysluokituksen ulkopuolelle, ja luokitus perustuu ainoastaan runkolinjoihin.

8.2 Verkoston hallinnan prosessikokonaisuus

Tämän työn aiemmissa kappaleissa on esitetty erilaisia menetelmiä kuntotutkimusten ja saneerausten kohdentamiseksi. Saneerausmäärien kasvattaminen tulevaisuudessa edellyttää verkostokokonaisuuden parempaa hallintaa kustannustehokkuuden aikaansaamiseksi. Tästä johtuen parhaiden kuntotutkimusten ja saneerausten kohdentamiskeinojen määrittämisen lisäksi on tärkeää määrittää prosessi koko verkostohallinnan toimivuuden toteuttamiseksi. Tätä prosessia esittää kuva 34.



Kuva 34. Viemäriverkoston kokonaishallinnan prosessi.

Prosessi lähtee liikkeelle verkostotiedon keräämisestä verkkotietojärjestelmään varmistamalla, että kaikilla putkilla on kaikki tarvittavat ominaisuustiedot, kuten putkikoko, materiaali, rakennusvuosi, sijainti, korkeusasema jne. Näiden lisäksi on tärkeää kirjata verkkotietojärjestelmään kaikki verkoston kunnossapidossa havaitut tai laitoksen asiakailta saadut tiedot verkoston toiminnan häiriöistä. Verkoston ominaisuustietoja täydennetään tarkemittausten avulla. Samalla myös huomioidaan jokaisen putkiosuuden sijainti ja sen merkitys koko verkoston toiminnan kannalta. Sijainnin kriittisyyteen vaikuttavat myös ympäristötekijät, kuten pohjavesialueet ja luonnonsuojelualueet. Kriittisen

sijainnin määrittämistä varten on olemassa avointa paikkatietoaineistoa. Putkien ominaisuus- ja sijaintitietojen sekä putkessa ilmenneiden häiriöiden tietojen perusteella laaditaan verkostolle kriittisyysluokitus. Kriittisyysluokituksessa huomioidaan ne verkoston osat, joissa tapahtuvien häiriöiden todennäköisyys on suurin tai häiriöiden seuraukset ovat vakavimpia. Kriittisyysluokituksen laadinnassa huomioidaan myös verkostosta saatava data, kuten virtausmittausdata ja pumppaamoiden virtaamatiedot, joiden perusteella voi arvioida verkostokapasiteetin riittävyyttä joko laatimalla hydraulinen malli tai toteuttamalla tarkastelu periaatetasolla paikkatieto-ohjelmalla aiemmissa kappaleissa kerrotun mukaisesti. Kapasiteettitarkastelujen tuloksia voi hyödyntää verkoston kriittisyysluokituksen päivityksessä esimerkiksi nostamalla kriittisyysluokassa ylöspäin johtoja, joissa todetaan kapasiteetin vajetta. Kapasiteettitarkastelujen tuloksia on hyvä varmentaa virtausmittausten avulla. Niiden avulla voidaan myös määrittää verkoston vuotavuutta ja vuotovesien määrää. Kriittisyysluokituksen perusteella laaditaan laitospohjaisesti kuntotutkimusohjelma, joka perustuu vuodessa kuvattavaan verkostopituuteen. Kuntotutkimusohjelmassa priorisoidaan kriittisyysluokituksen perusteella määritetyt kriittisimmät putkilinjat.

Kuntotutkimusten tulosten perusteella arvioidaan verkoston kriittisyysluokituksen onnistumista ja sen perusteella kriittisyysluokitusta päivitetään. Saatut kuntotutkimusten tulokset kirjataan verkkotietojärjestelmään, jotta verkostossa ilmenevien häiriöiden kehitystä voidaan seurata säännöllisesti toistuvien kuntotutkimusten avulla. Häiriöiden vakavuuden, sijainnin ja tyyppin mukaan niille määritetään tarvittavat kunnossapito- ja korjaustoimet. Saatujen kuntotutkimustulosten perusteella myös päivitetään kuntotutkimusohjelmaa. Kuntotutkimusten tietoja voidaan hyödyntää elinkaarimallinnuksen ja häiriöiden ilmenemisen todennäköisyyttä arvioivan mallinnuksen avulla. Mallinnusten tulosten oikeellisuutta voidaan jälleen arvioida kuntotutkimusten uusimisen avulla. Mallinnusten tulokset ovat jatkuvasti sitä tarkempia, mitä enemmän kunnan kehittymisestä saadaan tietoa kuntotutkimusten avulla.

Kuntotutkimusten avulla saatujen kuntotietojen perusteella laaditaan saneerauskohdeluettelo, johon priorisoidaan ne johto-osuudet, joissa saneerauksen toteutus on ajankohdittainen. Vuosittain saneeraukseen valitaan saneerauskohdeluettelossa korkeimman prioriteetin kohteet huomioiden saneerauksen kustannus ja muut tekijät, kuten yhteensovitus muiden kunnallis- ja yhdyskuntateknisten toimijoiden kanssa. Saneeraukseen valitusta kohteesta laaditaan saneeraussuunnitelma, jossa määritetään johdon nykytila ja tavoite-tila, jota saneeraustoimilla tavoitellaan. Saneeraussuunnitelman yhteydessä laaditaan myös saneerauksen kustannusarvio. Saneeraus toteutetaan kohteeseen parhaiten soveltuvan saneerausmenetelmän avulla.

Saneerauksen toteutuksen jälkeen saneerauksen kustannukset kirjataan verkkotietojärjestelmään. Kustannustietoa voidaan hyödyntää tulevaisuudessa kohteen saneerauksen ajankohtaa päätettäessä. Toisaalta kustannustietoa on mahdollista käyttää tulevaisuuden saneerausten kustannusten arviointiin. Saneerauskustannuksilla on vaikutusta saneerauskohteiden priorisoinnissa kustannustehokkaasti. Kustannustietoja saadaan myös saneerauksen yleissuunnitelmien laadinnan avulla, mutta suunnitteluvaiheessa annetut kustannukset ovat aina arvioita eivätkä toteutuman mukaisia.

Saneerauksen toteutuksen jälkeen saneerauksen tarketiedot ja valokuvat lisätään verkkotietojärjestelmään. Saneeratun putkiosuuden kunto paranee saneerauksen myötä, joten putken kriittisyysluokitus tulee saneerauksen jälkeen päivittää. Samalla on hyvä päivit-

tää myös kuntotutkimusohjelmaa arvioiden sitä, missä vaiheessa tulevaisuudessa kyseisen johdon kuntotutkimukset ja kunnossapitotoimet on jälleen hyvä aloittaa.

Kuntotutkimusmenetelmänä viemärikuvaukset ovat toimiva ratkaisu, koska niiden avulla saa visuaalista kuvaa ja paljon uutta tietoa verkoston rakenteellisesta kunnosta. Kuvauksia pitäisi kuitenkin toistaa säännöllisesti, jotta verkoston kunnan muutokset tiedostetaan. Toisaalta kuvauksia pitäisi kohdentaa kriittisten johtojen lisäksi harvemmin mutta kuitenkin säännöllisesti koko verkoston alueelle, jotta jokaisen putken kunto tiedettäisiin. Säännöllisten kuntotutkimusten teon lisäksi tiedon hyödyntäminen on tärkeää ja sen kirjaaminen ylös järjestelmiin hyödyntämistä ja vertailua varten. Säännöllisten kuntotutkimusten tekeminen ei ole järkevää, jos niistä saatuja tietoja ei hyödynnetä riittävän hyvin.

Pumppaamo- ja vedenkulutustietojen hyödyntäminen olisi myös erittäin tärkeää. Niiden perusteella saadaan paljon hyödyllistä tietoa verkostosta, mutta toisaalta ne toimivat nykyisin myös esimerkkinä siitä, miten kerättävä tieto jää hyödyntämättä. Virtaamatietoja perusteella on mahdollista arvioida verkoston vuotovesien määrää, verkstokapasiteetin riittävyttä ja verkoston kuntoa. Tulevaisuudessa verkoston tilan ja kunnan seuranta erilaisen datan keruun myötä tulee lisääntymään entisestään. Datan keruun kehittämisen yhteydessä myös datan hyödyntämistä tulee kehittää.

Kriittisyysluokitus, kuntotutkimusohjelma ja saneerausohjelma ja niissä kaikissa toteutettava priorisointi on kuntotutkimusten ja saneerausten kohdentamisen lähtökohta. Kriittisyysluokitus ja sitä seuraavat priorisoidut ohjelmat on mahdollista toteuttaa useilla eri tavoilla. Keskeisintä on kuitenkin niiden toteutus siten, että niiden päivittäminen on mahdollisimman helppoa, jotta se tulee tehdyksi säännöllisesti. Luokitukset ja ohjelmat on perusteltua sisällyttää verkkotietojärjestelmään, koska se on vesihuoltolaitoksella päivittäin käytössä oleva työkalu ja koska tietojen kerääminen yhteen käyttökohteeseen helpottaa niiden hyödynnettävyyttä.

Porvoon vedelle laadittujen kriittisyysluokituksen ja kuntotutkimusohjelman esittäminen paikkatietomuodossa ja eri värikooditusta käyttäen on vesihuoltolaitoksen näkökulmaa ajatellen helppokäyttöinen. Väritystä on mahdollista muuttaa päivittyneiden kuntotietojen mukaan, joten sekä kriittisyysluokituksen että kuntotutkimusohjelman ylläpito on helppoa. Uuden, päivitetyn luokituksen tai ohjelman voi ladata verkkotietojärjestelmään paikkatietomuodossa tai kirjata tieto putkikohtaisesti attribuuttina putken ominaisuustietoihin vaikka uudelle luotavalla tasolle värikoodituksen tai luokituksen avulla.

9 Sphinx-ohjelmiston kehitysehdotukset

Porvoon kuntotutkimusohjelman laadinnan yhteydessä todettiin, että Sphinx-ohjelmisto on erinomainen apu verkostoon liittyvien riskien arvioinnissa ja erityisesti kuntotutkimusten kohdentamisen arvioinnissa. Vastaavan tarkastelun tekeminen perustuen pelkästään verkkotietojärjestelmään olisi haasteellista ja erittäin hidasta tai jopa mahdotonta. Ohjelman käyttö itsessään on helppoa, mutta ohjelmiston käyttöönotto eli tietojen syöttö on osittain haastavaa. Avointa paikkatietoa on saatavilla paljon, mutta aineiston lataaminen tietokantaan ja edelleen julkaiseminen Sphinx-ohjelmiston käyttöön edellyttää Geoserverin käytön osaamistaitoja. Ohjelmiston käytön aloittaminen ei siis ole kaikilta osin täysin käyttäjäystävällinen.

Sphinx-ohjelmisto edellyttää, että paikkatietoaineistoilla on määritetty geometriatieto eli tieto kohteen sijainnista ja sen geometrisestä muodosta, joka on joko piste, viiva tai polygoni. Niiden perusteella Sphinx-ohjelmisto huomioi kyseisen elementin ja osaa esittää sen kartalla. Eri aineistojen lähtötietoelementtien geometriassa ilmeni toisinaan puutteita, jolloin Sphinx-ohjelmisto ei tunnistanut kyseisiä elementtejä lainkaan eikä ohjelmalla siten pystynyt kyseisiä aineistoja vertailemaan keskenään. Ongelma ilmeni myös Porvoon veden verkkoaineistossa, josta Sphinx ei aluksi tunnistanut kaikkia putkia. Jotta ohjelmaa voidaan käyttää, tällaiset puutteet tulisi vesihuoltolaitoksen tunnistaa ja korjata puuttuvat tai virheelliset geometriatiedot. Ohjelmiston käyttöön ladattavien aineistojen osalta tulee siis geometriatiedot varmistaa huolellisesti. Puuttuvat geometriatiedot jättävät kyseiset elementit pois tarkasteluista ja saattavat aiheuttaa virheitä analyysien tuloksissa.

Sphinxin käyttö perustuu erityisesti putkien saatavilla olevien sijainti- ja ominaisuustietojen tarkasteluun sekä vertaamiseen muihin paikkatietoaineistoihin. Sphinx-ohjelmistolla tehtyjen analyysien kannalta haittana ovat kaikki verkostoa koskevissa tiedoissa olevat puutteet, erityisesti puuttuvat ominaisuustiedot verkostojen rakennusvuodesta, putken halkaisijasta ja putken materiaalista. Esimerkiksi tarkasteltaessa haluttuna vuonna rakennettuja verkostoja tai halkaisijaltaan halutun kokoisia verkostoja jäävät Sphinx-ohjelmiston tuloksista pois ne putket, joista kyseiset ominaisuustiedot puuttuvat. Mitä tarkemmin verkkotietojärjestelmä sisältää kaikki putkia koskevat ominaisuustiedot, sitä tarkempia tuloksia Sphinx-ohjelmiston avulla voi saavuttaa. On kuitenkin tärkeää huomioda esimerkiksi joko kriittisyysluokituksen tai viemärikuvausohjelman laadinnassa myös ne putket, joiden ominaisuustiedot puuttuvat. Kyseiset putket saattavat olla iältään juuri verkoston vanhimpia.

Verkostotiedoissa ilmenneiden puutteiden ohessa virheitä havaittiin myös Sphinx-ohjelmiston toiminnassa. Sphinx ei tunnistanut kaikkien putkien putkimateriaalia, vaikka verkkotietojärjestelmästä kyseinen tieto löytyi. Syytä kyseiselle ongelmalle ei ohjelman käytön yhteydessä löydetty. Sphinx-ohjelmisto ei huomionnut kaikkien putkien osalta niiden saneerausta, joka oli kirjattu verkkotietojärjestelmään eri kohtaan kuin putken alkuperäinen rakennusvuosi. Jotkin verkoston osat oli siis todellisuudessa saneerattu, vaikka Sphinx ilmoitti niiden rakennusvuoden alkuperäisen rakennusvuoden perusteella. Tämä on saattanut johtua ohjelmiston toiminnan lisäksi myös puutteista ohjelmassa käytetyissä verkostotiedoissa. Näiden jo saneerattujen verkostojen osalta jouduttiin Sphinx-ohjelmiston tuloksia varmistamaan Porvoon veden verkkotietojärjestelmän avulla. Sphinx-ohjelmisto ei myöskään osannut huomioda kaikkia jo hylättyjä johtoja. Hylättyjen johtojen osalta jouduttiin tietoja myös varmistamaan verkkotietojärjestelmästä.

Sphinx-ohjelmiston käytön yhteydessä jouduttiin siis käyttämään apuna myös Porvoon veden verkkotietojärjestelmää. Kahden ohjelmiston samanaikaisen käytön tuloksena todettiin, että koska verkkotietojärjestelmän sisältämät putkien ominaisuustiedot ovat myös Sphinxin käytettävissä ja ohjelma ne tunnistaa, voisi Sphinx-ohjelmaa kehittää siten, että tiedot voisi saada helpommin esiin. Sphinx toimii erillisen tietokannan pohjalta, eikä sen liittäminen suoraan vesihuoltolaitoksen verkkotietojärjestelmän yhteyteen ole helppoa. Ohjelmistoon voisi kehittää erityisen informaatiotyökalun, joita esimerkiksi ArcMap- ja QGis-paikkatieto-ohjelmistoista löytyy. Informaatiotyökalun avulla voisi putken valitsemalla saada esiin putken tarkemmat ominaisuustiedot, eli putkea klikkaamalla aukeaisi uusi valikko, josta ominaisuustiedot olisivat luettavissa. Tämä nopeuttaisi ohjelman käyttöä ja vertailujen avulla saatujen tulosten tulkintaa. Informaatiotyöka-

lun avulla voisi saada verkostosta esiin myös putkikohtaiset häiriötiedot. Häiriötiedot voisi viedä Sphinx-ohjelmiston käyttöön myös omana paikkatietotasonaan siten, että Sphinx-ohjelmistolla voisi suorittaa vertailun siitä, missä putkissa häiriöitä on ilmennyt, ja informaatiotyökalulla selvittää lisätietoja häiriöstä ja sen vakavuudesta.

Informaatiotyökalun avulla jokaista putkea kohden olisi hyödyllistä myös saada putkilinjan pituus selville. Putkikohtainen pituustieto on kuitenkin saatavissa putkien ominaisuustietona verkkotietojärjestelmästä, ja sitä voisi hyödyntää myös Sphinx-analyysissä. Sphinx-analyysin tuloksena saaduilla paikkatietotasoilla sijaitsevien putkien kokonaispituuden selvittämiseksi aineisto tulee nykyisin toimittaa paikkatieto-ohjelmistoon, jolla putkien kokonaispituus määritetään. Tasokohtaisen putkien kokonaispituuden määrittäminen olisi myös hyödyllinen työkalu Sphinx-ohjelmistoon.

Verkostojen rakennusvuoden rajaamiseen käytettävän työkalun asteikko alkaa nollostasta ja yltää vuoteen 2016. Tämä johtuu siitä, että verkostoaineistossa on virheellisesti joidenkin putkien osalta asennusvuoden arvo 0. Asteikon laajuudesta johtuen se on toteutettu askeleittain siten, ettei yksittäiseen vuoteen perustuvia tarkasteluja pysty ohjelmistolla tekemään vaan tarkastelujaksoksi voi valita lyhimmillään 10 vuotta. Tarkastelun kannalta olisi helpompaa, jos asteikon voisi muuttaa alkamaan esimerkiksi 1800-luvun puolivälistä tai jopa 1900-luvun alkupuolelta, koska harvat nykyään käytössä olevat viemäriverkostot ovat sitä vanhempia. Ymmärrettävästi tässä on kuitenkin ongelmana se, että tämän saavuttaminen edellyttäisi, että verkostoaineistossa kaikkien putkien rakennusvuosi olisi tiedossa tai se olisi epävarmoissa tilanteissa määritetty jollakin muulla arvolla kuin nolllalla, esimerkiksi arvolla 1800 tai 1900. Asetettaessa rajaukseksi esimerkiksi vuosien 1910–2016 välillä rakennetut putkilinjat jäisivät rakennusvuodeltaan vuonna 1900 tai sitä ennen rakennetut osuudet korostumatta ja niiden olemassaolo todennettaisiin. Aikajanamuutoksen avulla olisi ohjelmiston avulla helpompi selvittää tarkka verkosto-osien rakennusvuosi.

Sen lisäksi, että rakennusvuoden asteikko etenee vuodesta 0 vuoteen 2016, se etenee myös asteittain epäloogisesti. Tarkastelujakson pituudeksi voi valita lyhimmillään noin 10 vuotta, mutta 1950-vuoden jälkeen valittavia vuosia ovat ainoastaan vuodet 1951, 1964, 1977 ja 1990. Tämä tarkoittaa siis sitä, että rakennusvuoteen perustuvassa tarkastelussa voi tehdä rajauksen esimerkiksi vuodesta 1964 vuoteen 1977 ja korostaa kyseisten vuosien välissä rakennetut verkostot. Saaduista tuloksista ei kuitenkaan Sphinx-ohjelmiston avulla tiedä, mitkä johdoista on rakennettu 1960-luvulla eli ovat vanhimpia ja mitkä rakennettu vasta vuonna 1977 eli 1970-luvun lopulla. Tarkkojen rakennusvuosien määrityksessä jouduttiin tarkastelussa jälleen hyödyntämään Porvoon veden verkkotietojärjestelmää.

Sphinxin toimiessa internetin yli havaittiin ongelmaksi, että mitä enemmän aineistoa tietokantaan Sphinxin käyttöön ladattiin eli mitä monipuolisemmaksi Sphinxin perusteella tehtävä tarkastelu haluttiin, sitä hitaammaksi Sphinxin toiminta muuttui. Erityisesti suurten paikkatietoaineistojen, kuten eri maalajien tietoja sisältävien aineistojen lataus ohjelmistoon hidastui, eikä ohjelmisto lopulta jokaisella käyttökerralla ladannut lainkaan kaikkia maaperäaineistoja, joten maaperän osalta analyysi jouduttiin jättämään tekemättä. Ohjelman käytön alussa on myös oletuksena, että kaikki aineistot ovat päällä, joten ohjelma alkaa ladata kaikkia aineistoja käynnistymisen yhteydessä. Ohjelmiston toiminnan nopeuttamiseksi auttaisi, että lähtöoletuksena kaikki aineistot olisivat sammutettuina. Käyttäjä voisi aineistoista itse valita ne, joita haluaa käyttää, ja ohjelma lataisi vain ne aineistot kerrallaan. Ongelmana oli myös se, että ohjelmisto hyväksyi aino-

astaan shape-muotoista lähtötietoaineistoa. Rasterimuotoiset aineistot tuli kääntää ensiksi shape-muotoon, jotta ne voitiin hyödyntää ohjelmiston käytössä.

Ohjelmistosta saisi enemmän irti, jos kuntotutkimusten ja asiakaspalautteiden perusteella saadut häiriötiedot kirjattaisiin vesihuoltolaitoksen verkkotietojärjestelmään, josta ne saataisiin edelleen Sphinxin käyttöön. Samoin kohdentamista auttaisi verkkotietojärjestelmästä löytyvä tieto siitä, mitkä putkiosuudet on jo kuntotutkittu eli missä viemärikuvaus tai muu toimenpide on jo suoritettu. Porvoon osalta tätä tietoa ei ollut saatavilla ohjelmiston käyttöön. Suoritettu kuntotutkimus löytyisi putken ominaisuustiedoista, joista sitä voisi tarkastella Sphinx-ohjelmistolla ja käyttää sitä apuna tehtävissä analyysissä. Saneeraustoimien kohdentamisen kannalta verkoston kunnosta kertovat tiedot ovat ehdottoman tärkeitä. Sphinxin käytön kannalta haasteelliseksi osoittautuivat sellaiset viemärialueet, joissa sijaitsevat johdot olivat halkaisijaltaan suunnilleen samankokoisia, samasta putkimateriaalista valmistettuja ja suunnilleen samana vuonna rakennettuja tai joiden sijainti ei ollut kriittinen, joiden merkitys koko viemärintijärjestelmälle oli pieni tai joissa ilmenevien häiriöiden vaikutuksen olivat pieniä. Kuntotutkimusten kohdentamisen näkökulmasta kyseisten verkosto-osuuksien priorisointi oli haastavaa. Verkkotietojärjestelmään kirjattujen häiriötietojen avulla kyseisten osuuksien priorisointi mahdollisesti helpottuisi. Kyseiset alueet edellyttävät kohdentamisen avuksi mahdollisesti myös muita keinoja, kuten linkaari- tai häiriömallinnusta tai hydraulista mallinnusta.

Sphinx-ohjelmiston käytössä erittäin hyödylliseksi todettiin mahdollisuus Sphinxin hakutuloksista luoman uuden paikkatietotason tuominen export-toiminnon avulla shape-muodossa ohjelmistosta ulos paikkatieto-ohjelmiston käyttöön. Vaikka kyseisiä aineistoja ei ole mahdollista Sphinx-ohjelmistolla käsitellä, on ne mahdollista tuoda paikkatieto-ohjelmiston käyttöön, jolla aineistoista voidaan laatia esimerkiksi kuntotutkimusohjelma, jossa eri värityksellä esitetään johdot perustuen niiden kriittisyyteen tai arvioon siitä, millä aikataululla niiden kunto olisi hyvä kuntotutkimuksilla varmistaa.

Aiemmissä kappaleissa esiteltiin paikkatietoaineiston avulla tehty viemäriverkoston kapasiteettitarkastelu. Sphinx-ohjelmiston käytössä hyödynnettiin paikkatietomuodossa tietoa vedenkulutuspuisteiden ja jätevedenpumppaamoiden sijainnista mutta ei niihin liittyvää muuta tietoa. Jos Sphinx-ohjelmistoon voisi tuoda kulutustietoja, esimerkiksi huipputuntikulutuksen tietoja ja jätevedenpumppaamoiden pumppausmääriä, voisi verkoston kapasiteetin osalta tehdä karkean tarkastelun myös Sphinx-ohjelmiston avulla. Tietojen tuominen ohjelmistoon todennäköisesti onnistuisi, jos tiedot olisi saatavissa paikkatietomuodossa. Viemäriverkostojen korkeusasemien tiedot on saatavissa ohjelmiston käyttöön verkkotietoaineiston mukana putkien halkaisijoiden ja materiaalien tavoin. Eri putkimateriaalien eri kaltevuudella johtava vesimäärä perustuu laskennallisiin taulukoihin, joita tarkastelussa tulisi hyödyntää. Kapasiteettitarkastelu edellyttäisi Sphinx-ohjelmiston jatkokehitystä, mutta kapasiteettitarkastelua voisi ohjelmistolla kokeilla aluksi esimerkiksi jollakin pienellä verkostoalueella. Tällöin Sphinx-ohjelmistolla voisi huomioida verkostot myös kapasiteetin perusteella riskikohteiden määrityksessä.

Verkoston kapasiteetin määrityksen ohessa Sphinx-ohjelmistosta voisi luoda kokonaisvaltaisemman verkoston hallinnan työkalun esimerkiksi kehittämällä ohjelmiston toimintaa siten, että sen avulla olisi mahdollista analysoida viemärikuvausaineistoa ja sen perusteella päivittää linkaari- ja häiriömalleja eri putkiryhmille kunnan seurannan tueksi. Ohjelmisto voisi toimia työkaluna myös kriittisyysluokituksen päivityksessä ja ohjelmistoon voisi sisällyttää myös vuosittaiset viemärikuvaus- ja saneerausohjelmat.

Sphinx-ohjelmistoon voisi tuoda paikkatietomuodossa myös eri alueen asukasmäärien tietoja. Asukasmäärän perusteella kapasiteettiin perustuvassa tarkastelussa voisi huomioida, missä verkoston osissa kapasiteetti on riittävä nykyiselle asukasmäärälle tai asukasmäärän kasvulle ja missä nykyinen asukasmäärä tai sen kasvu edellyttää viemäriverkoston kapasiteetin suurentamista.

Verkoston korkeusasemien saaminen Sphinx-ohjelmiston käyttöön auttaisi myös viemäreiden riskien arviointia viemäreiden kaltevuuksiin perustuen. Pienen kaltevuuden viemäriosuuksilla, joissa virtaama on hyvin hidasta, saattaa ilmetä viemärikaasujen syntyistä, mikä on erityisesti betoniputkille haitallista. Korkeus- ja kaltevuustietojen perusteella voisi tarkastelussa siis huomioida ne putkiosuudet, joissa kaltevuus on erittäin pieni. Jos Sphinx-ohjelmistoon saisi tuotua Maanmittauslaitoksen laserkeilausaineistoon perustuvat maanpinnan tason tiedot, olisi ohjelmistolla mahdollista myös tarkastella viemäriverkoston asennussyvyyskriittisyyden määrittämisessä, jos verkoston korkeusaseman tiedot ovat vesihuoltolaitoksella tiedossa.

10 Yhteenveto ja johtopäätökset

Vesihuollon haasteena ovat tulevina vuosikymmeninä ikääntyvät vesihuoltolinjat, joita on hyvin runsaasti. Useissa kunnissa järjestelmällinen saneeraustoiminta on jo käynnistetty saneerausvelan pysäyttämiseksi, mutta kuntotutkimusten ja saneerausten oikeanlainen ja kustannustehokas kohdentaminen ei ole helppoa. Haasteeksi muodostuvat puutteet verkostojen kartoitustiedoissa ja verkostojen materiaali- ja ikätiedoissa sekä kuntotiedoissa. Verkostotietojen puutteet johtavatkin usein sellaisten kohteiden saneeraamiseen, jotka eivät ole kriittisimmin saneeraustarpeessa.

Jätevesiviemäriverkoston kunnostus perustuu nykyisin usein enemmän häiriöiden korjaamiseen häiriöiden synnyn ehkäisemisen sijaan. Kyseinen lähestymistapa ei ole kustannustehokas vaan saattaa aiheuttaa jopa kymmenkertaiset kustannukset ennakoivaan kunnossapitoon verrattuna. Ilmenneiden häiriöiden korjaustoimet aiheuttavat kustannusten lisäksi myös mahdollisia muitakin haittoja, koska korjaushetkellä jonkinasteinen viemäriin toiminnan häiriö on jo tapahtunut. Ennakoiva kunnossapito- ja saneeraustoiminta edellyttää, että vesihuoltolaitoksella on käytössä määrärahoja ja muita resursseja huolellisesti selvittää verkoston kunto. Kasvava saneeraustarve kasvattaa väistämättä saneerauskustannuksia, ja saneerausten oikealla kohdentamisella voidaan ylläpitää saneerausten kustannustehokkuutta.

Verkostojen hallintaa on mahdollista toteuttaa erilaisin keinoin. Työssä haastateltiin Suomen suurimpien vesihuoltolaitosten sekä viemäriverkostojen putkimateriaalien valmistajien edustajia. Haastattelujen avulla selvitettiin tarkemmin, miten saneerauksia käytännössä Suomessa nykyisin toteutetaan sekä miten putkimateriaalit ovat kehittyneet vuosikymmenien aikana. Tulosten perusteella havaittiin, että saneerauksia kohdennetaan niihin johtoihin, jotka on todettu huonokuntoisiksi joko ilmenneiden häiriöiden tai kuntotutkimusten perusteella. Saneerauksia kohdennettiin kuitenkin viemäriinjoihin, joiden kunto on tiedossa. Ongelmaksi muodostuvat ne linjat, joiden kuntoa ei tiedetä mutta jotka ovat kriittisesti saneeraustarpeessa. Haastattelujen tulosten perusteella voidaan todeta, että saneerausten kohdentamisen tavoin siis myös kuntotutkimusten kohdentaminen on erittäin tärkeää. Kuntotutkimusten määrää tulee lisätä, jotta verkoston yleiskunto selvitetään ja viemäriverkoston kriittisimmät johto-osuudet määritetään. Toisaalta tietämys eri vuosina valmistetuista ja asennetuista laadultaan heikoimmista putkimateriaalista voi edesauttaa viemäriin kunnan arviointia.

Työssä perehdyttiin erityisesti verkostojen riskien hallintaan ja kuntotutkimusten ja saneerausten riskiperusteiseen kohdentamiseen. Riskiperusteinen kohdentaminen perustuu arvioon verkostossa ilmenevien häiriöiden todennäköisyydestä ja seurausten vakavuudesta, ja ne yhdessä muodostavat viemäriverkoston riskin suuruuden. Viemäriverkoston kuntoa ja toisaalta verkostossa ilmenevän häiriön todennäköisyyttä kuvaavia tunnuslukuja ovat verkostossa ilmenneiden yleisimpien häiriöiden määrä (vuotovesi, tukokset, vuodot, putkirikot). Häiriöiden ilmenemisen todennäköisyyden arvioimiseksi putkiosuuden elinaikana on olemassa erilaisia matemaattisia malleja, kuten viemäritukosten ja sortumien ilmenemisen todennäköisyyteen perustuvat mallit. Viemäriin toiminnasta saatuun tietoon perustuvassa mallinnuksessa voidaan arvioida ja ennustaa putken eliniän ja tulevaisuudessa ilmenevien häiriöiden kehitystä, jotta toimenpiteisiin voitaisiin ryhtyä jo ennen häiriöiden ilmenemistä. Häiriöiden seurausten vakavuutta voidaan arvioida esimerkiksi viemäriin sijainnin perusteella (ympäröivän maaperän laatu, asennussyvyys, putken halkaisija).

Työn johtopäätöksenä voidaan todeta, että kuntotutkimukset ja saneeraukset tulisi kohdentaa ensisijaisesti niihin verkoston osiin, joissa riskit ovat kaikkein suurimmat. Viemäriverkostojen kunnan hallinnassa onkin tärkeintä määrittää, missä vaiheessa viemäriverkoston toimintaa sen heikentymiseen tulee puuttua kuntoa parantavilla toimenpiteillä. Kunnan hallinnan kannalta on tärkeää tiedostaa, millaisia erilaisia häiriöitä, kuten rakenteellisia tai toiminnallisia häiriöitä, verkostossa mahdollisesti tapahtuu. Verkostossa ilmenevä häiriö aiheuttaa aina eriateisen riskin. Mitä useampia riskejä aiheuttavia tekijöitä viemäriverkostoa koskien yleisellä tasolla tunnetaan, sitä paremmin voidaan kyseisten tekijöiden aiheuttamat riskit verkostosta tunnistaa ja hyödyntää niitä kunnostustoimenpiteiden kohdentamisessa.

Verkoston kunnan luokittelua varten on laadittu erilaisia työkaluja, joita on työssä esitelty. Tässä työssä käytettiin kriittisyysluokitusta Porvoon veden verkosto-osuuksien luokitteluun ja erityisesti suurimman riskin omaavien viemäriverkoston osien tunnistamiseen. Kriittisyysluokituksessa huomioidaan sekä viemäriverkostossa ilmenevän häiriön todennäköisyys että häiriön seurausten vakavuus. Kriittisyysluokituksen lähtötietoja kootessa havaittiin, että Porvoon viettoviemäriverkoston osalta on puutteita putkien ominaisuustiedoissa, erityisesti rakennusvuoden tiedoissa. Toisaalta kriittisyysluokitus jäi puutteelliseksi verkostossa ilmenevien häiriöiden todennäköisyyksien määrittämisen osalta, koska verkoston kuntotietoja ei ollut luokituksen laadinnassa käytettävissä. Näiden puutteiden takia kaikkien viettoviemäriverkoston osien kriittisyyttä ei voitu määrittää. Kriittisyysluokituksen täydentämistä koskien johtopäätöksenä voidaan todeta, että Porvoossa tulisi lisätä tiedonkeruuta ensisijaisesti niistä kohteista, joiden on arvioitu olevan verkostokokonaisuuden kannalta kriittisimpiä, sekä niistä johdoista, joiden ominaisuustiedoissa on puutteita. Tavoitteena on, että tulevaisuudessa Porvoossa luokitusta päivitetään verkostosta saatujen kuntotietojen avulla, jotta luokitus huomioisi myöhemmissä vaiheissa sekä häiriöiden todennäköisyyden että seurausten vakavuuden.

Kriittisyysluokitukseen pohjautuen laadittiin Porvooseen kuntotutkimusohjelma. Kuntotutkimusohjelma on esitetty tehtäväksi kymmenen vuoden aikana koko viettoviemäriverkostolle ja resurssien antaessa myöden se on järkevää ensimmäisen kerran toteuttaa kokonaisuudessaan. Tällöin saadaan tiedot koko verkoston yleiskunnosta, voidaan päivittää ja priorisoida verkostokohteita kuntotutkimus- ja saneerausohjelmissa tai verkko-tietojärjestelmässä ja rakentaa verkoston eri putkiryhmillä elinkaarimalleja. Toteutuksen

jälkeen voidaan saatujen kuvaustulosten perusteella arvioida, onko kaikkien verkoston osien kuvaaminen kymmenen vuoden välein perusteltua vai tulisiko joitakin johtoja priorisoida kuvattavaksi useammin ja toisia harvemmin. Tällöin rajalliset resurssit on mahdollista kohdentaa tarkoituksenmukaisemmin.

Viemäriverkoston kymmenen vuoden aikajänteelle kohdistetun kuntotutkimusohjelman toteutuksen myötä saatavien tietojen avulla on tärkeää päivittää säännöllisesti sekä kriittisyysluokitusta että vuosittaista kuntotutkimusohjelmaa. Kuntotutkimusohjelman lisäksi Porvooseen tulisi laatia pitkän ja lyhyen tähtäimen saneerausohjelmat, joissa on määritetty verkoston kriittisyysluokituksen ja kuntotutkimuksien tietojen perusteella verkoston osien saneerausjärjestys tulevien vuosien ja vuosikymmenien ajalle.

Toisaalta tiedonkeruu yksinään ei ole ratkaisu, vaan tiedon laatua tulee osata arvioida kriittisesti. Verkostotietojen keruun ohessa tietojen tulkinta ja hyödyntäminen on erittäin tärkeää. Tiedonkeruun lisäämisestä ei ole hyötyä, jos tiedon hyödyntämisessä on puutteita. Porvoon viemäriverkostoa koskien johtopäätöksenä voidaan todeta, että tiedonkeruuta virtausmittausten avulla verkostoista ja jätevedenpumppaamoista tulisi lisätä tai saatuja tietoja hyödyntää entistä paremmin.

Porvoossa verkoston kuntotutkimuksissa ja saneerauksissa huomio tulee keskittää ensisijaisesti verkoston halkaisijaltaan suurimpiin johtoihin, jotka ovat iältään melko vanhoja. Toisaalta pohjavesialueella sijaitsevien verkostojen, erityisesti vanhojen, betonista rakennettujen putkistojen kunnan varmistaminen on tärkeää. Kyseisten verkostojen kunnan tutkimus on kustannustehokasta ja ennakoivaa toimintaa. Toisaalta verkosto-osuudet, jotka ovat säännöllisiä huuhtelukohteita tai joissa on havaittu muita toiminnan häiriöitä, tulisi kuvata, jotta voidaan selvittää häiriöiden syyt ja mahdollisuudet vaikuttaa niihin. Toisaalta ennakolta tiedossa olevat, määritettyinä vuosina ja määritetyistä putkimateriaaleista rakennetut heikkolaatuisemmat verkostot ovat kriittisyysluokituksessa korkealla.

Porvoon veden kriittisyysluokituksen ja kuntotutkimusohjelman laadinnassa käytettiin työssä avuksi Sphinx-ohjelmistoprototyyppiä. Sphinx-ohjelmisto on sellaisenaan jo erittäin hyvä työkalu kuntotutkimusten kohdentamiseksi erityisesti verrattaessa tilanteeseen, jossa kuntotutkimusten kohdentamista tehtäisiin ainoastaan verkkotietojärjestelmän perusteella. Ohjelmiston avulla voi helposti valita halutulla värityksellä esitettäväksi verkoston toiminnan tai sijainnin kannalta kriittiset kohteet ja tuoda niitä koskeva sijaintitieto paikkatieto-ohjelmistoon. Saneerausten kohdentamista ei sen sijaan suositella ohjelmistolla tehtäväksi ilman kunnossapito-, kuntotutkimus- ja häiriötietoja verkostosta. Näiden saaminen paikkatietomuotoon mahdollistaisi niiden tuomisen ohjelmiston käyttöön. Mitä enemmän verkostoaineistoa on mahdollista saada paikkatietomuotoon, sitä enemmän aineistoa voidaan tuoda Sphinx-ohjelmiston käyttöön ja sitä laajempia tarkasteluja voidaan ohjelmistolla tehdä.

Lähdeluettelo

Haastattelut

Kuronen, R., suunnittelupäällikkö, Ekstam, P., työpäällikkö. 2016. Porvoon vesi. Mestarintie 2, 06150 Porvoo. Haastattelu 18.2.2016.

Tillander, O., kaukolämpöverkoston suunnittelija. 2016. Porvoon Energia Oy. Mannerheiminkatu 24. 06101 Porvoo. Haastattelu 2.5.2016.

Internet-lähteet

CSC Training and events. 2016. PostGis-paikkatietokannan käyttö. [Verkkodokumentti, viitattu 28.7.2016]

Saatavissa:

<https://www.csc.fi/web/training/-/postgis-2016>

Finnsementti. 2016. Betonin rasitusluokat lyhyesti. [Verkkodokumentti, viitattu 2.6.2016]

Saatavissa:

<http://www.finnsementti.fi/tietoa-betonista/tietoa-betonista-suunnittelijalle/betonin-rasitusluokat-lyhyesti>

FiSTT, Suomen Kaivamattoman Tekniikan Yhdistys. 2016. Putkistojen kaivamattomat saneerausmenetelmät. [Verkkodokumentti, viitattu 3.8.2016]

Saatavissa:

http://www.fistt.net/wp-content/uploads/2016/04/G_Maunuksela_Saneerausmenetelmat.pdf

Kopra, P. 2016. Verkostosaneerauskohteiden priorisointi kuntoindeksilaskennan avulla. Luentoesitys. Vesihuolto 2016 -päivät. Hämeenlinna. [Verkkodokumentti, viitattu 26.7.2016]

Saatavissa:

http://www.vvy.fi/files/5319/04_Kopra_Paivi_netiversio.pdf

Lampola, T., Yrjölä, A. ja Laakso, T. 2015. Viemäriverkoston vuotovesien hallinnan työkalut, case HSY. [Verkkodokumentti, viitattu 17.6.2016]

Saatavissa:

http://kuntatekniikka.fi/wp-content/uploads/sites/2/2015/05/SKTY2015_Vuotovesien-hallinnan-keinot_-Lampola.pdf

Markelin-Rantala, L., Rautiainen, L. 2008. Asuinrakennusten viemäri- ja käyttövesiputkistojen pinnoitusmenetelmät – esiselvitys. VTT. 24 sivua. [Verkkodokumentti, viitattu 15.7.2016]

Saatavissa:

http://linjasaneeraus.vtt.fi/hankkeen_aineistoa/PutketPinnoitus_14.04.08.pdf

New Mexico Environmental Finance Center. 2006. Asset Management: A Guide for Water and Wastewater Systems. Albuquerque, New Mexico. United States of America. [Verkkodokumentti, viitattu 16.10.2016]

Saatavissa:

<https://www.env.nm.gov/dwb/assistance/documents/AssetManagementGuide.pdf>

Pipelife Finland Oy. 2016. Pipelife viemärit, PVC-Maaviemärijärjestelmän esite. 6 sivua. [Verkkodokumentti, viitattu 28.7.2016]

Saatavissa:

http://www.pipelife.fi/_media/fi/infra/Pipelife_esite_PVC-maaviemarijarjestelma.pdf

Porvoon kaupunki. 2016. Jäteveden puhdistus. [Verkkodokumentti, viitattu 9.5.2016]

Saatavissa:

http://www.porvoo.fi/fi/palvelut/ymparisto_ja_luonto/vesi/porvoon_vesi/vesihuolto_porvoossa/jateveden_puhdistus

Porvoon vesi. 2013. Porvoon vesi 100 vuotta -julkaisu. 66 sivua. [Verkkodokumentti, viitattu 21.4.2016]

Saatavissa:

https://www.porvoo.fi/easydata/customers/porvoo2/files/muut_liitetiedostot/porvoon_vesi/porvoonvesi_100v_netti.pdf

Pöyry Finland Oy. 2011. Verkostosaneerausten vaikuttavuuden arviointi. Raportti nro 67090591.BBP. HSY Vesi, Tampereen Vesi ja Vesi- ja viemäriyhtiöyhdistys. 45 sivua. [Verkkodokumentti, viitattu 17.6.2016]

Saatavissa:

http://www.vvy.fi/files/1441/Loppuraportti_11042011_verkostosaneerauksen_vaikutusten_arviointi.pdf

Suomen ympäristökeskus. 2016. Avoin tieto -palvelu. Avoimen tietoaiteiston käyttöluoppa - Creative Commons 4.0. [Avoimen datan paikkatietopalvelu]

Saatavissa:

<http://www.syke.fi/avoindata>

Vuorela, A. 2016. Vesi- ja viemäriverkostojen sijaintitiedot digitalisoitava vuoden loppuun mennessä. [Verkkodokumentti, viitattu 7.10.2016]

Saatavissa

<http://yle.fi/uutiset/3-9160235>

Vuove-Insinöörit Oy. 2016. Vuove-luotain. [Verkkodokumentti, viitattu 3.8.2016]

Saatavissa:

<http://www.vuove.fi/vuoveluotain.html>

Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu, ymparisto.fi. 2016. Pernajanlahtien ja Pernajan saariston merensuojelualue. Natura 2000 -alue. [Verkkodokumentti, viitattu 21.7.2016]

Saatavissa:

[http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Luonto/Suojelualueet/Natura_2000_alueet/Pernajanlahtien_ja_Pernajan_saariston_merensuojelualue\(5940\)](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Luonto/Suojelualueet/Natura_2000_alueet/Pernajanlahtien_ja_Pernajan_saariston_merensuojelualue(5940))

Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu, ymparisto.fi. 2016. Porvoonjoen suisto - Stensböle. Natura 2000 -alue. [Verkkodokumentti, viitattu 5.5.2016]

Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/fi->

[FI/Luonto/Suojelualueet/Natura_2000_alueet/Porvoonjoen_suisto_Stensbole\(5742\)](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Luonto/Suojelualueet/Natura_2000_alueet/Porvoonjoen_suisto_Stensbole(5742))

Kirjalliset lähteet

Aalto, A. 2013. Keuruun Pihlajaveden viemäriverkoston saneeraus- ja laajennussuunnitelma. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto, ympäristötekniikan koulutusohjelma. Tampere. 40 sivua.

Abraham, C., M., Wirahadikusumah, R., Short, T., J., Shahbahrami, S. 1998. Optimization Modeling for Sewer Network management. Journal of Construction Engineering and management. Vol 124(5). Pages 402–410.

Ana, E., Bauens, W., Pessemier, M., Thoeye, C., Smolders, S., Boonen, I., De Gueldre, G. 2009. An Investigation of the Factors Influencing Sewer Structural Deterioration. Urban Water journal. Vol. 6. No. 4. Pages 303–312.

Aven, T., Renn, O. 2009. On Risk Defined as an Event Where the Outcome is Uncertain. Journal of Risk Research. Vol 12. No 1. Pages 1–11.

Baur, R. Herz, R. 2002. Selective Inspection Planning With Ageing Forecast for Sewer Types. Water Science & Technology. Vol 46. No 6-7. Pages 389–396.

Berardi, L., Giustolisi, O., Savic, D. A., Kapelan, Z. 2008. An Effective Multi-objective Approach to Prioritisation of sewer Pipe Inspection. 11th International Conference on Urban Drainage, Edinburgh, Scotland, UK. 12 pages.

Currie, J. 2014. Viemäriputkien materiaalit ja asentaminen. Opinnäytetyö. Turun ammattikorkeakoulu, rakennustekniikan koulutusohjelma. Turku. 57 sivua.

Davies, J. P., Clarke, B. A., Whiter, J. T., Cunningham, R. J. 2001. Factors influencing the structural deterioration and collapse of rigid sewer pipes. Urban Water 3. Pages 73–89.

Dirksen, J., Baars, E. J., Langeveld, J. G., Clemens, F. H. L. R. 2012. Settlement as a Driver for Sewer Rehabilitation. Water Science & Technology. Vol 66. No.7. Pages 1534–1539.

Dirksen, J., Clemens, F. H. L. R. 2008. Probabilistic Modeling of Sewer Deterioration Using Inspection Data. Water Science & Technology. Vol 57. No.10. Pages 1635–1641.

Fenner, R. A. 2000. Approach to Sewer Maintenance: a Review. Urban Water 2. Pages 343–356.

Fenner, R. A., Sweeting, L. 1999. A Decision Support Model for the Rehabilitation of “Non-Critical” Sewers. Water Science & Technology. Vol 39. No 9. Pages 193–200.

Forss, A. 2005. Vesihuollon verkostojen ylläpidon perusteita. Tutkintotyö. Tampereen ammattikorkeakoulu, rakennustekniikan koulutusohjelma. Tampere. 76 sivua.

Giovanelli, M., Maglionico, M. 2008. Identification of the Optimal Level of Service for Sewer Networks by Means of Expert Procedure. 11th International Conference on Urban Drainage, Edinburgh, Scotland, UK. 9 pages.

Harju, P. 2007. Viemärintekniikan oppikirja. Anjalankoski: Solverpalvelut Oy. 143 sivua. ISBN 978-952-99611-8-4.

Heino, O., Eklöf, T. 2010. Viemäreiden vuotovesitutkimukset Kalvolassa ja Sahalahdella. Vesitalous 1/2010. Forssan Kirjapaino Oy. Sivut 29–32. ISSN 0505-3838.

Helenius, T., Seppänen, O., Jokiranta, K. 1998. Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistojen kuntotutkimusohje. Helsinki: Suomen LVI-liitto. Julkaisu 7. 100 sivua. ISBN 978-9519-7233-72.

Hukka, J. J., Katko, T. S. 2007. Vesihuollon haavoittuvuus. Kunnallisan kehittämissäätiön tutkimusjulkaisut, Nro 58. Pole-Kuntatieto Oy. 143 sivua. ISBN 978-952-5514-69-8.

Hyeon-Shik, B., Hyung Seok, J., Abraham, D., M. 2006. Estimating Transition Probabilities in Markov Chain-Based Deterioration Models for Management of Wastewater Systems. Journal of Water Resources Planning and Management. Vol 132(1). Sivut 15–24

Infra 31-710119 Vesihuoltoverkkojen saneeraus. 2013. Infra-kortti. Rakennustieto.15 sivua.

Jousmäki, A., Poutiainen, H. 2015. Lahdessa kehitetään vesihuollon verkostojen kunnossapitoa. Kuntatekniikka 2/2015.

Kaempfer, W., Berndt, M. 1999. Estimation of Service Life of Concrete Pipes in Sewer Networks. Concrete pipes in sewer networks. Durability of Building Materials and Components 8. Institute for Research in Construction. 2954 sivua. ISBN 978-0-660-17737-3.

Katko, T., S. 1996. Vettä! - Suomen vesihuollon kehitys kaupungeissa ja maaseudulla. Vesi- ja viemärlaitosyhdistys ry. 416 sivua. ISBN 952-5000-07-9.

Katko, T., S. 2013. Hanaa! Suomen vesihuolto – kehitys ja yhteiskunnallinen merkitys. Suomen Vesilaitosyhdistys ry. 402 sivua. ISBN 978-952-5000-97-9.

Kauppinen, H. 2010. Pääkirjoitus: Kaikilla on varaa ajatella. Vesitalous 6/2010. Forssan Kirjapaino Oy. Sivu 4. ISSN 0505-3838.

Kekki, T., Kaunisto, T., Keinänen-Toivola, M., Luntamo, M. 2008. Vesijohtomateriaalien vauriot ja käyttöikä Suomessa. Turku: Vesi-instituutti. Vesi-instituutin julkaisuja 3. Priztech Oy. 184 s. ISBN 978-952-99840-5-3.

Keskiväli, J. 2010. Keravan Terästien vesihuollon saneeraussuunnitelma. Insinööriyö. Metropolia ammattikorkeakoulu, rakennustekniikan koulutusohjelma. Vantaa. 114 sivua.

Kleidorfer, M., Möderl, M., Tscheikner-Gratl, F., Hammerer, M., Kinzel, H., Rauch, W. 2013. Integrated Planning of Rehabilitation Strategies for Sewers. *Water Science & Technology*. Vol 68. No 1. Pages 174–183.

Kleiner, Y., Rajani, B. B., Sadiq, R. 2006. Failure Risk Management of Buried Infrastructure Using Fuzzy-based Techniques. *Journal of Water Supply Research and Technology: Aqua*. Vol 55, No 2. Pages 81–94.

Koivunen, K., Liukkonen, M., Westerholm, L., Murto, M., Havukainen, J., Annala, E., Heino, M., Mattila, P., Petrow, S. 2003. Betoniviemärit 2003 -käsikirja. Rakennusteollisuus RT ry. Suomen Betonitieto Oy. 101 sivua. ISBN 952-5075-51-6.

Koo, D-H., Ariaratnam, S. T. 2006. Innovative Method for Assessment of Underground Sewer Pipe Condition. *Automation in Construction*. Vol 15 (2006). Sivut 479–488.

Laakso, T. (toim.) 2015. Efesus-hankkeen loppuraportti. Aalto-yliopisto. Yhdyskunta- ja ympäristötekniikan laitos. Vesi- ja ympäristötekniikan tutkimusryhmä. 30 sivua. ISBN 978-952-60-6555-7.

Laakso, T. 2011. Automaation käyttö viemäriverkoston eri alueiden kunnan määrittämiseen ja häiriötilojen online-havainnointiin – selvitys nykytilanteesta. Aalto-yliopisto. Yhdyskunta- ja ympäristötekniikan laitos. Vesitekniikan tutkimusryhmä. 62 sivua.

Laakso, T. 2014. Riskianalyysistä apua verkostosaneerausten kohdentamiseen. *Vesitalous* 2/2014. Forssan Kirjapaino Oy. Sivut 17–19. ISSN 0505-3838.

Laakso, T., Lampola, T., Ahopelto, S. 2015. Putkikohtainen kriittisyysluokitus ja sen käyttö HSY:llä. *Vesitalous* 3/2015. Forssan Kirjapaino Oy. Sivut 21–23. ISSN 0505-3838.

Luomanen, T., Hanski, J., Oulasvirta, L. 2013. Vesihuoltoverkoston kunnan ja arvon määrittäminen. *Serveksi – Vesihuoltoverkostojen kunnossapitopalveluiden riskienhallinta*. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. 64 sivua.

Maa- ja metsätalousministeriö. 2008. Vesihuoltoverkostojen nykytila ja saneeraustarve. YVES-tutkimuksen päivitys 2008. FCG Planeko Oy. 21 sivua.

Marlow, D., Heart, S., Burn, S., Urquhart, A., Gould, S., Anderson, M., Cook, S., Ambrose, M., Madin, B., Fitzgerald, A. 2007. Condition Assessment Strategies and Protocols for Water and Wastewater Utility Assets. Water Environment Research Foundation. United States of America. 189 pages.

McDonald S.E., Zhao J.Q. 2001. Condition assessment and rehabilitation of large sewers. International Conference on Underground Infrastructure Research, University of Waterloo, Waterloo, Ontario. Pages 361–369.

Mustonen, H. 2010. Tietojen tuottaminen ja hallinta verkostosaneerauskohteiden valintaan varten. *Vesitalous* 6/2010. Sivut 5–7. ISSN 0505-3838.

Orman, N. Clarke, P. 1994. *Non-critical Sewer Maintenance: Feasibility Study*. Report No. FR 0413. Foundation for Water Research. UK.

Pietarila, V. 2012. Oulun vesihuoltoverkoston saneerausvelan määrittäminen. Opinnäytetyö. Oulun seudun ammattikorkeakoulu, rakennustekniikan koulutusohjelma. Oulu. 58 sivua.

Prigiobbe, V., Giulianelli, M. 2011. Quantification of sewer leakage by a continuous tracer method. *Water Science & Technology*. Vol 64. No.1. Pages 132–139.

Rakennusteollisuus RT ry. 2003. *Betoniviemärit 2003 -käsikirja*. Suomen Betonitieto Oy. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä. 97 sivua. ISBN 952-5075-51-6.

Read, G. F. 2004. *Sewers – Replacement and New Construction*. Elsevier Butterworth-Heinemann Publishing. Oxford, United Kingdom. 550 pages. ISBN 978-0-7506-5083-0.

Read, G. F., Vickridge, I. G. 1997. *Sewers – Rehabilitation and New Construction. Repair and Renovation*. Elsevier Butterworth-Heinemann Publishing. Oxford, United Kingdom. 402 pages. ISBN 0-340-54472-4.

Riihimäki, M., Grönfors, T., Teerimo, S. 2011. Artikkelit: Kunnossapitopalveluiden markkinapotentiaali. VTT. Vesihuoltoverkoston kunnossapitopalveluiden riskienhallinta. Loppuraportti. 76 sivua (sivut 28–34). ISBN 978-951-38-7903-7

Rintala, S. 2003. *Muovisten johtojen pitkäaikaiskestävyys*. Vesi- ja viemäriolosuhteiden monistesarja nro 10. Helsinki. 84 sivua. ISBN 952-5000-39-7.

Ronkainen, J. 2016. Vuotovesien merkitys jätevesihuollossa. Diplomityö. Lappeenranta teknillinen yliopisto, ympäristötekniikan koulutusohjelma. Lappeenranta. 94 sivua.

Røstum, J. 2000. *Statistical modelling of pipe failures in water networks*, PhD thesis, Hydrologic and Environmental Engineering Department, NTNU, Trondheim, Norway. 98 pages.

Saarinen, R., Blomberg, M., Silander-Lönnström, R., Kuronen, R., Kontio, M-R., Hällström, K., Kauppinen-Ketola, K., Kleiman, H., Lönnroth, M. 2015. *Porvoon kaupungin vesihuollon kehittämissuunnitelma 2015–2020*.

Saastamoinen, M. 2015. *Viemäriverkostoa ja sen ympäristöä koskevien tietojen hyödyntämismahdollisuudet*. Diplomityö. Aalto-Yliopisto, yhdyskunta- ja ympäristötekniikan laitos. Espoo. 55 sivua.

SFS-EN 752. 2008. *Drain and Sewer Systems Outside Buildings*. Helsinki. Suomen standardoimisliitto. 111 sivua.

SFS-EN ISO 11295. 2010. *Kunnostamisessa käytettävien muoviputkijärjestelmien luokittelu ja suunnittelutiedot*. Helsinki: Suomen standardoimisliitto. 67 sivua.

SFS-ISO 31000. 2011. Riskienhallinta. Periaatteet ja ohjeet. Helsinki. Suomen standardisoimisliitto. 56 sivua.

Siukkola, M. 2005. Jätevesiviemäristön tulvimiseen liittyvät vastuut sekä vahinkojen esto ja minimointi. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto, bio- ja ympäristötekniikan koulutusohjelma. Tampere. 131 sivua.

Sousa, V., Ferreira, F. M., Meireles, I., Almeida, N., Saldanga Maton, J. 2014. Comparison of the inspector and rating protocol uncertainty influence in the condition rating of sewers. *Water Science & Technology*. Vol 69. No.4. Pages 862–867.

Suomen kaupunkiliitto. 1991. Vesijohtojen ja viemäreiden saneerauksen suunnittelu. Suomen kaupunkiliiton julkaisu nro 406. Kaupunkientalon painatuskeskus. Helsinki. 41 sivua. ISBN 951-759-468-2.

Suomen LVI-liitto. 2013. LVV-Kuntotutkimusopas. Opas lämmitys-, vesi- ja viemäriverkostojen kuntotutkimuksiin. 113 sivua.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2015. Tiivistyvän taajaman on toimittava kuin tehdas. Infrarakenteiden kunnossapito 2002–2013. Rakennetun omaisuuden tila ROTI 2015 -hanke. Sivut 30–39.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2010. RIL 237-1-2010, Vesihuoltoverkkojen suunnittelu. Perusteet ja toiminnallisuus. 175 sivua. ISBN 978-951-758-526-2.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2010. RIL 237-2-2010, Vesihuoltoverkkojen suunnittelu. Mitoitus ja suunnittelu. 159 sivua. ISBN 978-951-758-521-7.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2004. RIL 124-2-2004. Vesihuolto II. 667 sivua. ISBN 951-758-438-5.

Suomen Vesilaitosyhdistys ry. 2013. Viemärikaivojen kuntotutkimusohje. Vesilaitosyhdistyksen julkaisusarja nro 56. 50 sivua. ISBN 978-952-6697-87-1.

Syachrani, S., Jeong, H. D., Chung, C. S. 2013. Advanced Criticality Assessment Method for Sewer Pipeline Assets. *Water Science & Technology*. Vol 67. No 6. Pages 1302–1309

United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA). 2015. Condition Assessment of Underground Pipes. *Water Infrastructure Outreach*. 11 pages.

Vahala, R. 2010. Vesihuolto tänään ja huomenna. *Vesitalous* 1/2010. Forssan Kirjapaino Oy. Sivut 14–16. ISSN 0505-3838.

Van der Hoop, G. W. 2010. A New Approach to Asset Management for Sewer Networks. Master Thesis Report. Delft University of Technology. Faculty of Civil Engineering. Delft. 134 sivua.

Van Riel, W., van Bueren, E., Langeveld, J., Herder, P., Clement, F. 2016. Decision-making for sewer asset management: Theory and practice. *Urban Water journal*. Vol. 13. No. 1. Sivut 57–68.

- Vesi- ja viemärlaitosyhdistys. 2005. Viemäreiden tv-kuvauksen tulkintaohje. Helsinki. 55 sivua. ISBN 952-5000-50-8.
- Vesi- ja viemärlaitosyhdistys. 1998. Viemäreiden ja vesijohtojen TV-kuvauksen teettämishjeet. Helsinki. 43 sivua. ISBN 952-5000-15-X.
- Vikman, H., Arosilta, A. 2006. Vesihuollon erityistilanteet ja niihin varautuminen. Ympäristöopas 128. Suomen ympäristökeskus. Vammalan Kirjapaino Oy. Vammala. 118 sivua. ISBN 952-11-2175-0.
- Vuorinen, M. 2011. Järvenpään vesihuoltoverkostojen saneerausohjelma. Järvenpään vesi. Raportti 0122-P11691. FCG Finnish Consulting Group Oy. 23 sivua.
- Välisalo, T. 2008. Verkosto-RCM. Vesi- ja viemäriverkostojen kunnossapitotarpeen arviointi- ja suunnittelutyökalu. VTT. Espoo. 20 sivua. ISBN 978-951-38-7155-0.
- Välisalo, T., Riihimäki, M., Lehtinen, E., Kupi, E. 2008. Vesihuoltolaitosten verkostomaisuuden hallinta. Toimintamallin kuvaus Total Management Planning -ohjeistuksen pohjalta. VTT. Espoo. 61 sivua. ISBN 978-951-38-7159-8.
- Välisalo, T., Räikkönen, M., Lehtinen, E. 2006. Asset Management vesihuollossa. Kirjallisuustutkimus. VTT, Espoo. 77 sivua. ISBN 951-38-6613-0.
- WRc. 2001. Sewerage Rehabilitation Manual. 4th edition. Swindon:WRc.
- Zhao, J. Q., McDonald, S. E., Kleiner, Y. 2001. Guidelines for Condition Assessment and Rehabilitation of Large Sewers. Institute for Research in Construction. Ottawa, Canada. 78 pages. ISBN 0-660-18614-4.

Sähköpostiviestit

- Honkonen, J., tuotepäällikkö. 2016. Uponor Suomi Oy. Kouvolantie 35, 15561 Nastola. Sähköpostiviesti 7.10.2016.
- Huttunen, M., liikelaitosjohtaja. 2016. Liikelaitos Sipoon Vesi. Iso Kylätie 18, 04130 Sipoo. Sähköpostiviesti 2.9.2016.
- Hyvärinen, T., alueinsinööri. 2016. Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY, PL 300, 00066 HSY. Sähköpostiviesti 28.6.2016.
- Kalliomäki, J., myyntipäällikkö 2016. Saint-Gobain Pipe Systems Oy, Merstolantie 16, 29200 Harjavalta. Sähköpostiviesti 10.6.2016
- Kuronen, R., suunnittelupäällikkö. 2016. Porvoon vesi. Mestarintie 2, 06150 Porvoo. Sähköpostiviesti 8.11.2016.
- Lankinen, A., ympäristönsuojelutarkastaja. 2016. Porvoon kaupungin ympäristönsuojeluyksikkö. Piispankatu 38, 06100 Porvoo. Sähköpostiviesti 3.5.2016.
- Lindholm, T., verkostovastaava. 2016. Aurora kaasunjakelu Oy. Asentajankatu 5B 00880 Helsinki. Sähköpostiviesti 28.4.2016.

Moilanen, E., K. Liiketoimintayksikön päällikkö. 2016. SSAB Europe Oy. Harvialantien 420, 13300 Hämeenlinna. Sähköpostiviesti 6.6.2016.

Pesonen, A., yksikönjohtaja. 2016. Ruskon Betoni Oy. Kotajärventie 34, 15880 Hollola. Sähköpostiviesti 30.5.2016.

Ronkainen, M., kenttätutkimustyöntekijä. 2014. Pöyry Finland Oy. Jaakonkatu 3, 01621 Vantaa. Sähköpostiviesti 5.6.2014.

Simola, E., kunnossapitopäällikkö. 2013. Janakkalan kunta. Jutilantien 1, 14200 Turunke. Sähköpostiviesti 28.11.2013.

Sänkiaho, L., asiantuntija. 2016. Pöyry Finland Oy. Jaakonkatu 3, 01621 Vantaa. Sähköpostiviesti 10.10.2016

Tulimaa, M., tuoteryhmäjohtaja. 2016. Rudus Oy. Lohjanharjuntie 930, 08500 Lohja. Sähköpostiviesti 12.7.2016

Liiteluettelo

- Liite 1. Putkimateriaalien valmistajien edustajien haastatteluihin osallistuneet, 1 sivu
- Liite 2. Putkimateriaalien valmistajien edustajien haastatteluissa kysytyt kysymykset, 1 sivu
- Liite 3. Vesihuoltolaitosten haastatteluihin osallistuneet, 1 sivu
- Liite 4. Vesihuoltolaitosten haastatteluissa kysytyt kysymykset, 2 sivua.
- Liite 5. Muovisten ja betonisten viemärijohtojen suosituskaltevuuksia putkikokoon perustuen, 1 sivu

Liite 1. Putkimateriaalien valmistajien edustajien haastatteluihin osallistuneet

Uponor Infra Oy

- Tuoteryhmäpäällikkö Jaana Honkonen

Saint Gobain Pipe Systems Oy

- Kunnallistekniikan myyntipäällikkö Juha Kalliomäki

SSAB Europe Oy

- Liiketoimintayksikön päällikkö Esa Moilanen

Ruskon Betoni Oy

- Yksikönjohtaja Arto Pesonen

Rudus Oy

- Tuoteryhmäjohtaja Mika Tulimaa

Liite 2. Putkimateriaalien valmistajien edustajien haastatteluissa kysytyt kysymykset

1. Onko tiedossa jotain tiettyä vuotta tai vuosikymmentä, jolloin Suomessa olisi valmistettu tai Suomeen toimitettu heikompilaatuisia betonia/muovisia/valurautaisia/teräksisiä viemäriputkia?
2. Vuosina 1950–1960 on vesihuoltolinjojen rakentaminen ollut vilkasta. Onko kyseisinä vuosina rakennetuissa betonisissa/muovisissa/valurautaisissa/teräksisissä viemäriputkissa huomattu jotakin erityistä putken rakenteessa tms. verrattuna tänä päivänä valmistettuihin putkiin? Erityisesti asioita, jotka koskisivat putkien käyttöä jätevesiviemäreissä?
3. Miten hyvin betoni-/muovi-/valurauta-/teräsputket ovat soveltuneet jätevesiviemärikäyttöön aiempina vuosina tai miten hyvin ne soveltuvat nykyään? Jos nykyään soveltuvuus on parempi, niin miten putkien rakenne, materiaalin laatu tai pinnoite on muuttunut esimerkiksi kuluneiden 50 vuoden aikana?
4. Onko jotakin ajankohtaa, jolloin Suomeen olisi tuotu normaalia enemmän betonia/muovisia/valurautaisia/teräksisiä viemäriputkia? Vai valmistetaanko Suomessa käytettävät putket aina pääosin Suomessa?
5. Onko syövyttävällä maaperällä, esimerkiksi pääkaupunkiseudun savikkoalueet, todettu olevan betoni-/muovi-/valurauta-/teräsputkia syövyttäviä vaikutuksia vai soveltuvatko putket kaikenlaisiin asennusympäristöihin?
6. Onko teillä tiedossa, mitkä ovat suurimmat betonisten/muovisten/valurautaisten/teräksisten viemäreiden korjaamisen syyt? Tuleeko vesilaitoksilta teidän tietoonne tällaista asiaa? Onko syy yleensä putkista johtuva (esim. heikompilaatuinen materiaali, pinnoitteen puute) vai rakentamisen aiheuttama (esim. vääränlainen alkutäyttö)?
7. Onko näissä syissä huomattu eroa eri vuosikymmeninä rakennettujen putkien välillä?
8. Ovatko esim. pinnoitteiden lisäys tai materiaalilaadun muutokset huomattavasti vähentäneet joitakin tiettyjä korjaustoimia?
9. Miten betonisten/muovisten/valurautaisten/teräksisten viemäreiden laatu on mielestänne kehittynyt esim. 1950- ja 1960-luvuilta nykypäivään tultaessa?

Liite 3. Vesihuoltolaitosten haastatteluihin osallistuneet

Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY

- Ryhmäpäällikkö Tiia Lampola

HS Vesi

- Suunnittelupäällikkö Jarno Laine

Jyväskylän Energia

- Verkoston rakennuttaja Keijo Pietilä

Lahti Aqua

- Rakennuttamisinsinööri Pekka Kaikkonen

Lappeenrannan Energia

- Verkostopäällikkö Sami Väisänen

Porin Vesi

- Verkostopäällikkö Jouko Halminen

Tampereen Vesi

- Verkostopäällikkö Pekka Laakkonen

Turun kaupungin vesiliikelaitos

- Suunnitteluinsinööri Petri Ahti

Vaasan Vesi

- Verkostopäällikkö Jari Juntunen

Kouvolan Vesi

- Verkostopäällikkö Tuija Suutari

Seinäjoen Vesi

- Suunnitteluinsinööri Kari Yli-Kahila
- Verkostopäällikkö Jari Mäntylä

Liite 4. Vesihuoltolaitosten haastatteluissa kysytyt kysymykset

1. Onko vesilaitoksellanne käytössä kriittisyysluokitus jätevesiviemäreitä koskien? Jos on, millaiset ovat luokituksen perusteet? Jos ei ole, millaiset jätevesiviemäriinjat määrittäisitte kriittisyysluokaltaan merkittävimiksi?
2. Millä perusteilla valitsette jätevesiviemärit kuntotutkimuksiin? Vaikuttaako päätökseen
 - viemäriinjan ikä (rakennusvuosi ja oletettu käyttöikä)
 - sijainti (kriittinen sijainti, merkittävä vaikutusalue)
 - henkilökunnan tietämys linjan kunnosta
 - keskeinen merkitys verkostolle
 - putkimateriaali
 - aiemmat häiriötilanteet
 - vuotovesien määrän vähentäminen
 - yhteistyö kadun parantamisen tai muiden vesihuoltolinjojen saneerauksen kanssa
 - jokin muu tekijä?
3. Millaisia jätevesiviemäreiden kuntotutkimusmenetelmiä vesihuoltolaitoksellanne on käytössä? Käyttekö muitakin menetelmiä kuin TV-kuvausta?
4. Millaisia häiriöitä vesihuoltolaitoksenne jätevesiviemäriinjoissa useimmiten ilmenee? Entä mitä epäkohtia kuntotutkimusten tuloksena yleisimmin ilmenee?
5. Millä perusteilla valitsette jätevesiviemärit saneeraukseen? Vaikuttaako päätökseen
 - viemäriinjan ikä (rakennusvuosi ja oletettu käyttöikä)
 - sijainti (kriittinen sijainti, merkittävä vaikutusalue)
 - henkilökunnan tietämys linjan kunnosta
 - keskeinen merkitys verkostolle
 - putkimateriaali
 - aiemmat häiriötilanteet
 - siirtyminen erillisviemäriin
 - vuotovesien määrän vähentäminen
 - yhteistyö kadun parantamisen tai muiden vesihuoltolinjojen saneerauksen kanssa
 - kuntotutkimusten perusteella saadut tiedot
 - jokin muu tekijä?
6. Millainen työryhmä laitoksellanne päättää, mitkä kohteet etenevät saneeraukseen?
7. Millaisia kaivamattomia jätevesiviemäreiden saneeraustekniikoita laitoksenne saneerauksissa käyttää?
8. Onko vesihuoltolaitoksellanne luovuttu jonkin aiemmin käytetyn jätevesiviemäriin putkimateriaalin käytöstä siinä ilmenneiden ongelmien takia?

9. Oletteko huomanneet, että jokin tietty aiempina vuosina käytetty putkimateriaali on muita materiaaleja useammin saneeraustarpeessa?
10. Oletteko huomanneet jossakin tietyssä putkimateriaalissa erityisen paljon heikkouksia?
11. Johtuuko saneeraustarve usein putkilinjan asennusvirheistä? Onko jokin tietty aiemmin tehty asennusvirhe todettu yleiseksi?
12. Millä tavoin keräätte tietoja jätevesiviemäreiden toiminnassa ilmenneistä häiriöistä?

Liite 5. Muovisten ja betonisten viemärijohtojen suositus- kaltevuuksia putkikokoon perustuen.

Muovisten jätevesiviemäreiden suositeltava kaltevuus ja minimikaltevuus (RIL 237-2-2010) sekä niihin perustuvat kaltevuutta vastaavat virtaamat (Pipelife 2016)

Putken halkaisija	Pienin suositeltava kaltevuus ‰	Kaltevuutta vastaava virtaama muoviputkessa l/s	Minimikaltevuus ‰	Kaltevuutta vastaava virtaama muoviputkessa l/s	Huuhtoutumista vastaava virtaama minimikaltevuudella l/s
150	8	20	5	15	1,9
200	7	40	4,5	30	2,5
300	6	100	3	70	6
400	5	200	2,5	140	9
500	4	320	2	220	14
600	3	450	1,6	320	25
800	2	800	1,3	600	35
>800	1,5	1250	1	1000	-

Betoniviemärit 2003 -käsikirja (Rakennusteollisuus RT ry 2003) esittää kaltevuus- ja virtaama-arvoja betonisille viemäriputkille.

Betonisten jätevesiviemäreiden pienimmät ja suurimmat kaltevuudet ja niitä vastaavat virtaamat (Rakennusteollisuus RT ry 2003)

Putken halkaisija	Pienin suositeltava kaltevuus ‰	Kaltevuutta vastaava virtaama betoniputkessa l/s	Suurin sallittu kaltevuus ‰	Kaltevuutta vastaava virtaama betoniputkessa l/s
225	4,5	3,5	280	200
300	3,0	6	160	420
400	2,5	9	120	700
500	2,0	14	70	1200
600	1,6	25	50	1750
800	1,0	60	50	2250
> 800	1,0	-	50	-